بسم الله الرحمن الرحیم

سند راهبردی و نقشه‌ی راه طراحی و توسعه‌ی دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

- مهندس فریبرز تیموری
- مهندس محمد چراغ‌زاده
- دکتر علیرضا درویش
- آقای مهندس حسن عرب عامری
- آقای دکتر رضا غلامی‌پور
- آقای دکتر سید ابراهیم موسوی ترشیزی
- مهندس اسماعیل نمازی

مدیر پروژه: مهندس محمدرضا جهانگیری

گروه پژوهشی متالورژی

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

ویرایش اول

۱۳۹۴

پیشگفتار

هدف اولیه از طراحی و ساخت نیروگاه‌های تولید برق، ساخت آنها بگونه‌ای است که بطور مطمئن و اقتصادی و با حداکثر بازدهی و سرویس‌دهی ممکن، برق مورد نیاز را تولید کنند. در چنین نیروگاه‌هایی سعی می‌شود که تا حد امکان از مواد استاندارد با تاریخچه اثبات شده استفاده شود، اما توسعه این نیروگاه‌ها هنگامی بطور کامل میسر خواهد بود که امکان استفاده از مواد کاراتر و فن‌آوری‌های پیشرفته‌تر برای ساخت قسمت‌های مختلف آنها فراهم آمده باشد.

عمر نیروگاه‌های حرارتی (بخاری یا گازی) عموما بوسیله عمر قطعات داغ آنها محدود می‌شود. این قطعات داغ که در نیروگاه‌های بخاری بطور عمده شامل لوله‌های بویلر و قطعات داغ توربین بخار (بطور عمده پره‌ها و روتور) و در نیروگاه‌های گازی بطور عمده شامل پره‌ها، دیسک و روتور، محفظه‌های احتراق و انتقال گازهای داغ و قطعات مربوطه می‌باشند، حین سرویس در توربین دچار کاهش عمر شده و بمرور زمان دچار آسیب می‌شوند. بنابراین نیاز به تعمیرات دوره‌ای داشته و پس از طی شدن عمر، نیاز به جایگزینی دارند. نکته حائز اهمیت در خصوص این قطعات داغ نیروگاهی، قیمت بسیار بالای آنها است که این امر بدلیل استفاده از مواد و تکنولوژی‌های نسبتا گران قیمت در حین ساخت آنها است.

با توجه به اهمیت این قطعات داغ نیروگاهی برای صنعت برق کشور، لزوم تهیه نقشه راه آینده برای فناوری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت این مواد و قطعات از اهمیت چشمگیری برخوردار بوده که با استفاده از آن می‌توان علاوه بر شناسایی دقیق مواد و قطعات مورد نیاز برای ساخت داخل در سال‌های آتی، اقتصادی‌ترین فرایندهای مربوطه را شناسایی کرد و نیاز آینده کشور را در این زمینه مطابق با اهداف بلند مدت پیش‌بینی شده در کشور به بهترین نحو تامین نمود.

در این پروژه سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین خواهد شد. گزارش حاضر که گزارش مرحله اول پروژه است به تدوین مبانی سند فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌پردازد. این گزارش توسط آقایان دکتر مهرداد آقایی خفری و دکتر محمدرضا جهانگیری تهیه شده است. کمیته راهبری پروژه مرکب از آقایان دکتر موسوی ترشیزی (دانشگاه شهید عباسپور)، مهندس تیموری (شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران)، دکتر درویش (شرکت مهندسی بدر سیستم)، مهندس نمازی (شرکت توانیر)، مهندس چراغزاده (شرکت مپنا)، دکتر غلامی پور (سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران)، مهندس عرب عامری (شرکت تجربه نور) و مهندس فلاح (پژوهشگاه نیرو) نیز هدایت و نظارت بر انجام پروژه را بر عهده داشته‌اند.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

۱-تبیین ضرورت توسعه و توجیه‌پذیری فنی و اقتصادی سند ۵

۱-۱- دیدگاه فنی و اقتصادی ۵

۱-۱-۱-قطعات داغ نیروگاههای گازی ۵

۱-۲- دیدگاه سیاسی و اجتماعی ۲۷

۱-۳- دیدگاه قانونی ۲۸

۲-تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند ۲۹

۲-۱-تبیین سطح تحلیل ۲۹

۲-۱-۱-سطح جغرافیایی ۳۰

۲-۱-۲-سطح فناورانه ۳۲

۲-۱-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی ۳۵

۲-۲-تبیین افق زمانی تحلیل ۳۸

۲-۳- مرزبندی محتوایی یا ساختاری ۳۹

۲-۳-۱-کنشگران ۳۹

۲-۳-۲- نهادها ۴۴

۲-۳-۳-شبکه‌ها ۴۵

۳- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۵

۳-۱-ابعاد ماهیت ۴۶

۳-۲- چرخه عمر ۵۶

۳-۳- پارادایم فناورانه ۶۰

نتیجه‌گیری ۶۲

فهرست مراجع ۶۴

فهرست اشکال

شکل۱- تعداد واحدهای نیروگاهی در ایران به تفکیک نوع نیروگاه ۳

شکل۲- انرژی تولید شده توسط واحدهای نیروگاهی در ایران به تفکیک نوع نیروگاه..... ۳

شکل۳- توان تولید شده توسط واحدهای نیروگاهی در ایران به تفکیک نوع نیروگاه..... ۴

شکل ۴- سهم واحدهای گازی مختلف از کل برق تولیدی توسط مجموع این واحدها..... ۱۲

شکل ۵- لاینر محفظه احتراق ازجنس کامپوزیت سرامیکی ۱۷

شکل ۶- محفظه احتراق توربین زیمنس V94.2 ..... ۱۸

شکل ۷- مشعل توربین زیمنس V94.2 ..... ۱۹

شکل ۸- مکان اینزرت برنر در محفظه احتراق..... ۲۰

شکل ۹- نمای ظاهری اینرکیسینگ و هاب و نحوه قرار گیری هاب ۲۱

شکل ۱۰- نمای ظاهری میکسینگ چمبر..... ۲۱

شکل ۱۱- نحوه قرارگیری آجرها و نگهدارنده آنها در محفظه احتراق ۲۲

شکل ۱۲- میزان آلیاژهای مصرف شده در یک ست از پره ها، قطعات محفظه احتراق و دیسکهای توربینهای گازی وابسته به وزارت نیرو ۲۶

شکل۱۳- پراکندگی نیروگاه‌های بخاری در ایران..... ۳۰

شکل۱۴- پراکندگی نیروگاه‌های گازی در ایران..... ۳۱

شکل۱۵- پراکندگی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در ایران ۳۱

شکل ۱۶- کاربرد مواد و قطعات داغ نیروگاهی در صنایع مختلف ۳۳

شکل۱۷- انواع مواد و قطعات داغ نیروگاهی و فناوریهای مرتبط با ساخت آنها ۳۴

شکل۱۸- سابقه فن‌آوری تولید مواد و قطعات داغ نیروگاهی..... ۴۹

شکل ۱۹- میزان پیچیدگی فن‌آوری تولید مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۵۱

شکل ۲۰- میزان تناسب فن‌آوری‌های طراحی و ساخت قطعات داغ نیروگاهی..... ۵۳

شکل ۲۱- کاربرد فن‌آوری‌های توسعه و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۵۵

شکل ۲۲- معیارهای تأثیرگذار بر روی چرخه عمر فن‌آوری بر اساس مدل Steel..... ۵۷

شکل ۲۳- چرخه عمر فن‌آوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۵۹

شکل ۲۴- انواع سوپرآلیاژهای توسعه داده‌شده در سالهای مختلف و دمای کاری آن‌ها..... ۶۱

شکل ۲۵- روند نصب نیروگاه‌های بادی در جهان در طی سالیان مختلف..... ۶۱

فهرست جداول

جدول۱- تولید برق در ایران در سال ۱۳۹۱ ..... ۲

جدول۲- مشخصات نیروگاه‌های بخاری به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور ۶

جدول ۳- مشخصات نیروگاه‌های گازی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور ۷

ادامه جدول ۳- مشخصات نیروگاه‌های گازی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور ۸

ادامه جدول ۳- مشخصات نیروگاه‌های گازی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور ۹

جدول ۴- مشخصات نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور ۱۰

ادامه جدول ۴- مشخصات نیروگاه‌های سیکل‌ترکیبی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ ..... ۱۱

جدول۵- تعداد، توان اسمی و کل توان تولیدی واحدهای گازی مولد برق در کشور ارائه شده در آمار تفصیلی صنعت برق ۱۱

جدول ۶- مواد مورد استفاده در ساخت پره های گردان و ثابت توربین‌های گازی مختلف ۱۳

جدول ۷- مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های متحرک توربین گازی در نیروگاههای ایران ۱۴

جدول ۸- مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های ثابت توربین گازی در نیروگاههای ایران ۱۵

جدول ۹- ترکیب شیمیایی برخی از آلیاژهای مورد استفاده در ساخت محفظه احتراق ۱۶

جدول ۱۰- مواد مورد استفاده در ساخت انواع محفظه‌های احتراق توربین گازی در نیروگاههای ایران ۲۳

جدول ۱۱- ترکیب شیمیایی آلیاژهای مورد استفاده در ساخت دیسکهای توربین ۲۴

جدول ۱۲- مواد مورد استفاده در ساخت انواع دیسک توربین گازی در نیروگاههای ایران ۲۴

جدول۱۳- سابقه فن‌آوری‌های مرتبط با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۷

جدول ۱۴- پیچیدگی فن‌آوری‌های مرتبط با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۵۰

جدول ۱۵- میزان تناسب فن‌آوری‌های ساخت مواد و قطعات نیروگاهی ۵۲

جدول ۱۶- تقسیم‌بندی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی از منظر کاربرد ۵۴

جدول ۱۷- جایگاه فن‌آوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در چرخه عمر .. ۵۸

مقدمه

صنعت برق با تأمین بخش قابل‌توجهی از انرژی نقش مهمی را در توسعه و پیشرفت کشور دارا است. بدین‌جهت با توجه به سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی، وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق می‌بایست به‌گونه‌ای عمل کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و باکیفیت مناسب در حد استانداردهای جهانی سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران را به‌عنوان مرکز راهبری شبکه برق منطقه تثبیت کند. همچنین در نقشه جامع علمی کشور که حاصل تلاش مستمر و فشرده نزدیک به هزار نفر از صاحب‌نظران دانشگاهی و حوزوی و مدیران عرصه‌های مختلف علم و فناوری کشور هست در بخش فناوری‌های انرژی، تولید روشنایی برق با بهره‌وری بسیار بالا مورد تأکید قرارگرفته و در بخش فناوری‌های مواد نو، فناوری آلیاژهای فلزی مورد تأکید قرارگرفته است.

برای بررسی وضعیت فعلی تولید برق در ایران می‌توان خلاصه‌ای از وضعیت بخش تولید صنعت برق در کشور را مورد توجه قرارداد. چنین اطلاعاتی در جدول (۱) نشان داده‌شده است.

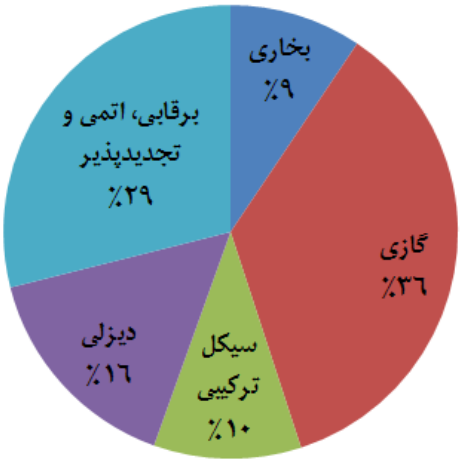
جدول۱- تولید برق در ایران در سال ۱۳۹۱

خلاصه وضعیت بخش تولید صنعت برق در سال ۱۳۹۱

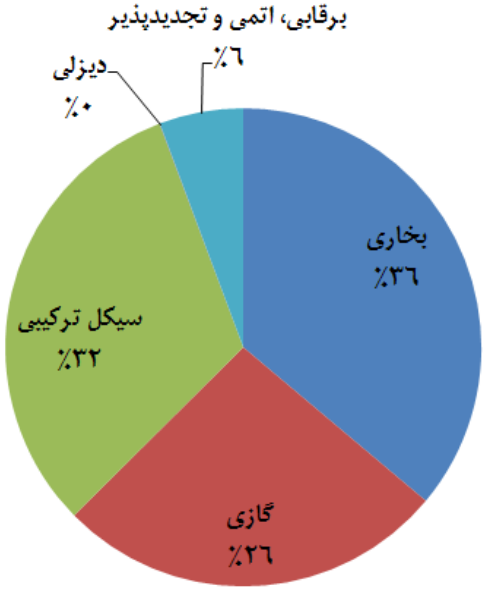
شرح		واحد	واحدهای بزرگ نیروگاهی: وزارت نیرو	صنایع بزرگ	بخش خصوصی و...	سال ۱۳۹۱: شبکه سراسری: وزارت نیرو	شبکه سراسری: بخش خصوصی	شبکه سراسری: صنایع بزرگ	شبکه سراسری: جمع شبکه	جمع شبکه وزارت نیرو	جمع کل	سال ۱۳۹۰	سال ۱۳۸۹	درصد رشد سال ۹۱ به ۹۰	درصد رشد سال ۹۰ به ۸۹
قدرت نامی	بخاری	مگاوات	۷۷	۲۳	۲	۱۴۹۵۱	۲۹۰	۵۸۹	۱۵۸۲۹	۱۴۹۵۱	۱۵۸۲۹	۱۵۸۲۱	۱۵۷۰۴	۰.۱	۰.۷
	گازی		۱۷۰	۵۹	۱۵۷	۱۲۲۳۹	۸۵۸۸	۴۹۹۲	۲۵۸۱۹	۱۲۴۲۳	۲۶۰۰۲	۲۴۳۴۲	۲۲۵۲۶	۶.۸	۸.۱
	چرخه ترکیبی		۱۱۱		۳	۱۵۲۶۰	۴۸۴		۱۵۷۴۴		۱۵۷۴۴	۱۵۲۶۰	۱۳۹۸۴	۶.۵	۵.۷
	دیزلی		۱۶۹			۴۰۹			۴۰۹	۳۰	۴۳۹	۴۳۹	۴۰۸	۷.۵	۰.۱
	جزر و مدی		۵۲۷	۸۲	۱۶۲	۴۲۸۵۹	۹۳۶۲	۵۵۸۱	۵۷۸۰۱	۴۳۰۷۳	۵۸۰۱۳	۵۵۳۵۱	۵۲۶۲۲	۴.۸	۵.۲
	برقابی		۱۲۱			۹۷۴۲			۹۷۴۲	۳	۹۷۴۵	۹۷۴۵	۸۴۸۶	۱۱.۴	۳.۱
	اقیانوسی و تجدید پذیر		۱۹۳			۱۱۸۱			۱۱۸۱		۱۱۸۱	۱۱۱۶	۹۵	۵.۸	######
	جمع تجدید پذیر		۳۱۴			۱۰۹۲۳			۱۰۹۲۳	۳	۱۰۹۲۶	۹۸۶۱	۸۵۸۱	۱۰.۸	۱۴.۹
	جمع		۸۴۱	۸۲	۱۶۲	۵۳۷۸۲	۹۳۶۲	۵۵۸۱	۶۸۷۲۴	۵۳۹۹۹	۶۸۹۴۰	۶۵۲۱۲	۶۱۲۰۳	۵.۷	۶.۶
میانگین قدرت عملی	بخاری	مگاوات				۱۴۵۶۷	۲۵۵	۴۹۰	۱۵۳۱۲	۱۴۵۶۷	۱۵۳۱۲	۱۵۳۲۳	۱۵۲۲۱	-۰.۱	۰.۷
	گازی					۹۷۸۰	۷۱۸۸	۴۱۰۷	۲۱۰۷۴	۹۹۰۹	۲۱۲۰۳	۱۹۹۱۱	۱۸۲۹۰	۶.۵	۸.۹
	چرخه ترکیبی					۱۲۵۹۶	۴۰۲		۱۲۹۹۸	۱۲۵۹۶	۱۲۹۹۸	۱۲۱۶۶	۱۱۶۹۸	۶.۸	۴.۰
	دیزلی					۲۶۳			۲۶۳	۲۱	۲۸۴	۲۸۴	۲۷۹	۸.۵	-۶.۲
	جزر و مدی					۳۷۲۰۶	۷۸۴۵	۴۵۹۷	۴۹۶۴۷	۳۷۳۵۶	۴۹۷۹۷	۴۷۶۶۱	۴۵۴۸۸	۴.۵	۴.۸
	برقابی					۹۷۴۲			۹۷۴۲	۳	۹۷۴۵	۸۷۴۵	۸۴۸۶	۱۱.۴	۳.۱
	اقیانوسی و تجدید پذیر					۱۱۸۱			۱۱۸۱		۱۱۸۱	۱۱۱۶	۹۵	۵.۸	######
	جمع تجدید پذیر					۱۰۹۲۳			۱۰۹۲۳	۳	۱۰۹۲۶	۹۸۶۱	۸۵۸۱	۱۰.۸	۱۴.۹
	جمع					۴۸۱۲۹	۷۸۴۵	۴۵۹۷	۶۰۵۷۰	۴۸۲۸۲	۶۰۷۲۳	۵۷۵۲۲	۵۴۰۶۹	۵.۶	۶.۴
حداکثرقدرت تولیدشده هم زمان		مگاوات				۳۶۶۷۶	۵۵۶۷	۸۷۸	۴۳۱۲۱	۳۶۷۹۸	۴۳۲۴۳	۴۲۲۴۵	۳۸۸۹۱	۲.۴	۸.۶
تولید ناویژه	بخاری	میلیون کیلووات ساعت				۸۸۴۷۵	۷۳۰	۲۵۸۳	۹۱۷۸۸	۸۸۴۷۵	۹۱۷۸۸	۹۵۹۰۱	۹۴۰۷۳	-۴.۳	۱.۹
	گازی					۳۳۶۷۵	۲۴۹۵۸	۸۱۵۷	۶۶۷۹۰	۳۴۲۴۹	۶۷۳۶۴	۵۸۷۱۶	۵۸۴۰۰	۱۴.۷	۰.۵
	چرخه ترکیبی					۷۹۶۸۵	۸۴۹		۸۰۵۳۴	۷۹۶۸۵	۸۰۵۳۴	۷۲۷۴۹	۷۰۶۵۸	۱۰.۷	۳.۰
	دیزلی					۲۲			۲۲	۴۴	۶۶	۶۲	۱۲۸	۶.۵	-۵۱.۸
	جزر و مدی					######	۲۶۵۳۷	۱۰۷۴۰	######	######	######	######	######	۵.۴	۱.۹
	برقابی					۱۲۴۴۶			۱۲۴۴۶	۱	۱۲۴۴۷	۱۲۰۵۸	۹۵۲۳	۳.۲	۲۶.۶
	اقیانوسی و تجدید پذیر					۲۰۶۷			۲۰۶۷		۲۰۶۷	۵۷۸	۲۱۲	۲۵۷.۶	۱۷۲.۶
	جمع تجدید پذیر					۱۴۵۱۳			۱۴۵۱۳	۱	۱۴۵۱۴	۱۲۶۳۶	۹۷۳۵	۱۴.۹	۲۹.۸
	جمع					######	۲۶۵۳۷	۱۰۷۴۰	######	######	######	######	######	۵.۹	۳.۰
مصارف داخلی	بخاری	میلیون کیلووات ساعت				۶۰۴۹	۴۹	۲۰۷	۶۳۰۵	۶۰۴۹	۶۳۰۵	۶۵۴۴	۶۴۲۰	-۳.۷	۱.۹
	گازی					۲۴۳	۱۹۱	۵۴	۴۸۸	۲۴۹	۴۹۴	۴۵۹	۴۶۱	۷.۶	-۰.۴
	چرخه ترکیبی					۱۴۷۸	۳	۰	۱۴۸۱	۱۴۷۸	۱۴۸۱	۱۳۶۰	۱۱۱۶	۸.۹	۲۱.۹
	دیزلی					۱	۰	۰	۱	۳	۴	۴	۹	۰.۰	-۵۷.۲
	جزر و مدی					۷۷۷۱	۲۴۳	۲۶۱	۸۲۷۵	۷۷۸۰	۸۲۸۴	۸۳۶۸	۸۰۰۷	-۱.۰	۴.۵
	برقابی					۶۹	۰	۰	۶۹	۶۹	۶۹	۷۵	۷۵	-۸.۰	۰.۰
	اقیانوسی و تجدید پذیر					۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱		
	جمع تجدید پذیر					۶۹			۶۹	۶۹	۶۹	۷۶	۷۶	-۹.۲	۰.۰
	جمع					۷۸۴۰	۲۴۳	۲۶۱	۸۳۴۴	۷۸۴۹	۸۳۵۲	۸۴۴۴	۸۰۸۳	-۱.۱	۴.۵
تولید ویژه	بخاری	میلیون کیلووات ساعت				۸۲۴۲۶	۶۸۱	۲۳۷۶	۸۵۴۸۳	۸۲۴۲۶	۸۵۴۸۳	۸۹۳۵۷	۸۷۶۵۳	-۴.۳	۱.۹
	گازی					۳۳۴۳۲	۲۴۷۶۷	۸۱۰۳	۶۶۳۰۲	۳۴۰۰۰	۶۶۸۷۰	۵۸۲۵۷	۵۷۹۳۹	۱۴.۸	۰.۵
	چرخه ترکیبی					۷۸۲۰۷	۸۴۶		۷۹۰۵۳	۷۸۲۰۷	۷۹۰۵۳	۷۱۳۸۹	۶۹۵۴۲	۱۰.۷	۲.۷
	دیزلی					۲۱			۲۱	۴۱	۶۲	۵۸	۱۱۹	۶.۹	-۵۱.۴
	جزر و مدی					######	۲۶۲۹۴	۱۰۴۷۹	######	######	######	######	######	۵.۷	۱.۸
	برقابی					۱۲۳۷۷			۱۲۳۷۷	۱	۱۲۳۷۸	۱۱۹۸۶	۹۴۴۸	۳.۳	۲۶.۹
	اقیانوسی و تجدید پذیر					۲۰۶۷			۲۰۶۷		۲۰۶۷	۵۷۴	۲۱۱	۲۶۰.۱	۱۷۲.۰
	جمع تجدید پذیر					۱۴۴۴۴			۱۴۴۴۴	۱	۱۴۴۴۵	۱۲۵۶۰	۹۶۵۹	۱۵.۰	۳۰.۰
	جمع					######	۲۶۲۹۴	۱۰۴۷۹	######	######	######	######	######	۶.۲	۳.۰

توضیح : اختلاف در سرجمع تایک رقم به علت سرراست کردن ارقام است .

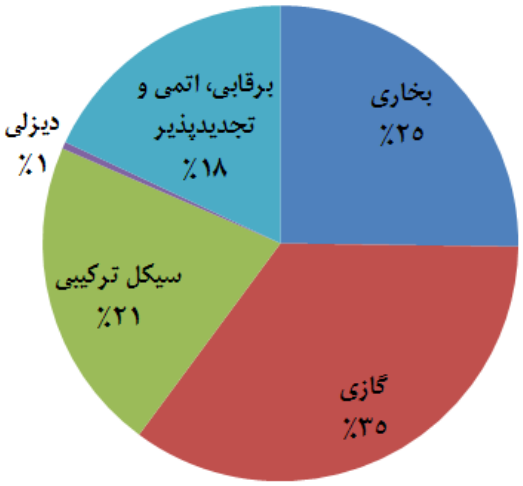
با توجه به آمار ارائه‌شده در جدول (۱) مشاهده می شود که بخش عمده برق تولیدی در ایران توسط واحدهای برقابی، گازی، بخاری و سیکل ترکیبی تأمین می‌شود. با توجه با نتایج ارائه‌شده در این جدول، تعداد واحدهای نیروگاهی به تفکیک نوع نیروگاه، همچنین انرژی و توان تولید شده توسط واحدهای نیروگاهی مختلف در اشکال (۱) تا (۳) آورده شده است.



شکل۱- تعداد واحدهای نیروگاهی در ایران به تفکیک نوع نیروگاه



شکل۲- انرژی تولید شده توسط واحدهای نیروگاهی در ایران به تفکیک نوع نیروگاه



شکل۳- توان تولید شده توسط واحدهای نیروگاهی در ایران به تفکیک نوع نیروگاه

با توجه به نتایج فوق، در حال حاضر ۱۸ درصد توان الکتریکی تولیدی در کشور توسط نیروگاه‌های برق‌آبی-تجدیدپذیر و ۸۱ درصد توسط نیروگاه‌های حرارتی مثل نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی تأمین می‌شود. شایان‌ذکر است عمر نیروگاه‌های حرارتی (بخاری یا گازی) عموماً به‌وسیله عمر قطعات داغ آن‌ها محدود می‌شود. این قطعات در دمای بالایی قرار داشته و در معرض عوامل مخربی مثل افت خواص مکانیکی، خوردگی و ناپایداری ساختاری قرار دارند. بدین‌جهت، ساخت این قطعات نیازمند فنّاوری بالایی بوده و گران‌قیمت می‌باشند.

قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی به‌طور عمده شامل لوله‌های بویلر، پره‌های ثابت و متحرک توربین، روتور و دیسک توربین، پوسته های توربین، انواع پیچ و مهره های مورد استفاده در دمای بالا، محفظه‌های احتراق و مسیرهای انتقال بخار و گازهای داغ می‌باشند. این قطعات عمدتاً از جنس فولادهای آلیاژی، فولادهای زنگ نزن و سوپرآلیاژها بوده و برای ساخت آن‌ها از روش‌های پیشرفته مثل ذوب و ریخته‌گری در خلأ، آهنگری، نورد یا متالورژی پودر استفاده می‌شود.

این گزارش مبانی سند فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را موردتوجه قرار داده و به تشریح ویژگی‌های ذاتی فناوری قطعات و مواد داغ نیروگاهی و چهارچوب‌های مرتبط با توسعه این فناوری می‌پردازد.

۱-تبیین ضرورت توسعه و توجیه‌پذیری فنی و اقتصادی سند

۱-۱- دیدگاه فنی و اقتصادی

۱-۱-۱-قطعات داغ نیروگاههای گازی

برای بررسی مواد و قطعات داغ مصرفی در توربینهای گازی کشور، ابتدا انواع توربینهای گازی مورد استفاده در تولید برق و تعداد موجود آنها که متعلق به مجموعه وزارت نیرو می‌باشند بر اساس آمار تفصیلی منتشر شده از سوی وزارت نیرو (شرکت توانیر) در سال ۱۳۹۲ شناسایی شد. در این بررسی‌ها، بخش گاز نیروگاههای سیکل ترکیبی نیز مد نظر قرار گرفت. سپس نوع مواد مورد استفاده در ساخت هر قطعه به تفکیک مشخص گردید. در نهایت با در نظر داشتن سایر واحدهای گازی موجود در سایر وزارتخانه ها که البته بمنظور تولید برق استفاده می‌شوند، به مجموع کل مواد و قطعات افزوده شد. برای تعیین مواد و وزن تقریبی آنها مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی، از اطلاعات و مدارک نیروگاهی و نیز اطلاعات سازندگان توربین‌ها استفاده شد. با در نظر گرفتن وزن تقریبی و تعداد قطعات مصرفی در توربین‌های مختلف در کشور، وزن این مواد و قطعات برای توربین‌های نصب شده در کشور مشخص شد. لازم به ذکر است که قطعات داغ مورد بررسی در این پروژه شامل پره‌های متحرک و ثابت توربین، دیسک‌های توربین، محفظه‌ها و مسیرهای گاز داغ ورودی به توربین می‌باشند. با توجه به کمبود اطلاعات لازم در خصوص وزن روتورهای نیروگاهی، اطلاعات مربوط به آنها در بررسی‌ها بطور مستقیم لحاظ نشده است و با توجه به قیمت متوسط روتورهای نیروگاهی و تعداد تقریبی واحدهای موجود در کشور، ارزش تقریبی آنها براورد شده و در محاسبات نهایی لحاظ گردید. همچنین با توجه به وزن محدود برخی قطعات نظیر شرودها، سیل‌ها و ...، در نهایت درصدی در حد ۳-۲ درصد به وزن نهایی مواد محاسبه شده می‌توان افزود.

جداول ۲ الی ۴ مشخصات نیروگاه‌های بخاری به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور را نشان می دهد.

جدول۲- مشخصات نیروگاه‌های بخاری به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور

ردیف	نام نیروگاه	سازمان بهره بردار	محل نصب	سازنده نیروگاه	مدل و تیپ توربین	مشخصات واحدها: قدرت نامی جمع	قدرت نامی تک واحد	تعداد واحد	سازنده توربین	سازنده بویلر
۱	تبهید فیروزی (طرشت)	تهران	تهران	آلستوم		۵۰.۰	۱۲۵	۴	Alsthom	Stein Industry
۲	بعثت	تهران	تهران	جنرال الکتریک	Medium Turbine Straight Condenscing	۲۴۷.۵	۸۲.۵	۳	General Electric	(CE) ComBustion Eng
۳	اصفهان(اسلام آباد)	اصفهان	اصفهان	جی . ای . ئی	Impulse	۷۵.۰	۳۷.۵	۲	Franco Tosi	Franco Tosi
					W20 Impuls & Reaction	۱۲۰.۰	۱۲۰.۰	۱	Franco Tosi	Franco Tosi
					TVW 27 R/2 Impuls & reaction	۶۴۰.۰	۳۲۰.۰	۲	Franco Tosi	Franco Tosi
۴	منتظرقائم	تهران	کرج	جنرال الکتریک	GE Turbine - Reheat Double - Flow Exhaust	۶۲۵.۰	۱۵۶.۳	۴	GE	GE
۵	تبهید بهشتی (لوشان)	گیلان	لوشان	ک . و . یونیون	T 7019 - T 7018	۲۴۰.۰	۱۲۰.۰	۲	K.W.U	Borsick
۶	زرند	کرمان	زرند	اسپی پاتین پول	Action Turbine 1 Casing 12 Stage 3010	۶۰.۰	۳۰.۰	۲	Escher Wiese	MAN
۷	مشهد	خراسان	مشهد	اتکودا	3640 & 51269	۱۲۰.۰	۶۰.۰	۲	Skoda	Slovesko Energetieke
				Elin	G 100	۱۲۵	۱۲۵	۱	Elin	SGP pauker werk
۸	زرگان (تبهیدمدحج)		اهواز	جی . ای . سی	Steam Turbine Frame Type h/8 - 335	۲۹۰.۰	۱۴۵.۰	۲	G.E.C	NEI
۹	تبهید سلیمی(نکا)	مازندران	نکا	براون باوری	D3YTT 2I256B	۱۷۶۰.۰	۴۴۰.۰	۴	ABB	Babcock
						۱۹.۶	۹.۸	۲		
۱۰	رامین (اهواز)	خوزستان	اهواز	تکنهروم اکسپورت	K - 300 - 240 - 2	۱۸۹۰.۰	۳۱۵.۰	۶	L.M.Z	Tkanero
						۱۳.۰	۶.۵	۲		
۱۱	بندرعباس	هرمزگان	بندرعباس	جی . ای . ئی	Wg 7 R1g 5402 - 5401	۱۲۸۰.۰	۳۲۰.۰	۴	Franco Tosi	Franco Tosi Stien
۱۲	تبهید محمد منتظری	اصفهان	اصفهان	تکنهروم اکسپورت	K - 200 - 130 - 7	۱۶۰۰.۰	۲۰۰.۰	۸	L.M.Z	Krasni Kattiulshik
						۱۶.۰	۸.۰	۲		
۱۳	توس	خراسان	مشهد	براون باوری	D3 Y238	۶۰۰.۰	۱۵۰.۰	۴	B.B.C.	Wagner Biro
۱۴	تبریز	آذربایجان	تبریز	آلستوم		۷۳۶.۰	۳۶۸.۰	۲		
۱۵	تبهید رجائی (بخاری)	تهران	قزوین	میتسوبیشی	TS 2 F - 19	۱۰۰۰.۰	۲۵۰.۰	۴	MHI	IHI
۱۶	بیستون	غرب	کرمانشاه	جی .ای . ئی	TVW 27 R/2	۶۴۰.۰	۳۲۰.۰	۲	Franco Tosi	Ansaldo
۱۷	تبهیدمفتح همدان	باختر	همدان	میتسوبیشی	TC2F-28	۱۰۰۰.۰	۲۵۰.۰	۴	MHI	MHI
۱۸	ایرانشهر بخاری	سیستان و بلوچستان	ایرانشهر	اتکودا		۲۵۶.۰	۶۴.۰	۴	P.B.S	P.B.S
۱۹	تبازند	باختر	اراک	مپنا	QFSN-350-2-20	۱۳۰.۰	۳۲۵.۰	۴	DEC چین	DEC چین
۲۰	سهند	آذربایجان	تبریز	مپنا	N325-16/7/538 MOSUB-C-	۶۵۰.۰	۳۲۵.۰	۲	SEC چین	SEC چین
جمع نیروگاه های بخاری						۱۵۲۴۱		۷۹		

جدول ۳- مشخصات نیروگاه‌های گازی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور

ردیف	نام نیروگاه	سازمان بهره بردار	محل نصب	سازنده نیروگاه	مدل و تیپ توربین	قدرت نامی (مگا وات)			سازنده توربین	سازنده بویلر
						جمع	ظرفیت	تعداد واحد		
۱	شیراز	فارس	شیراز	سولزر	GTN95/82	۱۱.۸	۱۱.۸	۱		
				فیات	TG16	۴۵.۰	۱۵.۰	۳		
				پی پی سی	B9	۲۸.۶	۲۸.۶	۱		
				پی پی سی	B9	۲۵.۶	۲۵.۶	۱		
				پی .اس .تی	B9	۲۴.۲	۲۴.۲	۱		
				ك . و . يونيون	V93-1	۶۰.۸	۶۰.۸	۱		
۲	مشهد (گازی)	خراسان	مشهد	آلستوم	PG 5251 N	۳۷.۶	۱۸.۸	۲	Alsthom	
				براون باوری	13D	۱۵۸.۰	۷۹.۰	۲	B.B.C	
۳	بوشهر	فارس	بوشهر	آلستوم	T190-240 ,PG 5341P T190-200 ,PG 5341P	۷۵.۰	۲۵.۰	۳	Alsthom	
۴	شهید بهشتی (لوشان)	گیلان	لوشان	ك . و . يونيون	V 93	۱۲۰.۰	۶۰.۰	۲	K.W.U	
۵	درود	باختر	درود	براون باوری	TYPE 9 - TCZ	۶۰.۰	۳۰.۰	۲	BBC	
۶	شهید زلیق یزد	یزد	یزد	آلستوم	5341P 1&2 - 5341N 3&4	۹۷.۰	۲۴.۳	۴	GE	
۷	ری	تهران	ری	آسك	Westing house	۱۲۸.۰	۳۲.۰	۴	Asec	
				هيتاچي	General Electric	۲۳۷.۰	۲۳.۷	۱۰	Hitachi	
				فيات	Westing house	۲۸۸.۰	۳۲.۰	۹	Marelli & Ansaldo	
				ميتسوبيشي	Westing house	۲۵۵.۰	۸۵.۰	۳	Mitsubishi	
				آ . ا . گ	General Electric	۲۴.۰	۲۴.۰	۱	AEG	
۸	زرگان (شهیدمدحج)		اهواز	آسك	Westing Hous	۱۲۸.۰	۳۲.۰	۴	Acec	
۹	تبریز گازی	آذربایجان	تبریز	فيات	Fiat	۶۴.۰	۳۲.۰	۲	Fiat	
۱۰	کنارک(چابهار)	سیستان و بلوچستان	چابهار	آلستوم	Frame 5	۱۴۲.۵	۲۳.۸	۶	Alsthom	

ادامه جدول ۳- مشخصات نیروگاه‌های گازی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور

	Alsthom	۶	۲۳.۸	۱۴۲.۵	Frame 5	آلستوم	چابهار	سیستان و بلوچستان	کنارک(چابهار)	۱۰
	B.B.C	۲	۳۰.۰	۶۰.۰	GT 9	براون باوری	ارومیه	آذربایجان	ارومیه	۱۱
	Hitachi	۶	۲۵.۰	۱۵۰.۰	F5 PG5361	هیتاچی	مشهد	خراسان	شریعتی	۱۲
	AEG	۴	۲۵.۰	۱۰۰.۰	General Electric	آ.ا.گ	تبریز	آذربایجان	صوفیان	۱۳
	Hitachi - B.B.C	۳	۲۴.۵	۷۳.۴	Frame 5	هیتاچی	زاهدان	سیستان و بلوچستان	زاهدان	۱۴
	AEG	۱	۳۰.۰	۳۰.۰	Frame 5	براون باوری				
	Hitachi - B.B.C	۱	۲۴.۸	۲۴.۸	Frame 5	آ . ا . گ				
	GE	۴	۲۴.۵	۹۸.۰	Frame 5					
	Hitachi	۳	۲۵.۰	۷۵.۰	PG 534	هیتاچی	قاین	خراسان	قائن	۱۵
	Alsthom				PG 5361	آلستوم				
	United Technologies	۳	۲۹.۲	۸۷.۶	FT4C - 3DF	یونایتدتکنولوژی	شاهین شهر	اصفهان	هسا	۱۶
	Hitachi - GE - Alsthom	۶	۲۵.۰	۱۵۰.۰	PG 5341-N PG 5211-M PG5341P	آلستوم	کنگان	فارس	کنگان	۱۷
						هیتاچی				
	Alsthom	۱	۱۴.۰	۱۴.۰	PG 5211-M	آلستوم				
	K.W.U	۲	۶۰.۰	۱۲۰.۰	کرافت V93	ك . و . یونیون	یزد	یزد	گازی یزد	۱۸
	GE	۱	۱۲.۵	۱۲.۵	K	جنرال الکتریك	سمنان	سمنان	سمنان	۱۹
		۳	۱.۴	۴.۲			داراب	فارس	فرگ داراب	۲۰
	Hitachi	۲	۲۵.۰	۵۰.۰	General Electric	هیتاچی	بندرعباس	هرمزگان	گازی بندرعباس	۲۱
	Alstom	۶	۱۶۵.۰	۹۹۰.۰	GT13E2	مینا	بندرعباس	هرمزگان	خلیج فارس (هرمزگان)	۲۲
مینا بویلر-درسان	توگا-آلساندو-زیمنس	۶	۱۵۹.۰	۹۵۴.۰	V94.2	مینا	شیروان	خراسان	چرخه ترکیبی شیروان	۲۳
	توگا - آلساندو	۶	۱۵۹.۰	۹۵۴.۰	V94.2 - TUGA	مینا	اصفهان		جنوب اصفهان (چهلستون)	۲۴
	آنسالدو	۶	۱۵۹.۰	۹۵۴.۰	V94.2	مینا	تهران	تهران	پرند	۲۵
	زئنس	۳	۲۶۳.۰	۷۸۹.۰	V94.3	زئنس	تهران		رودشور	۲۶
	توگا	۴	۱۵۹.۰	۶۳۶.۰	V94.2	مینا	ارومیه	آذربایجان	چرخه ترکیبی ارومیه	۲۷
		۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰						

ادامه جدول ۳- مشخصات نیروگاه‌های گازی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور

	توگا	۴	۱۵۹.۰	۶۳۶.۰	V94.2	مینا	اردبیل	آذربایجان	چرخه ترکیبی سبلان	۲۸
		۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰						
		۳	۲۵.۰	۷۵.۰	Frame 5		کهنوج		کهنوج	۲۹
	توگا	۶	۱۵۹.۰	۹۵۴.۰	V94.2	مینا	عسلویه		عسلویه گازی	۳۰
	توگا	۶	۱۵۹.۰	۹۵۴.۰	V94.2	مینا	خراسان		چرخه ترکیبی فردوسی	۳۱
یا بویلر-درسان	زیمنس - توگا	۶	۱۵۹.۰	۹۵۴.۰	V94.2	مینا	جهرم	فارس	چرخه ترکیبی جهرم	۳۲
	AEG	۴	۲۴.۰	۹۶.۰	GE type O-1	AEG	چابهار	سیستان و بلوچستان	چابهار	۳۳
	توگا	۲	۱۵۹.۰	۳۱۸.۰	V94.2	مینا				
	توگا	۴	۱۵۹.۰	۶۳۶.۰	V94.2	مینا	قائن	خراسان	چرخه ترکیبی شهید کاوه	۳۴
	توگا	۴	۱۶۲.۰	۶۴۸.۰	V94.2	مینا	خرمشهر		خرمشهر	۳۵
		۲	۲۳.۷	۴۷.۴			نوشهر		نوشهر(انتقالی از ری)	۳۶
	توگا	۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰	V94.2	مینا	کاشان		کاشان	۳۷
	توگا	۶	۱۶۲.۰	۹۷۲.۰	V94.2	مینا	گلستان		گلستان	۳۸
	توگا	۴	۱۶۲.۰	۶۴۸.۰	V94.2	مینا	کرمانشاه	غرب	زاگرس	۳۹
	توگا	۴	۱۶۲.۰	۶۴۸.۰	V94.2	مینا	زنجان	زنجان	سلطانیه	۴۰
	توگا	۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰	V94.2	مینا	سمنان	سمنان	چرخه ترکیبی سمنان(قدس)	۴۱
	توگا	۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰	V94.2	مینا	شاهرود	سمنان	بسطامی (شاهرود)	۴۲
	توگا	۶	۱۶۲.۰	۹۷۲.۰	V94.2	مینا	فارس		حافظ(فارس)	۴۳
	توگا	۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰	V94.3	مینا	بوشهر		گناوه	۴۴
	توگا	۱	۱۶۲.۰	۱۶۲.۰	V94.2	مینا	ایرانشهر	سیستان و بلوچستان	بمپور	۴۵
		۱۱۵		۵۳۸.۰			سایر های متفرقه		واحد های DG و CHP	۴۶
		۳۲۴		۱۹۵۳۹					جمع نیروگاه های گازی در شبکه سراسری	
	GE - Alsthom	۳	۳۷.۵	۱۱۲.۵	Frame 6001 B PG 6541 B	آلستوم	جزیره کیش	آب وبرق کیش	کیش (گازی)	۴۷
	GE - Alsthom	۱	۲۴.۳	۲۴.۳	Frame 5oo IP					
	AEG	۲	۲۳.۵	۴۷.۰	General Electric					
	۳۳۱			**۱۹۷۲٤**					**جمع نیروگاههای گازی**	

جدول ۴- مشخصات نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲ در کشور

مشخصات واحدها														
سازنده بویلر	سازنده توربین	قدرت نامی		سازنده ژنراتور	مدل و تیپ توربین	سازنده نیروگاه	محل نصب	سازمان بهره بردار	نام نیروگاه					
		تعداد واحد	ظرفیت هر واحد	جمع										
	Siemens	۶	۱۴۳.۲	۸۵۹.۲	K.W.U	V 94.2	زیمنس	رشت	گیلان	چرخه ترکیبی گیلان	۱			
Waagner Biro	Siemens	۳	۱۴۸.۸	۴۴۶.۴	K.W.U									
	G.E	۶	۱۱۶.۳	۶۹۷.۵	Alsthom	Frame 9 E-Type	جان براون - مپنا	کرج	تهران	چرخه ترکیبی منتظر قائم	۲			
Foster Wheeler	Siemens	۳	۱۰۰.۰	۳۰۰.۰	Siemens	Reheat,Double Flow Exhaust								
	MHI	۴	۱۲۸.۵	۵۱۴.۰	MELCO	MW 701 D	میتسوبیشی	قم	تهران	چرخه ترکیبی قم	۳			
A.B.B. Sea Sadelmi	ABB - KWE	۲	۱۰۰.۰	۲۰۰.۰	ABB	ABB 100 MW								
	جان براون	۶	۱۲۳.۸	۷۴۲.۸	جان براون		جان براون	قزوین	تهران	چرخه ترکیبی شهید رجائی	۴			
مینا بویلر-فاستر ویلر	Siemens	۳	۱۰۰.۰	۳۰۰.۰	پارس ژنراتور - زیمنس	SIEMENS	مپنا							
	GE فرانسه	۶	۱۲۳.۴	۷۴۰.۴	GE فرانسه	F 9 MS 9000	GE فرانسه	نیشابور	خراسان	چرخه ترکیبی نیشابور	۵			
مینا بویلر-فاستر ویلر	Seimens	۳	۱۰۰.۰	۳۰۰.۰	پارس ژنراتور - زیمنس	Inpulse+Reaction	مپنا							
	جان براون	۲	۱۲۳.۴	۲۴۶.۸	جان براون	F9 MS9000	جان براون	مشهد	خراسان	چرخه ترکیبی تبریختی	۶			
مینا بویلر-فاستر ویلر	Seimens	۱	۱۰۰.۰	۱۰۰.۰	پارس ژنراتور - زیمنس	Inpulse+Reaction	مپنا							
	جان براون	۶	۱۲۳.۴	۷۴۰.۴	جان براون	GE Frame 9 - 9001E	جان براون	تبریز	فارس	چرخه ترکیبی فارس	۷			
مینا بویلر-درسان	Seimens	۳	۹۸.۳	۲۹۴.۹	پارس ژنراتور - زیمنس		مپنا							
	GE فرانسه	۲	۱۲۳.۴	۲۴۶.۸	GE فرانسه	F9 MS9000	GE فرانسه	خوی	آذربایجان	چرخه ترکیبی خوی	۸			
مینا بویلر-فاستر ویلر	Simens	۱	۱۰۲.۵	۱۰۲.۵	پارس ژنراتور - زیمنس	C311	مپنا							
	زیمنس	۱	۱۶۰.۰	۱۶۰.۰	زیمنس		زیمنس	نکا	مازندران	چرخه ترکیبی شهید سلیمی(نکا)	۹			
مینا بویلر-درسان	زیمنس	۲	۱۳۷.۵	۲۷۵.۰	زیمنس	V 94.2	مپنا							
	توگا	۲	۱۶۰.۰	۳۲۰.۰	پارس ژنراتور	پارس ژنراتور	مپنا	یزد	یزد	چرخه ترکیبی یزد	۱۰			
مینا بویلر-درسان	زیمنس	۲	۱۲۳.۴	۲۴۶.۸	زیمنس	GEP9E Alsthom	مپنا							
	توگا	۲	۱۵۹.۰	۳۱۸.۰	پارس ژنراتور	پارس ژنراتور	مپنا							

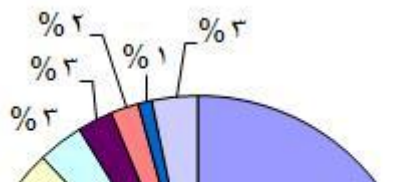
ادامه جدول ۴- مشخصات نیروگاه‌های سیکل‌ترکیبی به تفکیک شبکه و خارج از شبکه در سال ۱۳۹۲

	توگا - آلستوم	۲	۱۲۸.۰	۲۵۶.۰	پارس ژنراتور - آلستوم	MW - 701D	مپنا				
مپنا بویلر-درسان	توگا - زیمنس	۴	۱۵۹.۰	۶۳۶.۰	پارس ژنراتور - زیمنس	V94.2	مپنا	کازرون	فارس	چرخه ترکیبی کازرون	۱۱
		۳	۱۶۰.۰	۴۸۰.۰			مپنا				
	آلستوم	۸	۱۵۹.۰	۱۲۷۲.۰	آلستوم	V94/2 SIEMENS	مپنا	کرمان	کرمان	چرخه ترکیبی کرمان	۱۲
مپنا بویلر-درسان	توگا - زیمنس	۴	۱۶۰.۰	۶۴۰.۰	پارس ژنراتور - زیمنس		مپنا				
مپنا بویلر-درسان	توگا - آلستوم-زیمنس	۱۲	۱۵۹.۰	۱۹۰۸.۰	پارس ژنراتور - آلستوم-زیمنس	V94/2	مپنا	گرمسار	تهران	چرخه ترکیبی دماوند	۱۳
		۶	۱۶۰.۰	۹۶۰.۰			مپنا				
مپنا بویلر-درسان	توگا-آلستوم-زیمنس	۴	۱۵۹.۰	۶۳۶.۰	پارس ژنراتور-آلستوم زیمنس	V94.2	مپنا	سنندج	غرب	چرخه ترکیبی سنندج	۱۴
		۲	۱۶۰.۰	۳۲۰.۰			مپنا				
مپنا بویلر-درسان	توگا-آلستوم-زیمنس	۴	۱۲۳.۴	۴۹۳.۶	پارس ژنراتور-آلستوم زیمنس	V94.2	مپنا	سنندج	غرب	چرخه ترکیبی آبادان	۱۵
		۱	۱۶۰.۰	۱۶۰.۰			مپنا				
	توگا	۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰	پارس ژنراتور	V94.2	مپنا	اصفهان		چرخه ترکیبی زواره	۱۶
	توگا	۱	۱۶۰.۰	۱۶۰.۰	پارس ژنراتور		مپنا				
	توگا	۴	۱۶۲.۰	۶۴۸.۰	پارس ژنراتور		مپنا	گیلان		چرخه ترکیبی پره سر	۱۷
	توگا	۲	۱۶۰.۰	۳۲۰.۰	پارس ژنراتور		مپنا	گیلان			
	توگا	۲	۱۶۲.۰	۳۲۴.۰	پارس ژنراتور	V94.3	مپنا	یزد		چرخه ترکیبی تیرکوه	۱۸
	توگا	۱	۱۶۰.۰	۱۶۰.۰	پارس ژنراتور		مپنا	یزد			
		۱۲۸.۰۰		۱۷۸۴۹.۰				جمع نیروگاههای چرخه ترکیبی			

با توجه به اطلاعات فوق، تعداد، توان و سهم هر نوع توربین گازی در کشور در تولید برق مشخص شد و در جدول ۵ و شکل ۴ آورده شده است.

جدول۵- تعداد، توان اسمی و کل توان تولیدی واحدهای گازی مولد برق در کشور ارائه شده در آمار تفصیلی صنعت برق

نوع توربین	V94.2	F9	F5	ABB-GT13E2	MW701D	Acec-TG20	V93.1	Others
تعداد نصب شده در کشور	۱۳۱	۳۴	۶۶	۶	۶	۱۹	۵	
توان هر توربین MW	۱۵۹	۱۲۳	۲۵	۱۶۵	۱۲۸	۳۲	۶۰	
توان کل هر نوع توربین MW	۲۰۸۲۹	۴۱۸۲	۱۶۵۰	۹۹۰	۷۶۸	۶۰۸	۳۰۰	۹۹۴
درصد سهم هر نوع توربین گازی	۶۸/۷	۱۳/۸	۵/۴	۳/۲	۲/۵	۲	۰/۹۹	۳/۲



شکل ۴- سهم واحدهای گازی مختلف از کل برق تولیدی توسط مجموع این واحدها

در ادامه مهم‌ترین مواد و قطعات داغ مورد استفاده در توربین‌های گازی مختلف به تفصیل بیان خواهد شد.

۱-۱-۲- پره توربین

بطور کلی می‌توان گفت که در ساخت پره‌های گردان، هنگامی که دمای کار نسبتاً پایین باشد می‌توان از سوپرآلیاژهای فورج نظیر U520 و U720 استفاده کرد. با افزایش دمای پره‌ها، لزوم استفاده از آلیاژهای مقاوم‌تر ریختگی نظیر IN738LC، IN792 و GTD111 بیشتر احساس می‌شود. نکته‌ای که در مورد این پره‌ها توجه به آن ضروری است آن است که هنگامی که دمای سطحی این نوع پره‌ها به حدود $700^{\circ}C$ و بالاتر برسد بایستی سطح آنها را با پوشش‌های مناسب پوشش داد. همچنین برای توربین‌های با دمای کاری بالا (بیش از $1100^{\circ}C$) موادی که برای ساخت پره‌های ردیف اول مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی حتماً توسط هوا خنک گردند. اینکه در یک توربین با مشخصات مورد نیاز از کدامیک از سوپر آلیاژها در ساخت پره‌های آن استفاده گردد، بیشتر به سازنده آن توربین مربوط می‌شود. به عنوان مثال جدول ۶ مواد مورد استفاده در ساخت پره‌های ثابت و گردان سه نوع مختلف از توربین‌های ساخته شده توسط سه سازنده مختلف را نشان می‌دهد.

آلیاژهای مورد استفاده تا اوایل دهه ۹۰ میلادی جهت ساخت پره‌های گردان توربین‌های GE شامل Udimet 500، U700، IN738 و GTD111 بوده‌اند.

آلیاژ U - 500 که در اواسط دهه ۶۰ میلادی بطور عمده برای ساخت پره‌های گردان ردیف اول ساخت شرکت GE مورد استفاده قرار می‌گرفت امروزه بیشتر برای ساخت پره های ردیف ۳ استفاده می شود و از آن برای ساخت پره‌های ردیف اول توربین‌های جدید استفاده نمی‌گردد. در حوالی سالهای ۱۹۷۰ – ۱۹۶۵ میلادی، با افزایش دمای توربین های ساخت GE از سوپر آلیاژ U700 (Rene 77) جهت ساخت پره های ردیف اول توربین‌هـــای گازی استفـــاده شده و پس از آن با ابداع سوپر آلیاژ IN738LC از این آلیاژ در محدوده سالهای ۱۹۸۴ – ۱۹۷۱ میلادی جهت ساخت پره های ردیف اول توربین های GE استفاده گردید. پس از عرضه سوپر آلیاژ GTD - 111 در اوایل دهه ۸۰ میلادی، استفاده از این سوپر آلیاژ جهت ساخت پره های ردیف اول ساخت GE بسیار فراگیر شد و بنابراین از سوپر آلیاژ IN738LC در ساخت پره های ردیف دوم توربین های پیشرفته استفاده شد. IN 738LC یکی از مناسب ترین مواد مورد استفاده در ساخت پره های توربین بوده است که ترکیب مناسبی از خواص استحکام خزشی در دماهای بالا و مقاومت به خوردگی را ارائه داده است.IN738LC اولین ماده مورد استفاده در ساخت پره های توربین های GE است که قبل از آنکه در پره های هوایی ساخت این شرکت مورد استفاده قرار گیرد، در توربین های زمینی استفاده گردید. این آلیاژ که اولین بار توسط شرکت INCO به بازار عرضه گردید پس از بهینه سازیهای فراوان، امروزه به عنوان یک ماده بسیار بهینه جهت ساخت پره‌های توربین توسط بسیاری از سازندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۶- مواد مورد استفاده در ساخت پره های گردان و ثابت توربین‌های گازی مختلف

ماده مورد استفاده در پره‌های ثابت	ماده مورد استفاده در پره‌های گردان	تعداد ردیف‌ها	نوع توربین

GE MS 7001F	۳	GTD 111	FSX 414
GE MS 7001F	۳	ردیف اول GTD 111 DS ردیف ۲ و ۳ GTD 111	ردیف اول یک آلیاژ پایه کبالت جدید ردیف ۲ و ۳ : GTD222
W/MHI 501F	۴	ردیف ۳-۱ : IN73BLC ردیف ۴ : U520	ردیف ۱ و ۲ : ECY768 ردیف ۳ و ۴ : X45
ABB GT13E	۵	ردیف ۴-۱ : IN 738LC ردیف ۵ : Nim 101	ردیف ۳-۱ : IN 939 ردیف ۴ : X- 45 ردیف ۵ : Nim 263

مهم‌ترین سوپر آلیاژهای مصرفی در ساخت پره‌های توربین گازی ساخت شرکت وستینگهاوس تا اوایل دهه ۹۰ میلادی، U500 ، U520، U710، U720، IN738LC بوده‌اند. همچنین گفته شده که تا این محدوده زمانی شرکتABB بیشتر از سوپر آلیاژهای IN 738 LC و IN 939 برای ساخت پره‌های توربین های خود استفاده نموده است.

شرکت زیمنس نیز در این محدوده زمانی بطور عمده از سوپر آلیاژهای IN738LC،IN792، U720 و Nimonic 90 جهت ساخت پره های گردان توربین‌های خود استفاده کرده است.

انواع سوپرآلیاژهای مورد استفاده در ساخت پره‌های ثابت و متحرک در نیروگاههای مختلف ایران در جداول ۷ و ۸ نشان داده شده است.

جدول ۷- مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های متحرک توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل پره
IN738-LC	۳۲۰/۴	۳/۶	۸۹	ردیف اول V94.2
IN738-LC	۴۳۶/۱	۴/۹	۸۹	ردیف دوم V94.2
IN738-LC	۹۰۰/۹	۱۴/۳	۶۳	ردیف سوم V94.2
IN738-LC	۱۱۹۶	۱۳	۹۲	ردیف سوم F9
IN738-LC	۱۴۴	۱/۲	۱۲۰	ردیف اول F5
IN738-LC				ردیف اول تا چهارم GT13E2
IN738-LC			۱۰۳ ۹۳ ۷۱	ردیف اول MW701D دوم سوم
IN792/Nim90	۱۳۵۰/۲	۳۱/۴	۴۳	ردیف چهارم V94.2
GTD111	۱۱۴۰/۸	۱۲/۴	۹۲	ردیف اول F9
GTD111	۱۱۹۶	۱۳	۹۲	ردیف اول F9

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل پره
U500	۱۸۰	۲	۹۰	F5 ردیف دوم
IN101				GT13E2 ردیف پنجم
X750				MW701D ردیف اول
U500	۲۷۶	۳/۴۵	۸۰	Acec-Fiat TG20 ردیف اول
U520	۳۳۲/۵	۴/۷۵	۷۰	Acec-Fiat TG20 ردیف دوم
X750	۳۹۰	۶	۶۵	Acec-Fiat TG20 ردیف سوم
U520	۲۱۶/۵۵	۳/۰۵	۷۱	V93.1 ردیف اول
Nim90	۲۶۳/۴۱	۳/۷۱	۷۱	V93.1 ردیف دوم
Nim80A	۵۶۱	۱۰/۲	۵۵	V93.1 ردیف سوم
Nim80A	۶۵۰/۶۵	۱۱/۸۳	۵۵	V93.1 ردیف چهارم

جدول ۸- مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های ثابت توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل پره
IN738-LC	۶۳۹/۴	۱۳/۹	۴۶	V94.2 ردیف اول
IN738-LC	۶۵۷/۶	۱۳/۷	۴۸	V94.2 ردیف دوم
IN939	۸۲۵	۱۶/۵	۵۰	V94.2 ردیف سوم
IN939	۱۳۰۶/۸	۲۴/۲	۵۴	V94.2 ردیف چهارم
FSX-414	۷۳۸	۴۱	۱۸	F9 ردیف اول
GTD222	۱۲۰۰	۷۵	۱۶	F9 ردیف دوم
GTD222	۱۳۷۶	۸۶	۱۶	F9 ردیف سوم
FSX-414	۴۰۰	۴۰	۱۰	F5 ردیف اول
N155	۵۰۰		۶۲	F5 ردیف دوم
IN939			۹۳	GT13E2 ردیف اول تا چهارم
X-45				GT13E2 ردیف پنجم
ECY768			۶۰	MW701D ردیف اول
X-45			۱۶-۱۸-۲۰	MW701D ردیف دوم تا چهارم
X-45	۱۶۰	۴	۴۰	Acec-Fiat TG20 ردیف اول
X-45	۲۵۴/۴	۱۰/۶	۲۴	Acec-Fiat TG20 ردیف دوم
X-45	۳۸۴	۳۲	۱۲	Acec-Fiat TG20 ردیف سوم

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل پره
U500	۵۰۱/۶	۱۱/۴	۴۴	V93.1 ردیف اول
N155	۴۳۱/۲	۵۳/۹	۸	V93.1 ردیف دوم
ATS15	۶۰۹		۵۸	V93.1 ردیف سوم
ATS15	۴۹۸		۵۶	V93.1 ردیف چهارم

۱-۱-۳- محفظه احتراق و متعلقات

محفظه‌های احتراق عموما از ورق‌های آلیاژی پایه نیکل ساخته می‌شوند. Hastelloy X و آلیاژهای۶۱۷, ۲۳۰ ازجمله مواد مورد استفاده در ساخت محفظه احتراق می‌باشند. ترکیب شیمیایی این مواد در جدول ۹ آورده شده است. مهمترین ویژگیهای این مواد به شرح زیر است:

- شکل پذیری خوب
- خواص دما بالای مناسب (استحکام خزشی، مقاومت به خستگی حرارتی، مقاومت به اکسیداسیون)
- عدم نیاز به عملیات حرارتی پس از جوشکاری

جدول ۹- ترکیب شیمیایی برخی از آلیاژهای مورد استفاده در ساخت محفظه احتراق

Table 4. Compositions of typical sheet alloys (in weight percent)

Alloy	Cr	Co	Mo	W	Mn	Al	Ti	Si	Fe	C	B	La	Ni
Hastelloy X	22	1.5	9	0.6	1[a]	--	--	1[a]	18	0.1	0.008[a]	--	bal
617	22	12.5	9	--	1.0*	1.2	0.6[a]	1.0[a]	3[a]	0.1	0.006*	--	bal
230	22	5[a]	2	14	0.5	0.3	--	0.4	3[a]	0.1	0.015	0.02	bal

[a] Maximum

برای پایین نگه‌داشتن دمای فلز در محفظه‌های احتراق (در محدوده ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد) از خنک سازی توسط هوا، پوششهای TBC و همچنین نسوزهای سرامیکی استفاده می‌شود. مواد فوق را با اطمینال خاطر می‌توان در بسیاری از انواع توربینهای گازی مورد استفاده قرار داد. در عین حال با افزایش دمای گاز و دمای ورودی در توربینهای گاز و ایجاد شرایط و

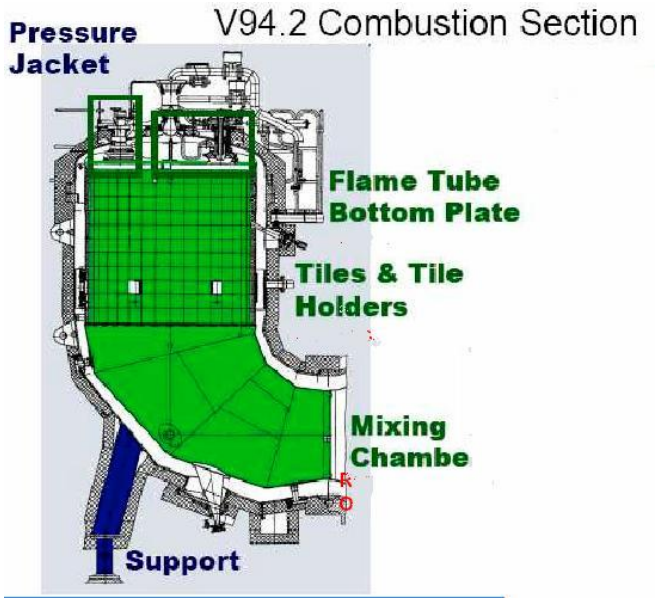
محصولات احتراق پیچیده، تلاشهای مضاعف برای جایگزینی این مواد با مواد جدیدتر صورت می‌گیرد. در این خصوص می‌توان به کاربرد آلیاژهای فریتی مستحکم شده با ذرات اکسیدی و کامپوزیتهای زمینه سرامیکی اشاره نمود. همچنین کاربرد کامپوزیتهای زمینه سرامیکی SiC-SiC و اکسید–اکسید مورد توجه قرار گرفته است. نمونه لاینر محفظه احتراق که از کامپوزیت سرامیکی ساخته شده است در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل ۵- لاینر محفظه احتراق ازجنس کامپوزیت سرامیکی

برای بررسی بیشتر اجزای محفظه احتراق نمونه‌ای از توربین گازی زیمنسV94.2 را مورد بررسی قرار می‌دهیم. این توربین شامل دو محفظه احتراق از نوع سیلو است که در دو طرف آن و به صورت عمودی قرار داشته و به پوسته توربین متصل می گردند. این نوع طراحی امکان استفاده از انتقال هم مرکز هوا و گاز کم سرعت از کمپرسور به محفظه احتراق و از محفظه احتراق به توربین را فراهم می کند و باعث افت فشار کمتر می گردد. هوای کمپرسور از بین پوسته داخلی و خارجی محفظه احتراق گذشته و قطعات در معرض هوای گرم را خنک می کند از طرف دیگر تقارن و دو بار تغییر مسیر جریان باعث ایجاد دما و فشار یکنواخت تر در ورودی توربین می‌شود.

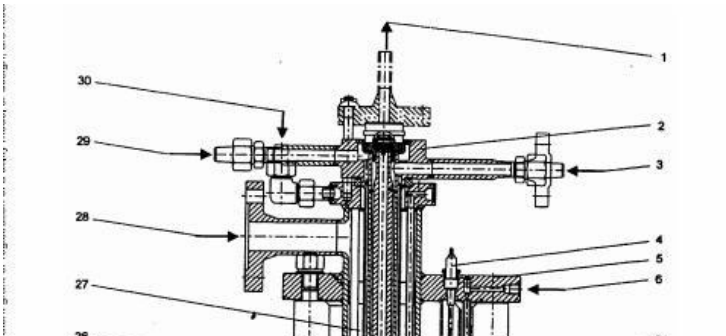
هر محفظه احتراق دارای ۸ عدد برنر می‌باشد که با سوختهای مایع، گازی و حالت دو سوختی می‌توانند کار کنند. سطح داخلی محفظه احتراق با مواد نسوز پوشیده شده است. این محفظه احتراق انعطاف پذیری بزرگی را در ابعاد و شکل بندی ایجاد کرده

است که باعث در دسترس بودن و سهولت در بازرسی و تعمیرات شده است. شکل ۶ اجزای محفظه احتراق را نشان می دهد. صفحه بالائی محفظه احتراق از جنس اینکونل ۶۱۷ می‌باشد.



شکل ۶- محفظه احتراق توربین زیمنس V94.2

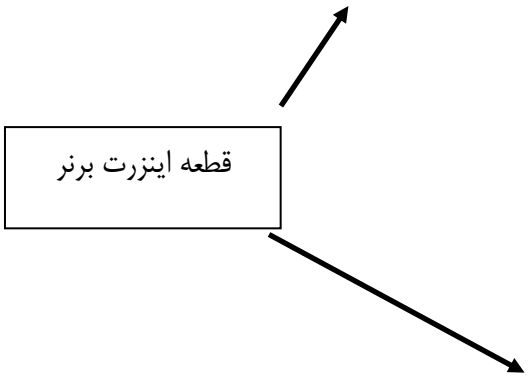
مشعل بخش اصلی محفظه احتراق محسوب می شود (شکل ۷). کارکرد مشعل در سه حالت کلی گازی پیش مخلوط، گازی نفوذی و سوخت مایع می باشد. در شرایط گازی پیش مخلوط (pre mix gas burner) قسمت اعظم هوا از طریق diagonal swirler و بقیه آن از طریق axial swirlerو با چرخش ایجاد شده توسط پره های آنها وارد محفظه احتراق می گردند و به طبع آن هوای موجود در محفظه احتراق نیز در همان جهت شروع به گردش می کند. گاز طبیعی بوسیله توزیع کننده بین برنرها تقسیم شده و از قسمت ۲۲ نشان داده شده در شکل ۷ وارد پره های diagonal swirler شده و با هوا مخلوط می گردد و سپس وارد محفظه احتراق می شود. در این حالت برای حفظ پایداری شعله مقداری از گاز از طریق چهار لوله (شماره۱۴ نشان داده شده در شکل ۷) وارد محفظه احتراق می گردد که به آن پیلوت می‌گویند.



شکل ۷- مشعل توربین زیمنس V94.2

در حالت کارکرد گازی نفوذی (diffusion gas burner)، سوخت گازی از طریق ورودی ۲۸ و سپس ۲۷ نشان داده در شکل ۷ وارد برنر شده و با گذشتن از منافذ پوسته axial swirler با هوا آمیخته می گردد و وارد محفظه احتراق می شود. لازم به ذکر است که این حالت فقط در توانهای پایین استفاده می شود. از طرفی در حالت کارکرد سوخت مایع(fuel oil burner) ، مقدار سوخت مایع تزریقی از طریق فشار خط برگشتی کنترل می گردد. سوخت مایع با فشار ۷۲ بار وارد محفظه چرخش نازل سوخت شده و با توجه به فشار خط برگشتی مقداری از آن به سیستم سوخت مایع برگشت داده شده و مقداری از آن با همان چرخش و از قسمت ۱۶ نشان داده شده در شکل ۷ وارد محفظه احتراق می شود.

اینزرت برنر یکی دیگر از قطعات موجود در محفظه احتراق توربین گازی زیمنس V94.2 می‌باشد. این قطعه بصورت یکپارچه در اطراف مشعل‌های محفظه احتراق توربین قرار گرفته است. شکل ۸ محل قرارگیری این قطعه در توربین را نشان می‌دهد. تعداد قطعه اینزرت برنر در هر محفظه احتراق ۸ عدد و در توربین گازی زیمنس برابر با ۱۶ عدد می‌باشد. این قطعه از فولاد زنگ نزن مقاوم به حرارت نیوبیوم‌دار ساخته می‌شود و مشخصه DIN آن GZ-X10NiCrNb32-20 است.



شکل ۸- مکان اینزرت برنر در محفظه احتراق

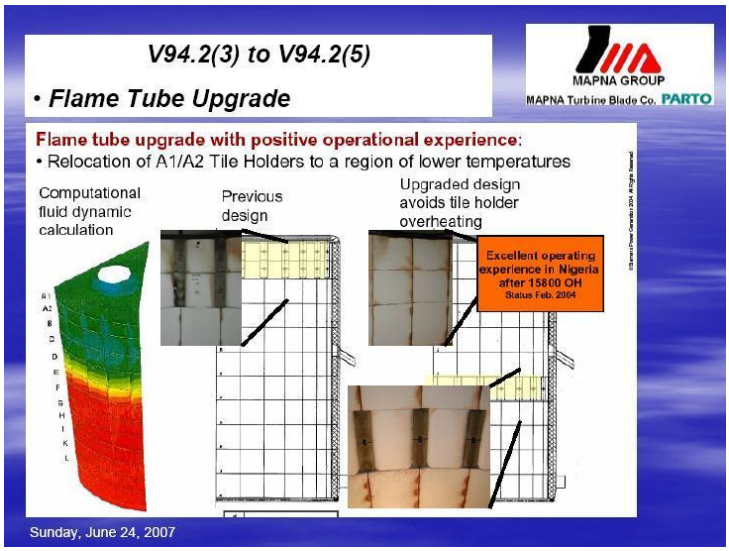
هاب یکی از قطعات اینرکیسینگ توربین گازی زیمنس V94.2 می‌باشد. این قطعه بصورت استوانه‌ای شکل درون اینرکیسینگ قرار دارد و یک سر آن به اینرکیسینگ جوش داده شده است. محصولات احتراق پس از عبور از میکسینگ چمبر درون اینرکیسینگ آمده و پس از برخورد به هاب، هدایت شده و وارد توربین می‌شود. شکل ۹ نمای ظاهری اینرکیسینگ و هاب و شکل ۱۰ نمای ظاهری میکسینگ چمبر را نشان می‌دهند. جنس این قطعات از سوپرآلیاژ پایه نیکل اینکونل ۶۱۷ است.

شکل ۹- نمای ظاهری اینرکیسینگ و هاب و نحوه قرار گیری هاب

شکل ۱۰- نمای ظاهری میکسینگ چمبر

نگهدارنده‌های آجر نسوز (Brick Holder یا Tile Holder) قطعات مهمی هستند که وظیفه مهار آجرهای نسوز را در دو محفظه احتراق توربین گازی به عهده دارند، در بالاترین ارتفاع داخلی هر محفظه احتراق توربین گازی ورژن ۳ دو ردیف نگه دارنده بنام های A_1 و A_2 قراردارند، آجر نسوز این دو ردیف توسط ۱۴۴ نگهدارنده مهار می‌شوند، بنابراین تعداد کل نگهدارنده های این دو ردیف با توجه به وجود ۲ محفظه احتراق در یک واحد ، جمعاً تعداد ۲۸۸ عدد می باشد، که نیمی از نگه دارنده های این دو ردیف با نیمه دیگر، از نظر شکل قرینه هستند. پس از نگه دارنده آجرهای نسوز ردیف‌های A_1 وA_2 ، ده ردیف

نگه‌دارنده آجرهای نسوز به نام های B، C، D، E، F، G، H، J، K، Lبه ترتیب از بالا به پائین قرار گرفته است و آجرهای نسوز را در بر می گیرند، برای هر نگه‌دارنده یک زوج سوراخ در امتداد عمودی بر روی پوسته داخلی اتاق احتراق تعبیه شده است که فاصله عمودی هر زوج سوراخ معادل ارتفاع آجر نسوز می‌باشد. جنس نگهدارنده ها **Nimonic 75** می باشد (شکل ۱۱).



ردیف	جنس	تعداد در هر واحد
A_1 ،A_2	Nimonic 75	۱۴۴ عدد
		۱۴۴ عدد
B-L		۵۲۸ عدد
		۱۴۴ عدد
		۲۴ عدد
		۲۴ عدد

شکل ۱۱- نحوه قرارگیری آجرها و نگهدارنده آنها در محفظه احتراق

تمام مواد فلزی دیگر شامل صفحه بالائی محفظه احتراق، flame tube، pressure jacket از جنس فولاد کم کربن است. تمامی قطعات فلزی محفظه احتراق فاقد پوشش می‌باشند ولی در حال حاضر بصورت اختیاری پوششهای TBC مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طبق مستندات نیروگاهی و شبیه سازی انجام گرفته، دمای تقریبی شعله بین ۱۶۰۰ تا ۲۱۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. دمای تقریبی در جداره داخلی سرامیکی محفظه احتراق بین ۵۳۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد است. دما در داخل محفظه احتراق نیز بین ۹۷۸ تا ۱۶۱۲ درجه سانتیگراد می باشد. دمای تقریبی در جداره اینزرت برنر نیز بین ۷۳۶ تا ۹۰۶ درجه سانتیگراد است.

با توجه به توضیحات فوق و در نظر داشتن این نکته که محفظه های احتراق توربینهای مدل GE، میتسوبیشی و آسک فیات از نوع لاینر و ترانزیشن پیس می‌باشد، جدول ۱۰ اطلاعات مربوط به نوع و میزان مواد مصرفی در ساخت این قطعات داغ توربینهای گازی نصب شده در کشور را ارائه می‌دهد.

جدول ۱۰- مواد مورد استفاده در ساخت انواع محفظه‌های احتراق توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل توربین
IN617	۶۸۰۰	۳۴۰۰	۲	V94.2 (سیلو)
Hast. X	۳۹۲	۲۸	۱۴	F9 (لاینر و کراس فایر تیوب)
Nimonic 263	۷۷۰	۵۵	۱۴	F9 (ترانزیشن پیس)
Hast. X	۱۴۶	۱۴/۶	۱۰	F5 (لاینر)
Hast. X	۲۴۵	۲۴/۵	۱۰	F5 (ترانزیشن پیس)
IN617			۲	GT13E2 (سیلو)
Hast. X			۱۸	MW701D (لاینر)
Hast. X			۱۸	MW701D (ترانزیشن)
Hast. X	۲۰۵/۶	۲۵/۷	۸	Acec-Fiat TG20 (ترانزیشن)
Hast. X	۱۵۹/۲	۲۰/۴	۸	Acec-Fiat TG20 (لاینر)
V93.1 (NiCr20Ti or Nim75)	۳۸۰۰		۲	V93.1 (سیلو)

۱-۱-۴-دیسک‌های توربین

در توربین‌های زمینی به دلیل آنکه وزن ازجمله پارامترهای اصلی انتخاب مواد بشمار نمی‌رود دیسک و روتور معمولا از جنس فولادهای با ۱۲٪ کرم ساخته شده و در مواردی که استحکامهای بالاتری مورد نظر باشد از انواع پیشرفته‌تر اینگونه آلیاژها استفاده می‌شود. در عین حال برای افزایش دما در توربینهای گازی پرفشار جدید تمایل به جایگزینی این آلیاژها با الیاژهای پایه نیکل وجود دارد. ازجمله مواد پیشنهاد شده در این زمینه می‌توان به آلیاژ IN706 اشاره نمود که مشابه آلیاژ IN706 است.

IN706 بطور گسترده‌ای برای ساخت دیسک در توربینهای هوایی استفاده می‌شود. ترکیب این دو آلیاژ در جدول ۱۱ نشان داه شده است. مهم‌ترین تفاوت دیسک توربین هوایی و زمینی ابعاد و اندازه آن است که موجب شده تا اصلاحاتی در آلیاژهای مورد استفاده در توربینهای هوایی انجام شود تا قابلیت ساخت آنها در عین حفظ خواص توسعه یابد. شرکت جنرال الکتریک مهمترین ملزومات در این خصوص را به شکل زیر درنظر گرفته است.

- عاری بودن از جدایش در قطعات فورج شده بزرگ
- کارپذیری گرم با توجه به ظرفیت تجهیزات فورج موجود
- قابلیت ماشینکاری بالاتر از IN718
- افزایش نیافتن هزینه‌ها در مقایسه با IN718

برای دستیابی به اهداف فوق تکنیکهای پیشرفته تصفیه مذاب مورد استفاده قرار گرفته و شمشهای عاری از جدایش ماکروسکوپی عناصر آلیاژی تهیه می‌شود. این شمشها سپس فورج عملیات حرارتی می‌شوند تا خواص مکانیکی بهینه در آنها ایجاد شود.

جدول ۱۱- ترکیب شیمیایی آلیاژهای مورد استفاده در ساخت دیسکهای توربین

Table 5. Compositions of typical Ni-base disc alloys (in weight percent)

Alloy	Cr	Co	Mo	Nb	Al	Ti	Ni	C	Bal
IN706	16	1.0 max	__	3	0.4 max	1.75	31.5	0.06 max	Fe
IN718	19	1.0 max	3	5	0.5	0.9	53	0.08 max	Fe

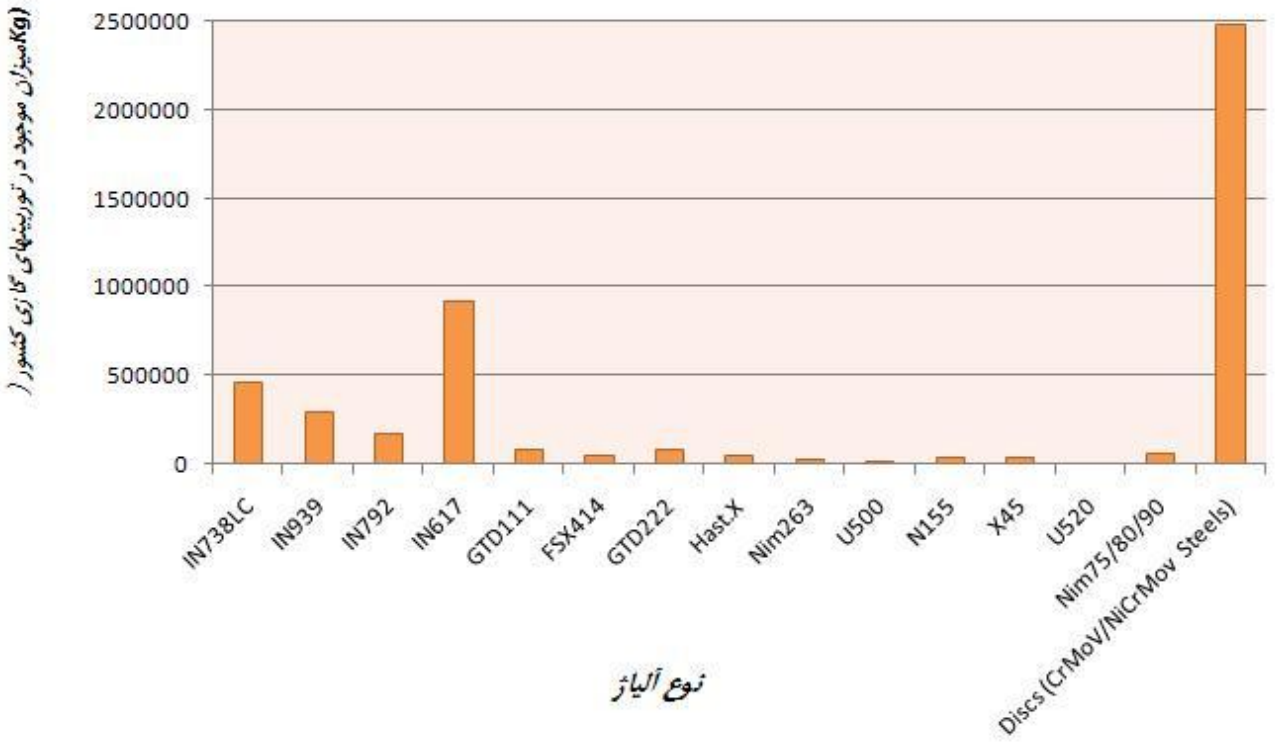
انواع آلیاژهای مورد استفاده در ساخت دیسک توربین در نیروگاههای ایران در جدول ۱۲ آورده شده است. لازم به ذکر است که تمامی این آلیاژها از انواع فولادهای آلیاژی حاوی ۱۲ درصد کروم همراه با عناصر آلیاژی نظیر Mo، Nb، V و W بوده و لذا از ذکر آنالیز جزئی آنها صرف‌نظر می‌شود.

جدول ۱۲- مواد مورد استفاده در ساخت انواع دیسک توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل توربین
CrMoV / CrMoVWNb Steels	۱۲۶۵۹	۲۶۸۸-۳۵۶۰	۴	V94.2 (دیسکهای ردیف

				۱ الی ۴)
CrMoV Steels			۳	F9 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۳)
CrMoV Steels	۳۵۹۲	۱۵۵۱-۲۰۴۱	۲	F5 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۲)
CrMoV / CrMoVWNb Steels			۵	GT13E2 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۵)
NiCrMoV Steels			۳	MW701D (دیسکهای ردیف ۱ الی ۳)
NiCrMoV Steels			۳	Acec-Fiat TG20 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۳)
CrMoV Steels	۶۱۶۳	۱۳۱۲-۱۷۳۰	۴	V93.1 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۴)

با توجه به اطلاعات جمع بندی شده در جداول ۷، ۸، ۱۰ و ۱۲ میزان مصرف آلیاژهای مختلف مصرفی در یک ست پره‌های متحرک و ثابت، قطعات محفظه احتراق و دیسک‌ها در توربین‌های گازی وابسته به وزارت نیرو و سهم هر یک از آنها در شکل ۱۲ ارائه شده است.



شکل ۱۲- میزان آلیاژهای مصرف شده در یک ست از پره ها، قطعات محفظه احتراق و دیسکهای توربینهای گازی وابسته به وزارت نیرو

با توجه به برآوردهای فوق، تنها در توربین‌های گازی وابسته به وزارت نیرو (گردآوری شده از کتاب آمار تفصیلی صنعت برق) درحدود ۲۵۰۰ تن انواع سوپرآلیاژ و ۲۵۰۰ تن انواع فولادهای آلیاژی بعنوان مواد داغ در یک ست از پره‌ها، قطعات محفظه احتراق و دیسک‌های توربین موجود است. مقادیری بمراتب بیشتر از انواع فولادهای آلیاژی بعنوان مواد داغ در بخشهای روتور، شرود، سیل و ... واحدهای گازی و همچنین بعنوان مواد داغ در توربین‌ها و بویلرهای نیروگاههای بخاری وجود دارد. اکثر این مواد از خارج کشورتامین می‌شوند.

با در نظر داشتن سهم واحدهای نیروگاهی خارج از مجموعه وزارت نیرو و نیز میزان مصرف مواد داغ در قطعاتی نظیر روتورها، شرودها و ... که در محاسبات فوق لحاظ نگردیده‌اند، می‌توان میزان آلیاژ مصرفی در یک ست از قطعات داغ واحدهای گازی را بمراتب بیشتر از مقادیر فوق‌الذکر (حداقل ۳۰۰۰ تن فولاد و ۳۰۰۰ تن انواع سوپرآلیاژها) در نظر گرفت.

با در نظر داشتن قیمت کلی مواد اولیه و نیز فرایند ساخت قطعات با پیچیدگی مختلف از جنس فولاد یا سوپرآلیاژ، ارزش موجودی کنونی مواد داغ موجود در یک ست از پره‌ها، قطعات محفظه احتراق و دیسکهای توربین، تنها در توربین‌های گازی بیش از۹۰۰ میلیارد تومان و ارزش قطعات ساخته شده با این مواد بیش از ۵۰۰۰ میلیارد تومان تخمین زده می‌شود. همچنین با توجه به تعداد واحد گازی مولد برق موجود در کشور و ارزش هر روتور موجود در واحدهای گازی (در نظر گرفتن فقط روتور گرم موجود در بخش توربین بدون در نظر گرفتن دیسکهای آن که پیشتر در محاسبات منظور شده است) به ارزش تقریبی ۲ میلیارد تومان، ارزش کل روتورهای واحدهای گازی نیروگاهی نیز در حدود ۷۰۰-۶۰۰ میلیارد تومان خواهد بود. بنابراین می‌توان با یک تقریب اولیه، ارزش یک ست از قطعات داغ موجود در توربین‌های گازی کشور را شامل پره‌ها، قطعات محفظه احتراق، روتورها، دیسکها، شرودها و ... در حدود ۷۰۰۰-۶۰۰۰ میلیارد تومان تخمین زد. با در نظر گرفتن ارزش خرید هر واحد گازی با توان تقریبی ۱۴۰-۱۳۰ مگاوات (تقریبا مساوی با متوسط ظرفیت واحدهای گازی نصب شده در کشور) در حدود ۵۰۰-۳۰۰ دلار، قیمت یک ست از قطعات داغ واحدهای گازی کشور شامل پره‌ها، دیسک‌ها، روتورها و قطعات محفظه احتراق در حدود قیمت ۴۰۰۰ مگاوات توان نصب شده در کشور می‌باشد.

نکته بسیار مهم در این خصوص توجه به این موضوع است که ارزش اقتصادی فوق تنها برای یک ست از قطعات داغ مصرفی در واحدهای گازی است. باید این نکته را مد نظر داشت که در طول عمر یک واحد گازی، اگرچه برخی از قطعات سرد واحد، عمری بسیار طولانی و در حد عمر واحد (مثلا ۳۰ سال) دارند اما بسیاری از قطعات داغ واحدهای گازی عملا در یک محدوده ۱۰-۵ ساله نیاز به تعویض کامل دارند. بنابراین اگر ارزش طولانی مدت واحدهای گازی را مدنظر داشته باشیم، ارزش قطعات داغ می‌تواند تا چند برابر نسبت به ارزش سایر قطعات سرد فزونی داشته باشد.

۱-۲- دیدگاه سیاسی و اجتماعی

با توجه به اینکه قطعات داغ واحدهای نیروگاهی جزء قطعات استراتژیک برای تامین برق مطمئن می‌باشند، هرگونه کمبود در این زمینه می‌تواند عواقب سیاسی و اجتماعی گسترده را در پی داشته باشد. تامین برق مطمئن و با کیفیت همواره یکی از نیازهای توسعه کشورها بوده است و برای این منظور، آمادگی واحدهای نیروگاهی در زمانهای مختلف اهمیت بالایی دارد. در صورت تامین مواد و قطعات داغ نیروگاهی به میزان مورد نظر و با حفظ ذخیره‌های لازم، می‌توان امیدوار بود که میزان خاموشی‌های ناشی از این پدیده را به صفر رساند.

با توجه به اینکه در حال حاضر قسمت عمده مواد داغ نیروگاهی از خارج کشور تامین می‌گردد، وضع تحریم‌های ظالمانه در سالهای اخیر، تامین این مواد را با مشکلات عدیده‌ای مواجه نموده است. تدوین تکنولوژی ساخت این مواد و استفاده از پتانسیلهای موجود داخلی برای ساخت و تهیه این مواد از آرزوهای همیشگی دست‌اندرکاران بوده و این امر ضرورت توجه بیشتر به این مقوله را خاطر نشان می‌سازد.

در سالهای اخیر با توجه به شرایط سیاسی و اجتماعی کشور، تدوین سیاستهای اقتصاد مقاومتی بعنوان یکی از راهبردهای اساسی جهت دستیابی به اهداف والای توسعه همه جانبه کشور، توانسته است که مشکلات تحمیلی را تا حد زیادی مرتفع نماید. در این راستا، استفاده از حداکثر توان داخلی در جهت ساخت مواد و قطعات وارداتی می‌تواند ضمن حمایت از تولیدکنندگان داخلی، زمینه عدم نیاز به دیگران را نیز تا حد زیادی فراهم آورد. بدیهی است که مقوله مواد و قطعات داغ نیروگاهی، بدلیل نیاز اساسی کشور به آنها از جایگاه ویژه ای در این زمینه برخوردار است.

با توجه به برنامه‌های طولانی مدت کشور برای ارتقای همه جانبه علمی–فرهنگی و سیاسی در سطح منطقه‌ای و بـین‌المللـی، پژوهش در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌تواند ضمن افزایش دانش کاربردی، کشور را به یکی از کشورهای پیشـرو در این زمینه در سطح منطقه تبدیل نماید. با توجه به کاربردهای گسترده این مواد در صنایع پیشرفته نظامی، پزشکی، نیروگاهی، و ...، افزایش دانش در این زمینه می‌تواند منجر به توسعه سایر محدوده‌های دانشی در کشور گردد.

۱-۳- دیدگاه قانونی

با بررسی برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴ که خود برگرفته از برنامه‌های توسعه بلند مدت کشور می‌باشد، الزامات قانونی درخصوص لزوم تدوین سند راهبردی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی و همچنین نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر در این مقوله مشخص می‌گردد. در بخش ماموریت‌ها و چشم‌اندازهای تدوین شده برای وزارت نیرو اعلام شده است که این سازمان با برخورداری از مدیریت دانش محور و منابع انسانی کارآمد به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در زمینه برق مطمئن و پایا در جهان پیشرو شناخته شده و به عنوان مرکز راهبری برق در منطقه تثبیت شود. بدیهی است که دستیابی به این اهداف عالی در گرو تامین کالاهای مورد نیاز در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع برق بوده و در بخش تولید، می‌بایستی توجه ویژه به قطعات داغ نیروگاهی بعنوان حیاتی‌ترین قطعات و کالاهای مورد نیاز برای تولید برق مطمئن و پایا معطوف گردد.

در بند ۷ از برنامه‌های راهبردی وزارت نیرو که بر ارتقاء سطح کارامدی صنعت برق کشور تاکید شده است، توسعه روش‌های نوسازی و بهینه‌سازی واحدهای تولید، تلاش برای ارتقاء راندمان و توسعه ظرفیت‌های تولید مورد تاکید قرار گرفته است. بدیهی است که توسعه ظرفیت‌های تولید و ارتقاء این واحدها بایستی بر مبنای روش‌های بهینه‌سازی طراحی و ساخت قطعات مصرفی در آنها و بخصوص قطعات داغ چنین واحدهایی انجام پذیرد و این امر جز در سایه تدوین یک برنامه کلان راهبردی در این زمینه میسر نخواهد شد. همچنین در برنامه‌های راهبردی مرتبط با پژوهش و در فصل هفتم این برنامه‌های راهبردی، بر گسترش پژوهش‌های کاربردی و توسعه‌ای، تجاری‌سازی و ماموریت‌گرا کردن تحقیقات و نوآوری‌ها و شناسایی فناوری‌های نوین تاکید شده است. با بررسی حجم فعالیت‌های تحقیقاتی تجاری شده در ۲۰ ساله گذشته در کشور در بخش صنعت برق، می‌توان ملاحظه کرد که کاراترین و مهم‌ترین بخش این تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای تجاری شده، مربوط به فعالیت‌های تحقیقاتی در خصوص قطعات داغ نیروگاهی و بخصوص توربین‌های گازی بوده است. این امر بخوبی نشان می‌دهد که در

صورت تدوین یک برنامه کلان استراتژیک و راهبردی در این رابطه، می‌توان مناسبترین نتایج را با بیشترین بازدهی عاید کشور و صنعت برق نمود.

و بالاخره آنکه در بخش ماموریت، چشم انداز، و راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق، مقرر گردیده است که وزارت نیرو با سیاستگذاری، برنامه‌ریزی، سازماندهی و هدایت، صنعت آب و برق کشور را در این زمینه یاری می‌رساند. این بخش فعالیتهای خود را از گستره ملی به سطح بین‌المللی و به ویژه بازارهای منطقه گسترش داده و با بهره‌گیری کارآمد از منابع انسانی متعهد و متخصص در بخشهای دولتی و غیردولتی، مسئولیت خویش را در قبال رشد اقتصادی، توسعه زیرساختها و کارآفرینی ایفا می‌نماید. وزارت نیرو در بخش پشتیبانی صنعت آب و برق درصدد است تا با بهره‌مندی ازمدیریت کارآمد در بخشهای دولتی و غیردولتی و با تأکید بر خوداتکایی به‌گونه‌ای عمل کند که کشور در تولید تجهیزات و خدمات فنی و مهندسی سرآمد منطقه باشد. این امر هنگامی میسر خواهد شد که در ابتدا سند کلان صنعت برق در خصوص ساخت مواد، کالاها و قطعات مختلف مصرفی در بخشهای تولید، انتقال و توزیع نیرو تدوین گردد. با توجه به نقش کلیدی قطعات داغ در واحدهای تولید برق و فقدان یک سند جامع در این خصوص، تدوین چنین سندی درخلال انجام پروژه حاضر در دستور کار قرار گرفته است.

۲-تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند

۲-۱-تبیین سطح تحلیل

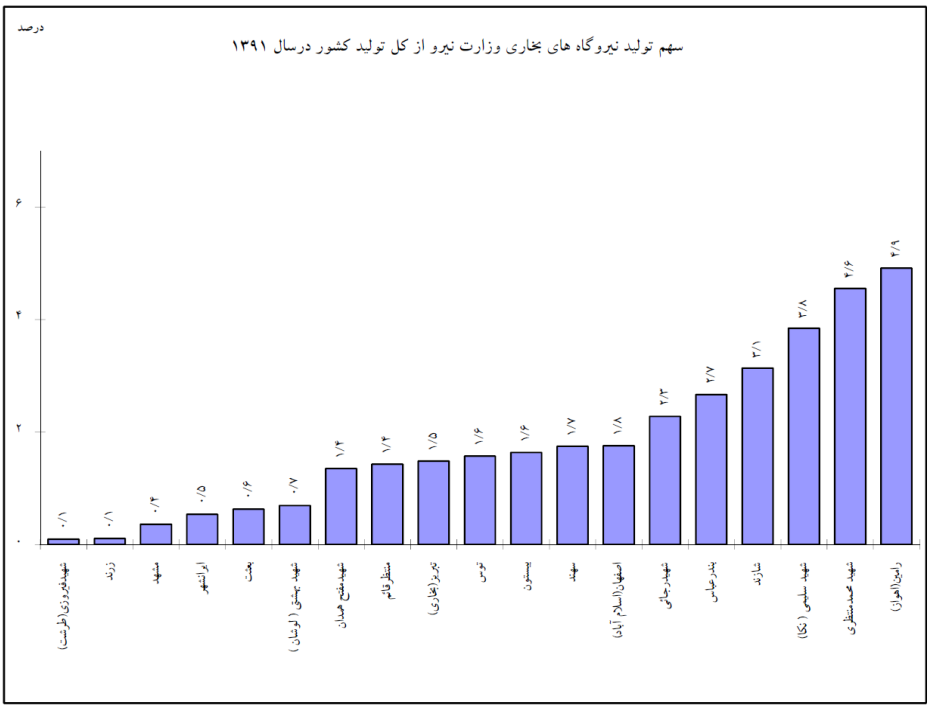
با توجه به تأثیر فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی را می‌توان در سطوح مختلفی به انجام رساند. این سطوح را می‌توان در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم نمود. سطح منطقه‌ای به تصمیم‌گیری در مورد زیر بخش‌های ملی ازلحاظ ایجاد کسب وکارهای دانش‌بنیان می‌پردازد. از بعدی دیگر (فرای جغرافیا) اسناد راهبردی را می‌توان در سطوح بخشی و فناورانه نیز تدوین کرد. سطح بخشی به تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه یک صنعت خاص می‌پردازد. سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص را هدف مطالعه قرار می‌دهد که امکان استفاده از آن فناوری در چندین بخش یا صنعت مختلف نیز وجود دارد. برای تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد

و قطعات داغ نیروگاهی لازم است تا سطح تحلیل در دو بعد جغرافیا و تخصص تعیین گردد. مشخص شدن این سطح در تعیین اندازه مرزهای سیستم تحت مطالعه و انتخاب نوع ابزارهای سیاست‌گذاری و تدوین راهبرد مؤثر خواهد بود.

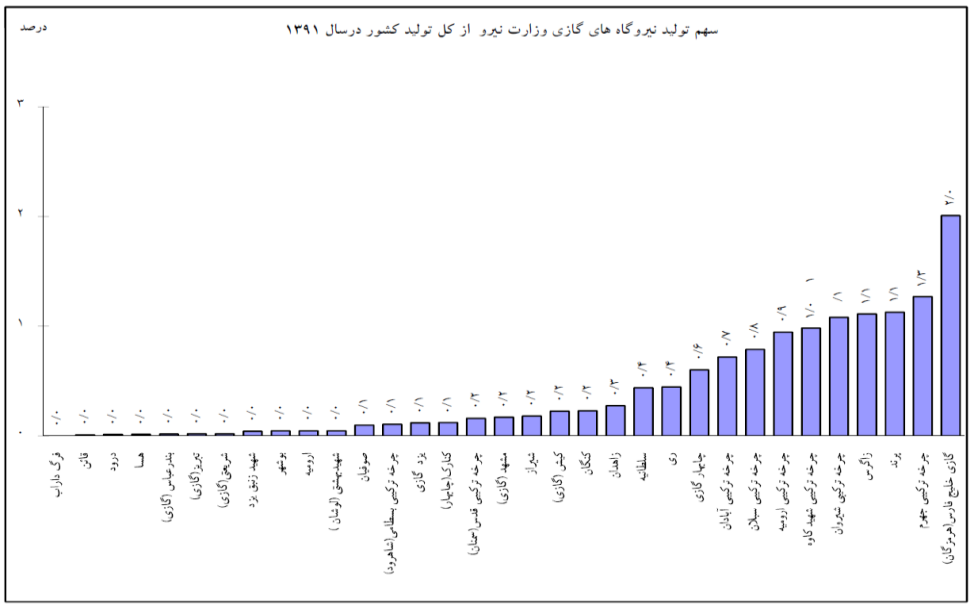
۲-۱-۱-سطح جغرافیایی

سطوح را می‌توان در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم نمود. سطح منطقه‌ای به تصمیم‌گیری در مورد زیر بخش‌های ملی توانمند از لحاظ ایجاد کسب وکارهای دانش‌بنیان می‌پردازد. سطح ملی بیانگر تصمیمات دولت‌ها در توسعه اقتصادی مرتبط با بخش‌ها و فناوری‌های موجود در یک کشور است. سطح فراملی نیز بیانگر همکاری‌های بین‌المللی در برنامه‌ریزی برای توسعه محصولات و فناوری‌ها است.

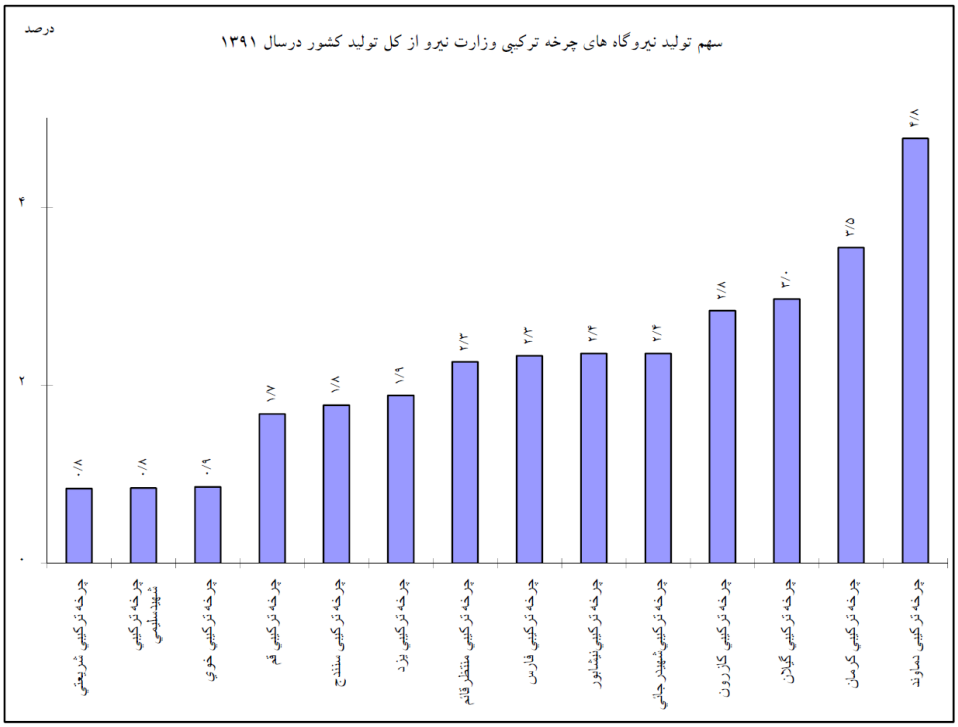
نیروگاه‌های حرارتی مولد برق در ایران در منطقه جغرافیایی خاصی متمرکز نبوده و در استان‌های مختلف کشوری پراکنده شده‌اند. نحوه پراکندگی نیروگاه‌ها به تفکیک نوع نیروگاه و سهم آن در تولید برق کشور در شکل‌های (۱۳) تا (۱۵) نشان داده‌شده است.



شکل۱۳- پراکندگی نیروگاه‌های بخاری در ایران



شکل۱۴- پراکندگی نیروگاه‌های گازی در ایران



شکل۱۵- پراکندگی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در ایران

چنانچه در شکل‌های فوق نشان داده‌شده است، تولید برق توسط نیروگاه‌های حرارتی در سطح کشور بطور پراکنده توزیع شده و بهترین راهبرد در این زمینه توجه به دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سطح ملی است.

۲-۱-۲-سطح فناورانه

موضوع طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در صنایع مختلفی می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. شایان‌ذکر است فنّاوری توربین‌های گازی که جهت تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند برای ساخت توربین‌های گازی هوایی که در هواپیماهای نظامی و غیرنظامی استفاده می‌شوند نیز بکار برده می‌شوند. از طرف دیگر مواد مورداستفاده جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت انواع قطعات در صنایع مختلف دیگر نیز استفاده می‌شود. همچنین بسیاری از کارخانه‌های بزرگ مثل ذوب‌آهن برای تأمین بخشی از برق مصرفی یا تولید بخار، انواع کوچک نیروگاه‌های بخار یا توربین‌های گازی کوچک را بکار می‌برند. همچنین موتورهای توربینی برای پمپاژ نفت و گاز و سایر موارد در صنایع نفت و گاز استفاده می‌شوند. مهم‌ترین صنایعی که با مواد و قطعات داغ نیروگاهی مرتبط می‌باشند به شرح زیر است:

- صنایع نیروگاهی

  نیروگاه گازی

  نیروگاه بخار

  نیروگاه سیکل ترکیبی

- صنایع نفت و گاز
- صنایع پتروشیمی
- صنایع هواپیمایی

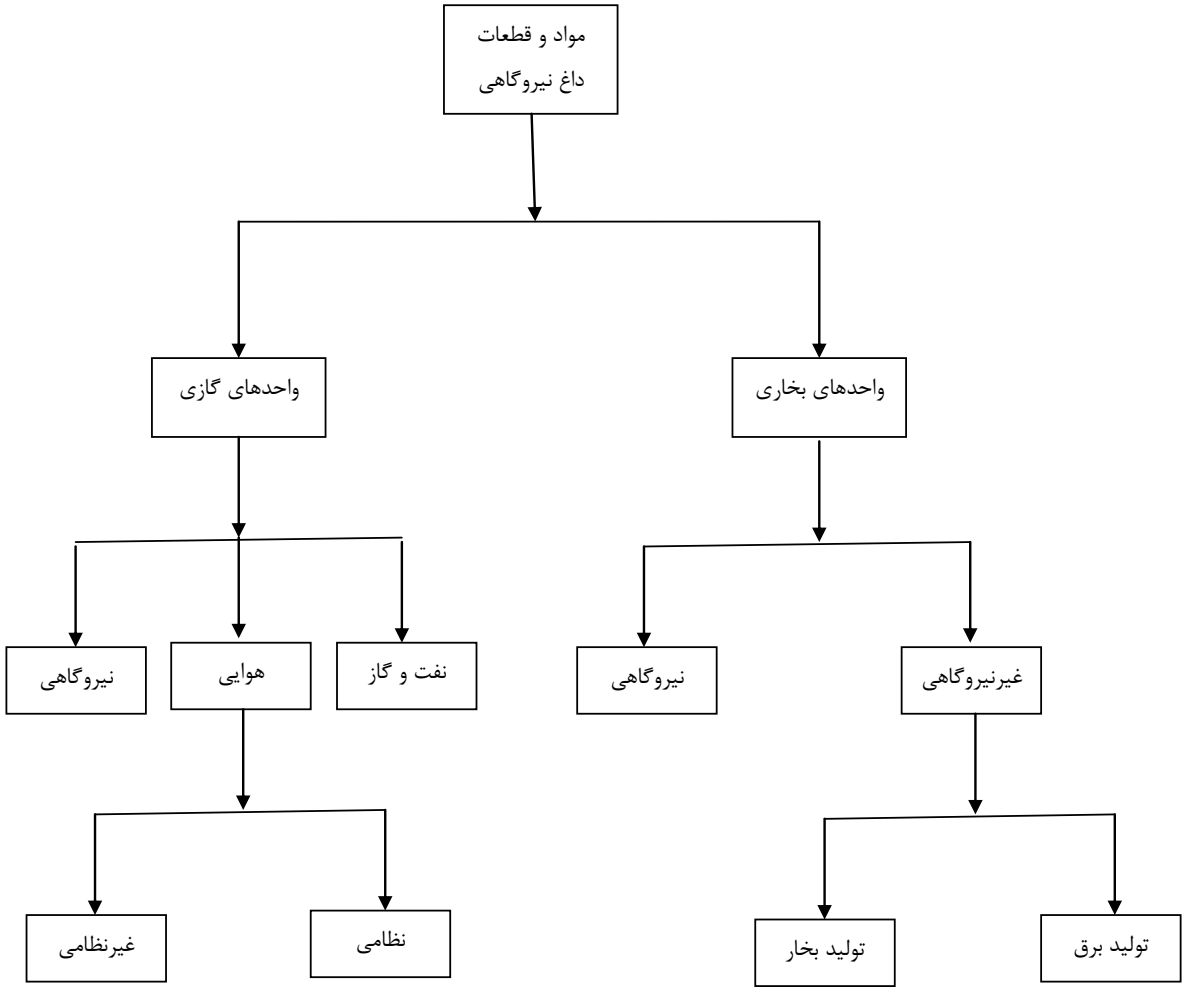
  موتورهای توربینی نظامی

  موتورهای توربینی غیرنظامی

- صنایع دفاعی و هسته‌ای

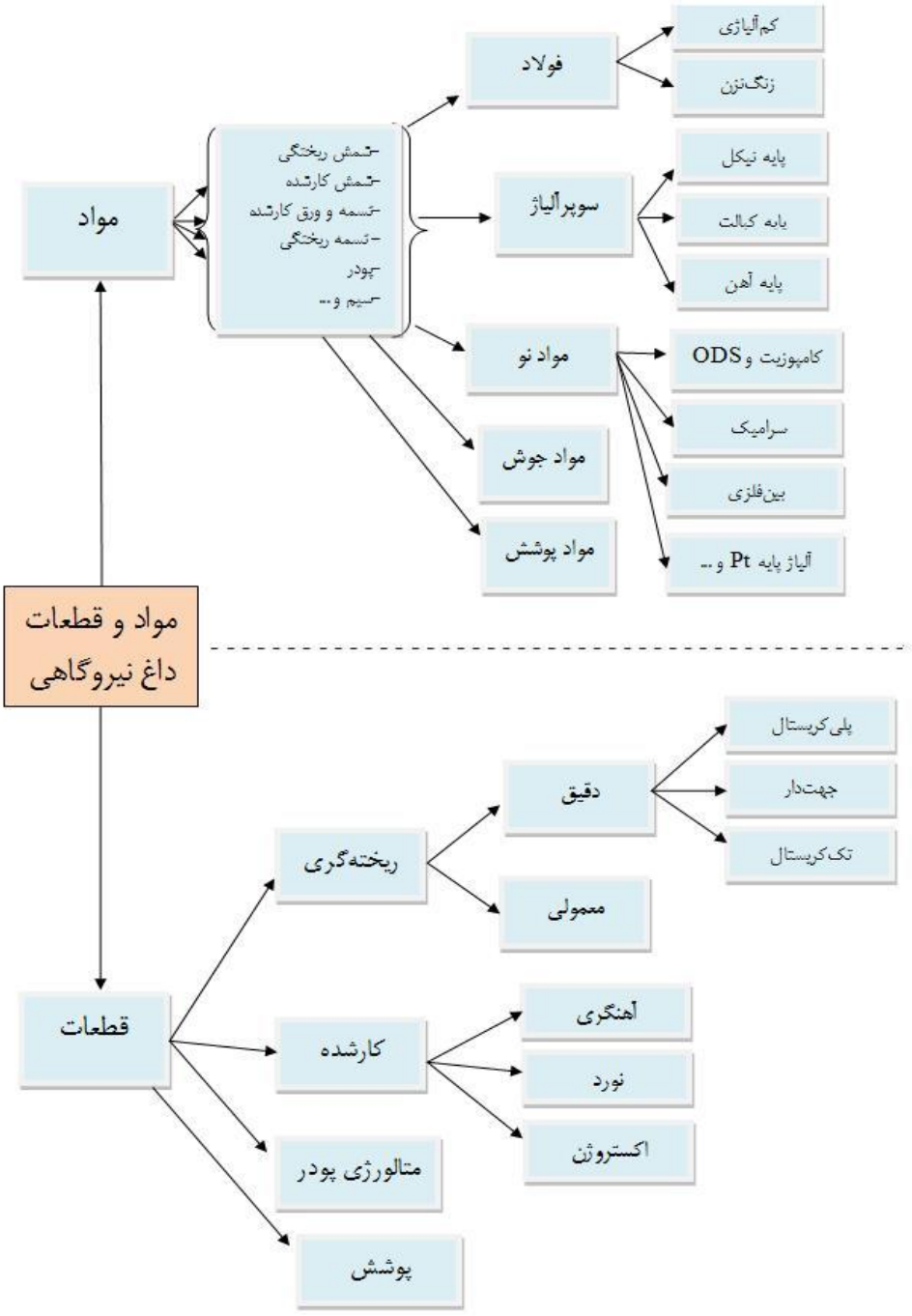
برخی صنایع دیگر نیز نظیر صنایع مربوط به کوره‌های ذوب و عملیات حرارتی، صنایع پزشکی، توربوشارژرها، ابزار و قالب‌های شکل‌دهی و ریخته‌گری، شیرها و پمپ‌های خاص و ... از برخی مواد دمای بالا استفاده می‌نمایند که با توجه به استفاده از این مواد در صنایع غیر نیروگاهی، از ذکر آنها در این گزارش صرف نظر شده است.

در کل با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، موارد استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی را به‌صورتی که در شکل (۱۶) نشان داده‌شده می‌توان در نظر گرفت. با توجه به آنکه واحدهای سیکل ترکیبی را می‌توان ترکیب همزمان واحدهای گازی و بخاری در نظر گرفت، در این شکل این واحدها بطور مجزا ذکر نشده‌اند.



شکل ۱۶- کاربرد مواد و قطعات داغ نیروگاهی در صنایع مختلف

سطح فناورانه یک فناوری خاص را هدف مطالعه قرار می‌دهد که امکان استفاده از این فناوری در چندین بخش یا صنعت مختلف نیز وجود دارد. برای تعیین سطح فناورانه، تحلیل فنّاوری‌های مورداستفاده در دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی موردبررسی قرار گرفت. بر اساس مطالعات انجام‌شده سطح فناورانه تحلیل به‌صورت شکل ۱۷ ارائه می‌شود.



شکل۱۷- انواع مواد و قطعات داغ نیروگاهی و فناوریهای مرتبط با ساخت آنها

۲-۱-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی

منطقه‌بندی تکنولوژیها را می‌توان با توجه به اینکه ازنظر ساختار فنی آیا حوزه دانشی، محصول و یا مجموعه‌ای از محصولات را در برمی‌گیرد انجام داد. بر این اساس توسعه فناوری را می‌توان در سه واحد تحلیل فناوری به معنی یک حوزه دانشی، محصول و مجموعه‌ای از محصولات مرتبط باهم و باهدف برآوردن کارکردی خاص مورد بررسی قرار داد. این تقسیم‌بندی را بر اساس معیارهای زیر می‌توان انجام داد.

- حوزه دانشی: تأکید بر یک فناوری و زیر فناوری‌های آن با درنظرگرفتن قابلیت استفاده در کاربردها و محصولات مختلف
- محصول فنآورانه: محوریت قرار گرفتن یک محصول و بررسی فن‌آوری‌ها و کاربردهای مرتبط با آن
- بخش‌فن‌آورانه: هدف، تحلیل و بررسی یک بازار خاص و مجموعه‌ای به‌هم‌پیوسته از محصولات موردنیاز یک حوزه است.

شایان‌ذکر است دانش و فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات نیروگاهی هر سه حوزه فناوری، تولید محصول و مجموعه‌ای به‌هم‌پیوسته از محصولات موردنیاز یک حوزه را دربر می‌گیرد. درنتیجه، قبل از تعیین حوزه غالب در این زمینه ابتدا محصولات و فن‌آوری‌های اصلی مطرح در طراحی و ساخت مواد و قطعات نیروگاهی را موردبررسی قرار می‌دهیم.

برخی از مهم‌ترین قطعات داغ نیروگاهی به شرح زیر است.

- **نیروگاه بخار:**

- لوله‌های بویلر
- لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر
- پره‌های ثابت و متحرک توربین
- روتور
- مسیر انتقال بخار
- پوسته توربین
- پیچ و مهره‌های مورد استفاده در دمای بالا

- انواع ولوهای نیروگاهی
- هدر و درام

- **نیروگاه گازی:**

- پره‌های ثابت و متحرک توربین
- روتور و دیسک
- محفظه احتراق
- مسیر انتقال گازهای داغ
- پوسته توربین
- انواع شرودها
- انواع سیلها

مهم‌ترین مواد مورداستفاده در ساخت قطعات نیروگاهی را به‌صورت زیر می‌توان در نظر گرفت.

- فولادهای کم آلیاژ و آلیاژی
- فولادهای زنگ‌نزن
- سوپرآلیاژها
- فلزات و آلیاژهای فلزات دیرگداز (مثل رنیم،پلاتین، تنتالم، نیوبیوم، مولیبدن، تنگستن)
- ترکیب‌های بین فلزی (مثل تیتانیم آلومیناید، نیکل آلومیناید)
- ترکیب‌های غیرفلزی مثل سرامیک‌ها و کامپوزیت‌ها (مثل کامپوزیت کربن-کربن)
- پوشش‌های دمای بالا

مواد و قطعات داغ نیروگاهی با استفاده از فن‌آوری‌های مختلفی تولید می‌شوند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است.

- ذوب در خلأ
- ذوب در اتمسفر کنترل شده

- ذوب در اتمسفر معمولی
- فرایندهای تصفیه مذاب
- فرایندهای آلیاژسازی
- ریخته‌گری معمولی
- ریخته‌گری دقیق
- ریخته‌گری پلی کریستال
- ریخته‌گری جهت‌دار
- ریخته‌گری تک کریستال
- نورد
- آهنگری قطعات داغ
- ماشین‌کاری قطعات داغ
- متالورژی پودر قطعات داغ
- فرایند HIP
- فرایندهای پوشش دهی
- فرایندهای جوشکاری و عملیات حرارتی

از نگاه مرزبندی فنی، برخی از فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در ایران ازلحاظ بلوغ فنی در مراحل ابتدایی چرخه عمر خود قرار داشته و هنوز به‌طور کامل به یک محصول تجاری تبدیل نشده است. همچنین به علت عدم شکل‌گیری محصول کامل از این فناوری، بازاری که به‌طور متمرکز بر این فناوری تمایل پیداکرده باشد نیز شکل‌گیری پیدا نکرده است. بنابراین در شرایط فعلی، واحد تحلیل مناسب برای توسعه و سیاست‌گذاری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در ایران، سطح فناوری حوزه دانشی برای اغلب زمینه‌ها و سطح محصول برای برخی از زمینه‌ها است.

۲-۲-تبیین افق زمانی تحلیل

اسناد راهبردی با در نظر گرفتن افق‌های برنامه‌ریزی برای اقدامات و فعالیت‌ها معنی می‌یابد. دلیل برنامه‌ریزی و افق‌های برنامه‌ریزی بلندمدت در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن و تغییرات محتملی است که بر نحوه توسعه فناوری و فرایند تصمیم‌گیری اثرگذار است. افق برنامه‌ریزی می‌تواند بلندمدت (۱۵–۲۵ ساله)، میان‌مدت (۵–۱۵ ساله) یا کوتاه‌مدت (۱–۵ ساله) باشد. معمولاً افق برنامه‌ریزی در اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی می‌تواند بلندمدت یا میان‌مدت باشد که در فاصله‌های ۵ ساله مورد ارزیابی و بازنگری قرار می‌گیرند.

با توجه به سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی، وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق می‌بایست به‌گونه‌ای عمل کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و باکیفیت مناسب در حد استانداردهای جهانی سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران را به‌عنوان مرکز راهبری شبکه برق منطقه تثبیت کند. همچنین توسعه صنعت برق در نقشه جامع علمی کشور و سایر برنامه‌های ۵ ساله و میان‌مدت دولتی موردتوجه قرارگرفته است.

برای تعیین افق زمانی سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی موارد زیر را می‌توان مورد توجه قرارداد:

- صنایع نیروگاهی وسعت و تنوع زیادی داشته و نیاز داخلی به آن بسیار گسترده است. علاوه بر این اسناد راهبردی بالادستی توسعه وسیع این صنایع را در سطح ملی و منطقه‌ای در مدنظر قرار داده‌اند.
- طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فناوری‌های مختلفی را دربر می‌گیرد که بخش قابل‌توجهی از آن‌ها در داخل کشور در مراحل ابتدایی خود قرار دارند.
- طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در برخی از زمینه‌ها نیازمند بررسی‌های تحقیقاتی و دانش‌بنیان در قالب طرح‌های کلان میان‌مدت است.

- طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مجموعه‌ای از فناوری‌های به‌هم پیوسته را در برمی‌گیرد که به‌صورت زنجیروار به یکدیگر وابسته بوده و توسعه هرکدام مستلزم تکمیل حلقه فناوری قبلی است. این پدیده افق زمانی سند توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را طولانی می‌نماید.

با توجه به مجموعه ملاحظات فوق، افق برنامه‌ریزی سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را می‌توان به صورت میان‌مدت (۱۰ تا ۱۵ سال) در نظر گرفت که در فاصله‌های ۵ ساله مورد ارزیابی و بازنگری قرار می‌گیرد.

۲-۳- مرزبندی محتوایی یا ساختاری

مرزبندی محتوایی برای جدایی سیستم از محیط و تشخیص عوامل داخلی اثرگذار بر توسعه فن‌آوری از عوامل خارجی آن ضروری است. با داشتن نگاهی سیستمی، نظام توسعه فن‌آوری از چهار جزء کنشگران، نهادها، شبکه‌ها و فن‌آوری‌ها تشکیل‌شده است.

۲-۳-۱-کنشگران

در توسعه فن‌آوری، کنشگر را می‌توان مترادف با ذینفع در برنامه‌ریزی راهبرد سازمانی قلمداد نمود. بر این اساس، کنشگر عبارت است از فرد، گروه و یا سازمانی که می‌تواند بر ورودی‌ها و یا برون داده‌های یک سیستم تأثیر بگذارد و یا از خروجی‌های آن تأثیر بپذیرد. کنشگران یک سیستم به دودسته کلی کنشگران داخلی و کنشگران خارجی تقسیم می‌شوند.

برای بررسی کنشگران طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ابتدا عوامل تأثیرگذار را به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌نماییم.

- تولیدکنندگان
- بهره‌برداران
- موسسه‌های تحقیقاتی

-**تولیدکنندگان:** تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی با توجه به نوع ماده، قطعه و فناوری موردنیاز در سطوح مختلفی قرار می‌گیرند. برخی از مواد و قطعات توسط شرکت‌های خارجی تأمین‌شده و در برخی از موارد شرکت‌های داخلی به‌صورت مستقل یا با همکاری با شرکت‌های خارجی محصول یا مجموعه‌ای از محصولات را تولید می‌کنند. همچنین فن‌آوری تولید برخی از محصولات به‌صورت پراکنده در داخل کشور موجود است. در برخی از زمینه‌ها نیز تولید در ابعاد آزمایشگاهی و تحقیقاتی انجام می‌گیرد. بر این اساس، تولیدکنندگان فعال در زمینه طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را به شکل زیر می‌توان در نظر گرفت.

-**تولیدکنندگان خارجی:** عمدتاً شرکت‌هایی را در برمی‌گیرد که در ایران در طی سالیان مختلف مبادرت به ساخت و نصب نیروگاه‌های حرارتی کرده‌اند. برخی از مهم‌ترین این شرکت‌ها به شرح زیر می‌باشند. لازم به ذکر است که برخی از این سازندگان در حال حاضر دیگر وجود نداشته و با دیگر سازندگان ادغام گردیده‌اند.

- نیروگاه‌های گازی:

- زیمنس
- هیتاچی
- میتسوبیشی
- فیات
- آسک
- جنرال‌الکتریک
- آاگ
- آنسالدو
- بی‌بی‌سی
- آلستوم
- سولزر

- سایر شرکت‌های سازنده خارجی که در تعامل با شرکت‌های اصلی سازنده قطعات و واحدهای گازی، مواد و یا قطعات مورد نیاز برای ساخت را فراهم می‌نمایند. مهم‌ترین شرکت‌های مربوطه در زمینه مواد داغ نیروگاه‌های گازی عبارتند از شرکت‌های سازنده فولادهای آلیاژی و زنگ‌نزن، شرکت‌های سازنده سوپرآلیاژهای ریختگی یا کارشده، شرکت‌های سازنده پودرهای فلزی و سرامیکی و ...، و در زمینه قطعات داغ نیروگاه‌های گازی شامل شرکت‌های سازنده قطعات فولادی دمای بالا، شرکت‌های سازنده قطعات از جنس سوپرآلیاژ و ...

- **نیروگاه‌های بخار:**

- فرانکو تسی
- آلستوم
- جی ای
- ای بی بی
- فاستر ویلر
- باب کک
- آنسالدو
- شرکتهای سازنده روسی نظیر تکنو پروم اکسپورت (LMZ)
- شرکتهای چینی نظیر Dongfang Boiler Work
- سایر شرکت‌های سازنده خارجی که در تعامل با شرکت‌های اصلی سازنده قطعات و واحدهای بخاری، مواد و یا قطعات مورد نیاز برای ساخت را فراهم می‌نمایند. مهم‌ترین شرکت‌های مربوطه در زمینه مواد داغ نیروگاه‌های بخاری عبارتند از شرکت‌های سازنده فولادهای آلیاژی و زنگ‌نزن و ...، و در زمینه قطعات داغ نیروگاه‌های بخاری شامل شرکت‌های سازنده قطعات فولادی دمای بالا از جمله قطعات فولادی ریختگی، لوله های فولادی، تسمه، شمش و ورق‌های کارشده فولادی و ...

- تولیدکنندگان داخلی

تولیدکنندگان داخلی را می‌توان به دو دسته تولیدکنندگان مواد و تولیدکنندگان قطعات داغ تقسیم نمود. درزمینه مواد اغلب شرکت‌ها در حوزه انواع فولادهای آلیاژی فعال بوده و تولید تجاری انواع سوپرآلیاژ در ایران صورت نمی‌گیرد. برخی از شرکت‌های مهم درزمینه مواد داغ نیروگاهی به شرح زیر است.

- شرکت فولاد آلیاژی یزد
- شرکت فولاد آلیاژی اصفهان
- شرکت فولاد اسفراین
- برخی شرکت‌های خصوصی با پتانسیل تولید مواد داغ نیروگاهی

در زمینه طراحی و ساخت تعداد محدودی از قطعات داغ نیروگاهی، امروزه این فعالیت توسط برخی از شرکت‌های داخلی انجام می‌شود. برخی از این شرکت‌ها با کمک و استفاده از فن‌آوری شرکت‌های خارجی و تحت لیسانس مبادرت به تولید قطعات نموده و برخی دیگر به‌طور مستقل و با تکیه‌بر تجربیات خود، قطعات را تولید می‌کنند. هرچند تولید محصول در اغلب این شرکت‌ها نیز به‌صورت کامل صورت نگرفته و برای تکمیل محصول به فن‌آوری شرکت‌های خارجی متکی می‌باشند. عمده شرکت‌های داخلی درزمینه تولید پره توربین گاز و برخی قطعات محفظه احتراق و نیز لوله‌های بویلر و برخی پره های توربین بخار فعالیت می‌کنند. برخی از مهم‌ترین این شرکت‌ها به شرح زیر می‌باشند.

- شرکت‌های گروه مپنا
- شرکت آذراب
- شرکت سدید
- صنایع شهید محلاتی و دیگر صنایع نظامی
- شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران
- شرکت ثاقب
- شرکت‌های خصوصی که پتانسیل فعال شدن در ساخت قطعات نیروگاهی را دارند.

- بهره‌برداران

قطعات داغ نیروگاهی علاوه بر کاربرد مستقیم در صنایع نیروگاهی در بسیاری از صنایع دیگر که از توربین‌های گازی یا بخار استفاده می‌کنند نیز استفاده می‌شود. علاوه بر این مواد دماباالای مورداستفاده در این حوزه در صنایع دیگر نیز کاربرد دارد. برخی از بهره بردران مهم در این زمینه به‌قرار زیر است.

- وزارت نیرو:

  نیروگاه‌های گازی

  نیروگاه‌های بخار

  نیروگاه‌های سیکل ترکیبی
- سایر تولیدکنندگان برق
- وزارت نفت: توربین‌های گازی پمپاژ نفت و گاز
- وزارت دفاع: توربین‌های گازی موتور هواپیما
- پتروشیمی‌ها
- صنایع هواپیمایی: توربین‌های گازی موتور هواپیما
- سایر صنایع: واحدهای تولید برق و بخار در صنایع، صنایع تولید کوره‌های ذوب و عملیات حرارتی، صنایع تولید شیر و پمپ‌های خاص، ابزار و قالب‌های شکل‌دهی و ریخته‌گری فلزات و ...

- موسسه‌های تحقیقاتی

با توجه به اینکه در ایران بخش قابل‌توجهی از مبانی طراحی و ساخت مواد و قطعات نیروگاهی در حوزه دانش‌بنیان قرار دارد، شرکت‌ها و موسسه‌های تحقیقاتی دولتی و خصوصی در این زمینه فعال می‌باشند. شایان‌ذکر است که برخی از تولیدکنندگان داخلی در این حوزه مثل شرکت موادکاران در ابتدا به‌عنوان بخشی از نهادهای تحقیقاتی فعالیت خود را آغاز نمودند. علاوه بر این، برخی از دانشگاه‌های دولتی با در اختیار داشتن تجهیزات و یا اجرای پروژه‌های تحقیقاتی درزمینه مواد و قطعات داغ

نیروگاهی در این حوزه فعال می‌باشند. مؤسسات تحقیقاتی فوق در صورت حمایت، پتانسیل تولید برخی از مواد و قطعات داغ در مقیاس آزمایشگاهی رادارند. برخی از مهم‌ترین این مراکز به‌قرار زیر است.

- پژوهشگاه نیرو
- پژوهشگاه صنعت نفت
- پژوهشگاه صنایع دفاعی و دانشگاه مالک اشتر
- سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی
- دانشگاه علم و صنعت
- دانشگاه شهید عباسپور
- دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
- دانشگاه صنعتی شریف
- دانشگاه تهران
- دانشگاه فردوسی مشهد
- دانشگاه صنعتی اصفهان

۲-۳-۲- نهادها

نهادها در توسعه فن‌آوری مجموعه قوانین، مقررات، قواعد و استانداردهایی می‌باشند که یا به شکل بازدارنده و یا به‌صورت تحریک‌کننده، به رفتارهای اجتماعی–اقتصادی–صنعتی شکل می‌دهند. تفاوت بین نهادها با کنشگران در این است که کنشگران به اجرا و دنبال کردن فعالیت‌ها می‌پردازند ولی قواعد تنها تعاملات بین آن‌ها را تعریف کرده و چهارچوبی برای انجام فعالیت‌ها ایجاد می‌نمایند.

با توجه به اینکه فن‌آوری طراحی و تولید مواد و قطعات نیروگاهی تقریبا در ابتدای مسیر توسعه خود قرار دارد نهاد دولتی یا خصوصی که به تدوین مجموعه قوانین و استانداردهای موردنیاز در این زمینه اقدام کند تشکیل نشده است. همچنین نهادی که ارتباط و تعاملات بین کنشگران این حوزه را سامان دهد تعریف نشده است. در این زمینه می‌توان شرکت توانیر را به عنوان یک

شرکت دولتی یا برخی از موسسات NGO نظیر سندیکای صنعت برق را بعنوان سازمانهای مردم‌نهاد جهت بر عهده گرفتن وظیفه این نهاد یا شناسایی نهادهای معتبر پیشنهاد نمود.

۲-۳-۳-شبکه‌ها

شبکه‌ها روابط میان سازمانی کنشگرانی هستند که به دنبال دستیابی به اهداف مشترکی می‌باشند. اتحادهای راهبردی، اتحادیه‌های گروه‌های کاری، کمیته‌های فنی، شبکه‌های پروژه، شبکه‌های منطقه‌ای و شبکه‌های سیاسی همگی از انواع شبکه‌های میان کنشگران هستند. برای شناسایی شبکه‌های موجود، می‌توان از طریق شش معیار بنیان‌گذار/سال تأسیس، تمرکز فنی شبکه، کنشگران اصلی درگیر در شبکه، مأموریت شبکه، نوع شبکه و کارکرد شبکه به شناسایی این جزء ساختاری پرداخت.

چنانچه قبلا نیز اشاره شد فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات نیروگاهی در ایران در حدی توسعه‌نیافته است که شبکه‌های دولتی یا خصوصی در این زمینه ایجاد شود. در این حوزه می‌توان به مجموعه شرکت‌های مپنا اشاره نمود که با اهداف از پیش تعریف‌شده به فعالیت درزمینه صنایع نیروگاهی مشغول می‌باشند. البته برای تبدیل‌شدن این گروه به شبکه‌ای فعال در حوزه طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تغییرات و تعاملات وسیعی می‌بایست صورت پذیرد.

۳- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در این بخش جایگاه فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی با توجه به ابعاد ماهیت و چرخه عمر مشخص خواهد شد.

۳-۱-ابعاد ماهیت

از نظر ماهیت کاربردی، فن‌آوری‌ها را می‌توان به چهار بعد مختلف تقسیم‌بندی نمود که عبارت‌اند از سابقه فناوری، پیچیدگی فن‌آوری، تناسب فن‌آوری و حوزه استفاده از فن‌آوری.

۳-۱-۱- سابقه فن‌آوری

بر اساس سابقه، حضور فن‌آوری‌ها به دو دسته فن‌آوری‌های جدید و فن‌آوری‌های موجود تقسیم می‌شوند. فن‌آوری‌های جدید عبارت‌اند از فن‌آوری‌هایی که برای اولین بار در مرز ملی یا بخشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شایان‌ذکر است فن‌آوری جدید لزوماً نوظهور نیست و می‌تواند قبلاً توسط دیگران مورداستفاده قرارگرفته باشد. منظور از سابقه حضور، شکل‌گیری بازار فن‌آوری است. فن‌آوری‌هایی که بازار آن‌ها شکل‌گرفته است را باید جزء فن‌آوری‌های موجود در نظر گرفت.

در حوزه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فن‌آوری‌های متنوعی مورداستفاده قرار می‌گیرد که ازنظر سابقه حضور در ایران متفاوت می‌باشند. برای بررسی سابقه، ابتدا مهم‌ترین فن‌آوری‌های مطرح درزمینه ساخت مواد و قطعات نیروگاهی را با توجه به ملاحظات ارائه‌شده در بخشهای قبلی گزارش تعریف نموده و سپس سابقه این فن‌آوری‌ها در ایران را به‌صورت جدول (۱۳) می‌توان خلاصه نمود.

بررسی‌های انجام‌گرفته در برخی از زمینه‌ها نشان‌دهنده ساخت محصول و شکل‌گیری ابتدایی بازار است. در این زمینه به موارد زیر می‌توان اشاره نمود.

- ساخت مجموعه توربین گازی زیمنس مدل V94.2 توسط شرکت توگا (زیرمجموعه مپنا) و همچنین ساخت برخی پره‌های واحدهای گازی فریم ۹ توسط این شرکت
- ساخت پره‌های F5 و F9 توسط شرکت مواد کاران (زیرمجموعه مپنا) و همچنین ساخت برخی پره ها از انواع دیگر مورد استفاده در توربین های گازی صنایع نفت و پترشیمی توسط این شرکت
- ساخت محدود پره‌های ثابت واحدهای جی ئی F5 و واحدهای BBC تایپ ۹ توسط شرکت تجربه نور، ساخت محدود برخی پره‌های توربین گازی توسط شرکت بدر سیستم و ...
- ساخت برخی از انواع بویلر توسط شرکت آذراب

- ساخت برخی از انواع بویلر توسط شرکت مپنا بویلر
- ساخت برخی از انواع پره‌های ثابت و متحرک توربین‌های بخار و برخی شرودهای مدل‌هایی از توربین گازی توسط برخی شرکت‌های خصوصی

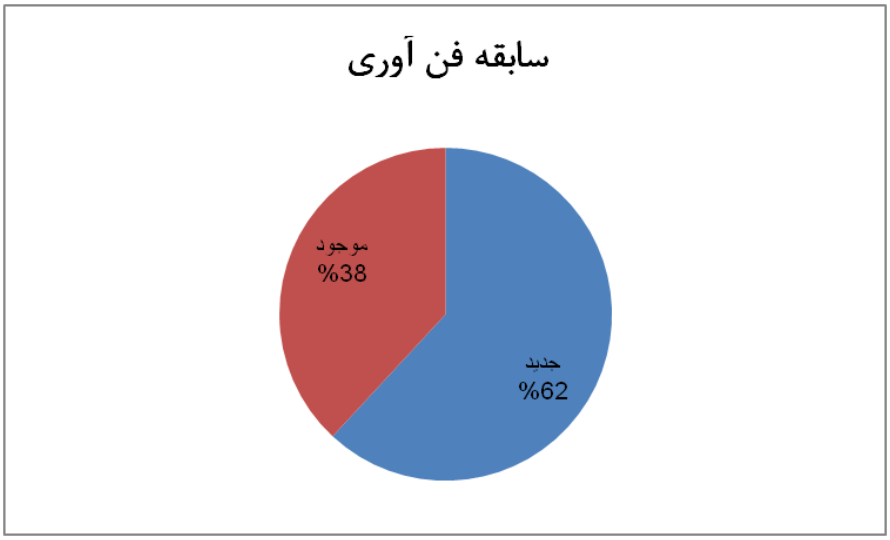
لازم به ذکر است که این فناوریها و سوابق آنها در گزارشهای مراحل ۳ و ۴ و پس از نظر سنجی از خبرگان بصورت کاملتر ارائه خواهد شد.

جدول۱۳- سابقه فن‌آوری‌های مرتبط با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

فن‌آوری	فن‌آوری موجود	فن‌آوری جدید	ملاحظات
تولید مواد نو			در ابعاد آزمایشگاهی انجام‌شده
تولید مواد پوشش‌ها			در ابعاد آزمایشگاهی انجام‌شده
طراحی پره توربین			در سطح پایان‌نامه دانشجویی انجام‌شده
ذوب در خلأ			مراکز موجود محدود بوده و توسعه آن‌ها ضروری است
ذوب در اتمسفر کنترل‌شده			
ریخته‌گری معمولی			
ریخته‌گری دقیق			مراکز موجود محدود بوده و توسعه آن‌ها ضروری است
ریخته‌گری پلی‌کریستال			
ریخته‌گری جهت‌دار			
ریخته‌گری تک‌کریستال			
نورد			نورد سوپرآلیاژها جدید است
آهنگری قطعات داغ			به‌صورت محدود انجام‌شده
ماشین‌کاری قطعات داغ			به‌صورت محدود انجام‌شده
متالورژی پودر قطعات داغ			
فرایند HIP			در ابعاد آزمایشگاهی انجام‌شده

فرایندهای تصفیه مذاب			در ابعاد آزمایشگاهی و کارگاهی موجود است
فرایندهای پوشش‌دهی			
فرایندهای آلیاژسازی			هرچند برای فولادها موجود است ولی برای سوپرآلیاژها انجام‌نشده
فرایندهای جوشکاری			برای برخی فرایندهای جوشکاری جدید است

با توجه به جدول (۱۳) و تعداد فن‌آوری‌های مطرح در حوزه تولید مواد و قطعات داغ نیروگاهی، سابقه این فن‌آوری را به‌صورت شکل (۱۸) می‌توان در نظر گرفت.



شکل۱۸- سابقه فن‌آوری تولید مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۳-۱-۲- پیچیدگی فن‌آوری

فن‌آوری‌ها ازنظر پیچیدگی دو دسته‌اند. فن‌آوری‌های ساده و پیشرفته. ویژگی‌های فن‌آوری‌های پیشرفته شامل موارد زیر است.

- پیچیدگی زیاد
- علم محوری

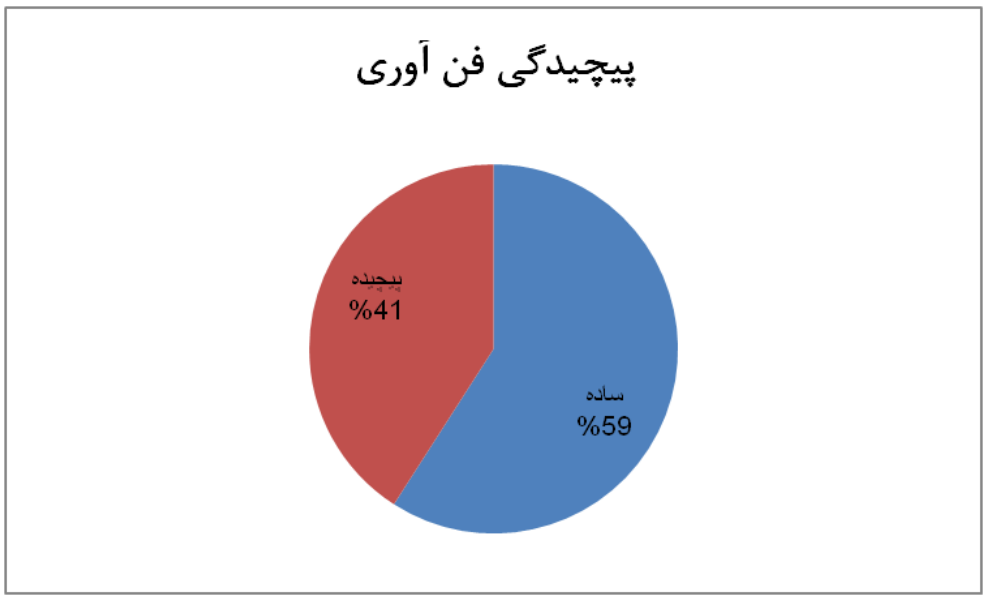
- چرخه عمر کوتاه
- سهم بالای فن‌آوری در قیمت تمام‌شده کالا یا خدمات
- هزینه بالای تحقیق و توسعه

با توجه به ویژگی‌های فوق، پیچیدگی فن‌آوری‌های اصلی در حوزه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را در قالب جدول (۱۴) می‌توان در نظر گرفت. لازم به ذکر است که پیچیدگی فناوریها نیز در گزارشهای مراحل ۳ و ۴ و پس از نظر سنجی از خبرگان بصورت کاملتر بازنگری خواهد شد.

جدول ۱۴- پیچیدگی فن‌آوری‌های مرتبط با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

فن‌آوری	فن‌آوری ساده	فن‌آوری پیچیده	ملاحظات
تولید فولادهای آلیاژی	■		
تولید فولادهای زنگ‌نزن	■		
تولید سوپرآلیاژها		■	هزینه بالای تحقیق، پیچیدگی
تولید مواد نو		■	هزینه بالای تحقیق، سهم زیاد فن‌آوری
مواد پوشش‌ها		■	در ابعاد آزمایشگاهی انجام‌شده
طراحی پره توربین		■	علم محوری، پیچیدگی
ذوب در خلأ	■		
ذوب اتمسفر کنترل	■		
ریخته‌گری معمولی	■		
ریخته‌گری دقیق	■		
ریخته‌گری پلی‌کریستال	■		
ریخته‌گری جهت‌دار		■	هزینه بالای تحقیق،سهم بالای فن‌آوری
ریخته‌گری تک‌کریستال		■	هزینه بالای تحقیق،سهم بالای فن‌آوری
نورد	■		
آهنگری قطعات داغ	■		
ماشین‌کاری قطعات داغ	■		
متالورژی پودر قطعات داغ		■	هزینه بالای تحقیق،سهم بالای فن‌آوری
فرایند HIP	■		
فرایندهای پوشش دهی	■		
فرایندهای تصفیه مذاب		■	هزینه بالای تحقیق،پیچیدگی زیاد
فرایندهای آلیاژسازی		■	هزینه بالای تحقیق،پیچیدگی زیاد
فرایندهای جوشکاری	■		

با توجه به جدول (۱۴) و تعداد فن‌آوری‌های مطرح در حوزه تولید مواد و قطعات داغ نیروگاهی، پیچیدگی این فـن‌آوری را به‌صورت شکل (۱۹) می‌توان در نظر گرفت.



شکل ۱۹- میزان پیچیدگی فن‌آوری تولید مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۳-۱-۳-تناسب فن‌آوری

فن‌آوری مناسب به فن‌آوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک‌سو و منابع موجود از سوی دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً فن‌آوری پیشرفته یـا نوظهـور نیسـت. اسـتفاده مـؤثر از یـک فـن‌آوری پیشرفته وقتی امکان‌پذیر است که زیرساخت‌های لازم و مهارت‌های انسانی موردنیاز از قبل وجود داشته باشد.

در پروژه حاضر، مجریان پروژه برای بررسی دقیق‌تر تناسب فن‌آوری، سه سطح A، B و C را به شکل زیـر معرفـی کـرده‌انـد. سطح A فن‌آوری مناسب، سطح C فن‌آوری نامناسب و سطح B حالت بینابینی را نشان می‌دهد. شرایط مربوط بـه هرکـدام از سطوح فوق را به‌صورت زیر تعریف می‌کنیم.

سطح A: این سطح، فن‌آوری‌های با ویژگی‌های زیر را شامل می‌شود.

- فن‌آوری ساده باشد،

- سهم زیادی از فن‌آوری موجود باشد،
- زیرساخت‌های موردنیاز آن‌ها در ابعاد صنعتی در داخل کشور ایجاد شده باشد.

سطح C: این سطح، فن‌آوری‌هایی را در برمی‌گیرد که شرایط زیر را دارند.

- فن‌آوری پیچیده باشد،
- ازجمله فن‌آوری‌های جدید باشد،
- زیرساخت‌های موردنیاز آن‌ها در داخل کشور ایجاد نشده باشد.

سطح B: این سطح، فن‌آوری‌های با ویژگی‌های زیر را شامل می‌شود.

- حداقل یکی از شرایط فن‌آوری موجود یا فن‌آوری ساده را داشته باشد.
- زیرساخت‌های آن به‌صورت محدود یا در ابعاد آزمایشگاهی فراهم‌شده باشد.

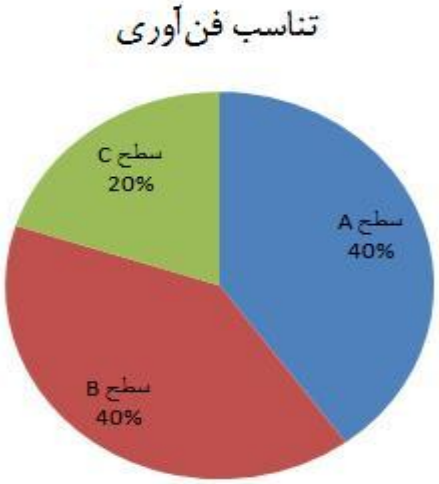
میزان تناسب فن‌آوری‌های مطرح در توسعه و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی با توجه به ملاحظات مطرح‌شده در قسمت‌های مربوط به پیچیدگی و سابقه فن‌آوری و زیرساخت‌های موجود در ایران را به شکلی که در جدول (۱۵) آورده شده می‌توان در نظر گرفت. لازم به ذکر است که تناسب فناوریها نیز در گزارشهای مراحل ۳ و ۴ و پس از نظر سنجی از خبرگان بصورت کاملتر بازنگری خواهد شد.

جدول ۱۵- میزان تناسب فن‌آوری‌های ساخت مواد و قطعات نیروگاهی

فن‌آوری	سطح A	سطح B	سطح C
تولید فولادهای زنگ نزن			
تولید سوپرآلیاژها			
تولید مواد نو			
تولید مواد پوشش‌ها			
طراحی پره توربین			
ذوب در خلأ			
ذوب در اتمسفر کنترل شده			
ریخته‌گری معمولی			
ریخته‌گری دقیق			
ریخته‌گری پلی‌کریستال			
ریخته‌گری جهت‌دار			

فن‌آوری	سطح A	سطح B	سطح C
ریخته‌گری تک‌کریستال			
نورد			
آهنگری قطعات داغ			
متالورژی پودر قطعات داغ			
فرایند HIP			
فرایندهای پوشش‌دهی			
ماشین‌کاری قطعات داغ			
فرایندهای تصفیه مذاب			
فرایندهای آلیاژسازی			
فرایندهای جوشکاری			

با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول (۱۵) و تعداد فن‌آوری‌ها میزان تناسب فن‌آوری‌های طراحی و ساخت قطعات داغ نیروگاهی در شکل (۲۰) نشان داده‌شده است.



شکل ۲۰- میزان تناسب فن‌آوری‌های طراحی و ساخت قطعات داغ نیروگاهی

۳-۱-۴-کاربرد فن‌آوری

ازنظر کاربرد، فن‌آوری‌ها به دودسته فن‌آوری‌های محصول و فن‌آوری‌های فرایند تقسیم می‌شوند. فن‌آوری‌های محصول عبارت‌اند از فن‌آوری‌هایی که در ترکیب کالا یا خدمت بکار گرفته می‌شوند. فن‌آوری‌های فرایند، فن‌آوری‌هایی هستند که در فرایند تولید یک محصول یا خدمت بکار برده می‌شوند.

طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی شامل مراحل تولید محصولات مختلف و فرایندهایی که در تولید محصول نقش دارند است. شایان‌ذکر است برای ساخت قطعات داغ می‌بایست از مواد دمابالا استفاده نمود. به‌عبارت دیگر،

قطعات داغ نیروگاهی از مواد دمابالا ساخته‌شده‌اند. از طرف دیگر تهیه و ساخت مواد دمابالا مستلزم به‌کارگیری فرایندهای مختلفی مثل ذوب و تصفیه مذاب است. با توجه به اینکه هدف اصلی سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تولید قطعات داغ نیروگاهی است، مجموعه فن‌آوری‌های مرتبط با تولید مواد دمابالا را به‌عنوان فن‌آوری‌های فرایند در نظر می‌گیریم.

قطعات داغ نیروگاهی با استفاده از فرایندهایی مثل ریخته‌گری، آهنگری، ماشین‌کاری و متالورژی پودر ساخته می‌شوند. از طرف دیگر برای تولید محصول کامل، فرایندهای تکمیلی مثل پوشش دهی و HIP را بکار می‌برند. برای تعیین کاربرد فن‌آوری‌های مرتبط با طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فرایندهایی که مستقیماً قطعات داغ نیروگاهی را ایجاد می‌کنند را به‌عنوان فن‌آوری محصول و سایر فرایندهای تکمیلی را تحت عنوان فن‌آوری فرایند در نظر می‌گیریم. شایان‌ذکر است که برخی از فن‌آوری‌های تولید محصول مثل ماشین‌کاری در سایر فن‌آوری‌ها (مثل ریخته‌گری و آهنگری) فن‌آوری فرایند تلقی می‌شود.

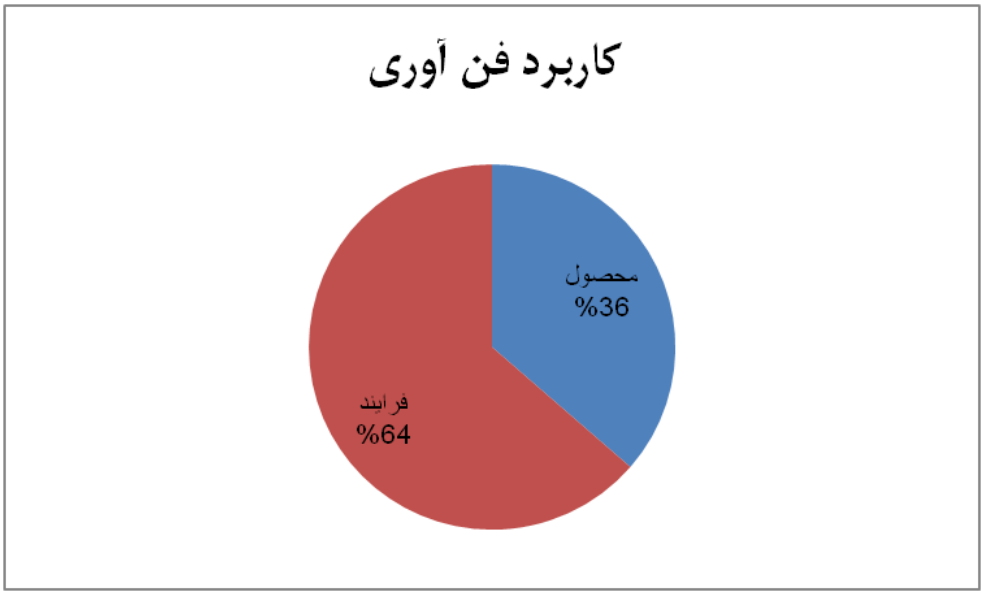
با توجه به مجموعه ملاحظات فوق و بررسی‌های انجام‌شده، تقسیم‌بندی کاربردی فن‌آوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در قالب جدول (۱۶) ارائه‌شده است.

جدول ۱۶- تقسیم‌بندی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی از منظر کاربرد

فن‌آوری	فن‌آوری محصول	فن‌آوری فرایند	ملاحظات
تولید فولادهای آلیاژی			
تولید فولادهای زنگ‌نزن			
تولید سوپرآلیاژها			
تولید مواد نو			
مواد پوشش‌ها			
طراحی پره توربین			
ذوب در خلأ			در تولید مواد دمابالا فن‌آوری محصول است
ذوب در اتمسفر کنترل شده			در تولید مواد دمابالا فن‌آوری محصول است
ریخته‌گری معمولی			
ریخته‌گری دقیق			
ریخته‌گری پلی‌کریستال			
ریخته‌گری جهت‌دار			

فن‌آوری	فن‌آوری محصول	فن‌آوری فرایند	ملاحظات
ریخته‌گری تک‌کریستال			
نورد			می‌تواند برای برخی قطعات فن‌آوری محصول باشد
آهنگری قطعات داغ			
ماشین‌کاری قطعات داغ			برای برخی محصولات فن‌آوری فرایند محسوب می‌شود
متالورژی پودر قطعات داغ			
فرایند HIP			در محصولات متالورژی پودر فن‌آوری محصول است
فرایندهای پوشش دهی			
فرایندهای تصفیه مذاب			
فرایندهای آلیاژسازی			در تولید مواد دمابالا فن‌آوری محصول است
فرایندهای جوشکاری			

با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول (۱۶) وضعیت کاربرد فن‌آوری‌ها در ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را به‌صورت یکه در شکل (۲۱) نشان داده‌شده می‌توان در نظر گرفت.



شکل ۲۱- کاربرد فن‌آوری‌های توسعه و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۳-۲- چرخه عمر

ایجاد یک فناوری جدید نیازمند تغییر در سایر اجزای اقتصادی و اجتماعی هست. به همین دلیل معمولاً ظهور یک فناوری جدید با ممانعت سیستم موجود روبرو شده و در شرایطی ممکن است با شکست مواجه شود. این موضوع در روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق جذابیت جایگزینی فناوری را پایین می‌آورد. اما ازآنجاکه توسعه فناوری عاملی محوری در ایجاد مزیت رقابتی است، اتکا تنها بر فناوری‌های گذشته نیز از توان رقابت‌پذیری می‌کاهد. بنابراین برای کاهش ریسک شکست ناشی از مقاومت و نیز دستیابی به مزیت رقابتی لازم است تا بهینه‌ترین شرایط برای ورود یک فناوری برآورد شود. علاوه بر این، فناوری‌ها دارای ویژگی‌های عملکردی و نوع تعاملات با بازار متغیر در طول زمان هستند. این تغییر در طول زمان را باید در قالب طبقه‌بندی فناوری در طول چرخه عمر به نمایش گذاشت. تغییر ویژگی‌های عملکرد فناوری و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان‌کننده چرخه عمر فناوری است.

چرخه عمر فناوری مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر محل قرارگیری یک فناوری در چرخه عمر، متأثر از منحنی‌های چرخه عمر فناوری‌های وابسته به آن هست. ازآنجاکه فناوری‌های پیچیده غالباً از فناوری‌های دیگری در سطوح پایین‌تر تشکیل‌شده‌اند، چرخه عمر آن‌ها نیز مرکب از چرخه عمر اجزای تشکیل‌دهنده آن است. مؤلفه مشخصه‌های فناوری علاوه بر آگاهی بخشی تحلیل‌گر و سیاست‌گذار از ویژگی‌های فناوری مورد بررسی، دارای کارکرد مهم دیگری نیز هست و آن تأثیرگذاری بر نوع روش‌ها و ابزارهایی لازم در طراحی مؤلفه‌های سند است. به‌عنوان‌مثال این‌که یک فناوری در مراحل ابتدایی چرخه عمر خود قرار داشته باشد یا در مراحل انتهایی آن موضوعی است که نوع روش یا شاخصه‌ای مورد استفاده در روش آینده‌پژوهی (مؤلفه موجود در لایه دوم از روش‌شناسی) را مورد تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. بنابراین، لازم است تا فناوری‌هایی برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. برنامه‌ریزی برای توسعه قطعات موجود در مرحله زوال منجر به هدر رفت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته و از دست دادن رقابت‌پذیری می‌گردد. با توجه به ملاحظات فوق، چرخه عمر معمولاً دارای چهار مرحله زیر است:

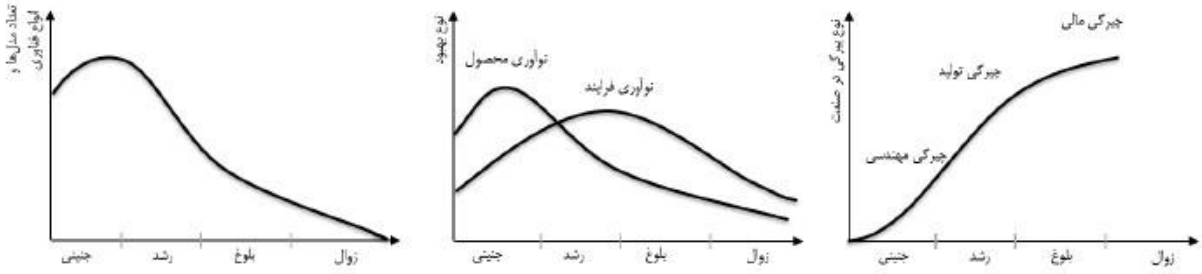
- جنینی،

- رشد،
- بلوغ،
- زوال

با توجه به مدل Steele جایگاه هرکدام از زیر فناوری‌ها در چرخه عمر یک فن‌آوری را می‌توان با توجه به معیارهـای زیـر تعیین نمود.

- تنوع مدل‌های فن‌آوری
- نوآوری محصول
- نوآوری فرایند
- نوع چیرگی مشتمل بر چیرگی مهندسی، چیرگی تولید و چیرگی مالی

ارتباط هرکدام از معیارهای فوق و نحوه تأثیر آن بر چرخه عمر فن‌آوری به‌صورت زیر ارائه‌شده است.



شکل ۲۲- معیارهای تأثیرگذار بر روی چرخه عمر فن‌آوری بر اساس مدل Steel

با استفاده از معیارهای فوق می‌توان به‌صورت کیفی جایگاه فن‌آوری در چرخه عمر را تعیین نمود.

در تعیین دقیق جایگاه هرکدام از فن‌آوری‌های مؤثر بر روی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعـات داغ نیروگـاهی می‌بایست از اطلاعات آماری دقیق و مدل‌های ریاضی و آماری استفاده نمود. در حال حاضر این اطلاعات و مدل‌ها به شـکل مستند و مدون در دسترس نبوده و احتمالاً می‌بایست در قالب پروژه‌های تحقیقاتی مستقل بـه نحـو مقتضـی گـرداوری شـود.

مجریان این پروژه پس از بررسی‌های مختلف، برای تعیین کیفی جایگاه فن‌آوری‌ها در چرخه عمر روش زیر را پیشنهاد نموده‌اند.

-ابتدا با توجه به چهار مرحله چرخه عمر مشتمل بر جنینی، رشد، بلوغ و زوال چهار بازه کمی به شکل زیر تعریف شد:

- بازه ۰ - ۱ مرحله جنینی
- بازه ۱-۲ مرحله رشد
- بازه ۲-۳ مرحله بلوغ
- بازه ۳-۴ مرحله زوال

-در مرحله دوم، به هرکدام از معیارهای تأثیرگذار بر چرخه عمر مشتمل بر تنوع فن‌آوری، نوع آوری محصول، نوآوری فرایند و چیرگی متناسب با وضعیت فن‌آوری موردنظر در ایران و منحنی‌های ارائه‌شده در شکل (۲۲) عددی در بازه بین ۱ تا ۴ اختصاص داده شد.

- در انتها جایگاه فن‌آوری در چرخه عمر با توجه به متوسط مقادیر اختصاص داده‌شده به هرکدام از معیارهای تأثیرگذار و اینکه مقدار متوسط در کدام‌یک از بازه‌های تعریف‌شده در قسمت اول قرار می‌گیرد تعیین شد.

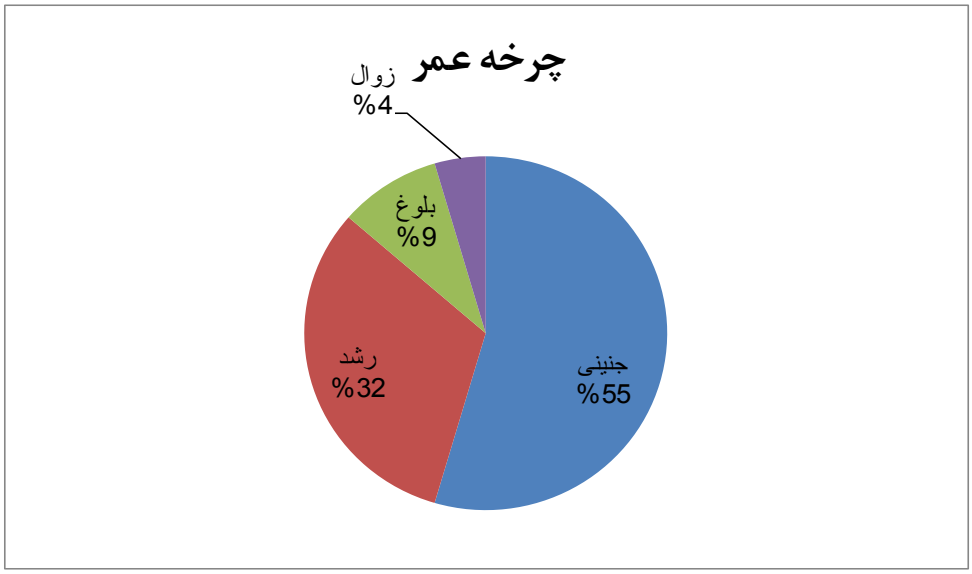
نتایج بررسی‌های انجام‌شده برای تعیین جایگاه هرکدام از فن‌آوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در جدول (۱۷) آورده شده است. شایان‌ذکر است مقادیر ارائه‌شده در جدول بر اساس بررسی‌های کلی بوده و تنها به‌عنوان نتایج تقریبی و کیفی می‌تواند مورد استناد قرار گیرد.

جدول ۱۷- جایگاه فن‌آوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در چرخه عمر

فن‌آوری	تنوع فن‌آوری	نوآوری محصول	نوآوری فرایند	چیرگی	جایگاه در چرخه عمر
تولید فولادهای آلیاژی	۱/۵	۱	۱/۵	۲	رشد
تولید فولادهای زنگ‌نزن	۰/۵	۰/۵	۱	۱	جنینی
تولید سوپرآلیاژها	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۰/۲	جنینی
تولید مواد نو	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	جنینی
مواد پوشش‌ها	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	جنینی
طراحی پره توربین	۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	جنینی

ذوب در خلأ	۲	۱/۵	۱/۵	۲/۵	رشد
ذوب اتمسفر کنترل	۳	۲	۲	۳	بلوغ
ریخته‌گری معمولی	۴	۳/۵	۲/۵	۳	زوال
ریخته‌گری دقیق	۲/۵	۲	۱/۵	۲	رشد
ریخته‌گری پلی‌کریستال	۲	۲	۳	۳	بلوغ
ریخته‌گری جهت‌دار	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	جنینی
ریخته‌گری تک‌کریستال	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	جنینی
نورد	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۸	جنینی
آهنگری قطعات داغ	۱	۱	۱	۱	رشد
ماشین‌کاری قطعات داغ	۱	۱	۱	۱	رشد
متالورژی پودر قطعات داغ	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	جنینی
فرایند HIP	۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	جنینی
فرایندهای پوشش‌دهی	۱/۵	۱	۱/۵	۱	رشد
فرایندهای تصفیه مذاب	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	جنینی
فرایندهای آلیاژسازی	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۲	جنینی
فرایندهای جوشکاری	۲/۵	۲	۲	۲/۵	رشد

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول (۱۷) چرخه عمر طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را به‌صورت یکه در شکل (۲۳) آورده شده است می‌توان در نظر گرفت.



شکل ۲۳- چرخه عمر فن‌آوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

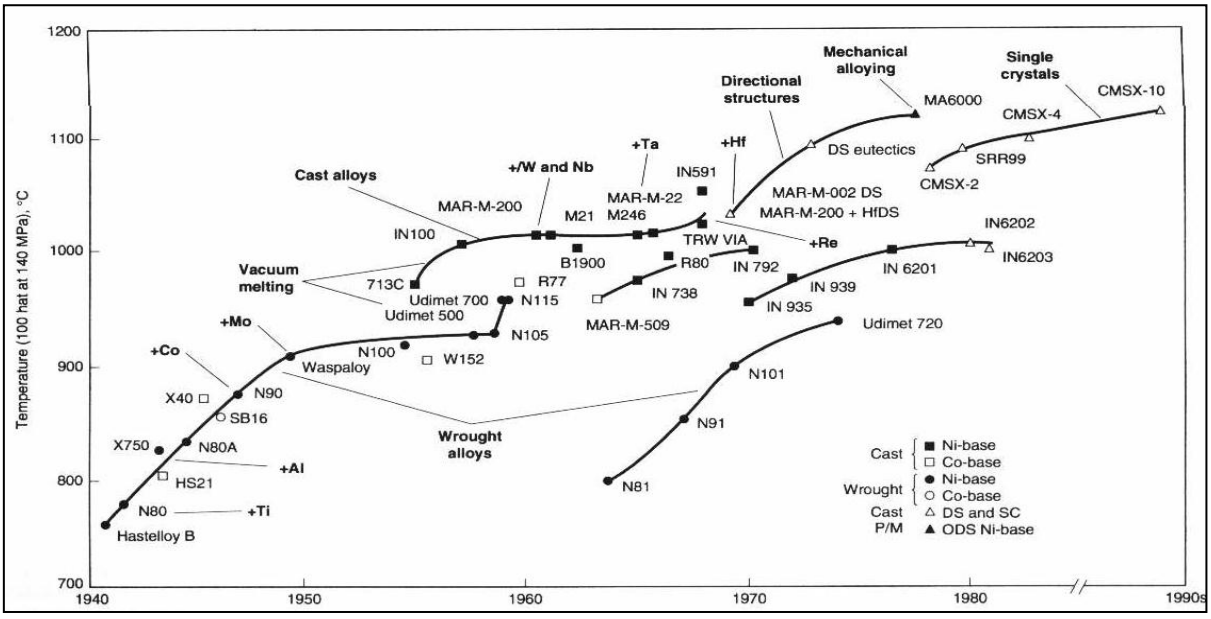
با توجه به شکل (۲۳) فناوری‌های طراحی و دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بطـور عمـده در ابتـدای توسـعه و مرحله جنینی و در برخی زمینه‌ها در مرحله رشد قرار دارد.

۳-۳- پارادایم فناورانه

پارادایم فن‌آورانه به منشأ تغییرات زیر فناوری‌های مرتبط با یک فن‌آوری می‌پـردازد. در فـن‌آوری‌هـای تولیـد بـرق و انـرژی، مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییر زیر فن‌آوری‌ها را به‌صورت زیر می‌توان درنظرگرفت.

- افزایش توان رقابتی در بازار
- افزایش راندمان تولید
- کاهش تلفات و هدر رفتن منابع
- کاهش هزینه‌ها و قیمت تمام‌شده
- کاهش آلودگی محیط‌زیست

افزایش راندمان تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی ازجمله عواملی است که با طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مرتبط است. افزایش راندمان توربین‌های گازی و بخار مستلزم افزایش دمای توربین است. به این دلیل مواد مورد استفاده در ساخت قطعات داغ در طی دهه‌های گذشته تغییر نموده تا دمای بالاتری را تحمل کنند. شـکل (۲۴) رونـد افـزایش دمای مورد استفاده قطعات داغ از جنس سوپرآلیاژ که با تغییر جنس قطعات صورت گرفته را نشان می‌دهد.

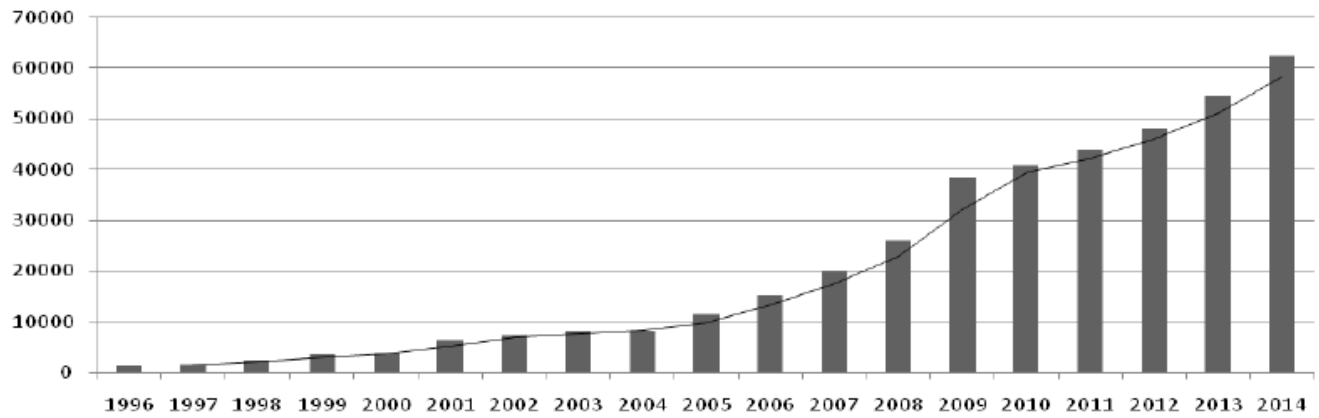


شکل ۲۴- انواع سوپرآلیاژهای توسعه دادهشده در سالهای مختلف و دمای کاری آن‌ها

ازجمله موارد دیگر در این زمینه استفاده از مواد نو مثل انواع سرامیک‌ها و کامپوزیت‌ها است که توان تحمل دمای بالاتری دارند. تغییر جنس پوشش‌های مورداستفاده در قطعات داغ به‌گونه‌ای که دمای بالاتری را تحمل نموده یا دچار آسیب کمتری شوند ازجمله راهکارهای مورداستفاده دیگر است.

برای افزایش راندمان طراحی‌های جدید سامانه‌های تولید برق مثل سیکل‌های ترکیبی مورد توجه قرارگرفته که در ایران نیز رو به گسترش هست. همچنین برای کاهش تلفات حرارتی و افزایش راندمان مواد با هدایت حرارتی بالا مورداستفاده قرار می‌گیرد. استفاده از مواد با هدایت الکتریکی بالا نیز موجب کاهش تلفات الکتریکی در طی مراحل تولید و انتقال برق می‌شود.

منشأ انرژی در نیروگاه‌های حرارتی در ایران عمدتاً گاز و برخی از سوختهای فسیلی است. احتراق و استفاده از این سوخت‌ها علاوه بر تخریب قطعات داغ موجب انواع آلودگی‌های محیطزیست نیز می‌شوند. در این زمینه انواع فن‌آوری‌های مورداستفاده به‌گونه‌ای تغییر می‌کنند که سازگاری بیشتری را با محیطزیست داشته باشند. ازجمله این تغییرات می‌توان به استفاده از انرژی‌های جایگزین مانند انرژی باد، خورشیدی و سایر انرژی‌های تجدید پذیر اشاره نمود. روند رو به رشد استفاده از نیروگاه‌های بادی در جهان در شکل (۲۵) نشان دادهشده است. بنابراین در کنار استفاده از نیروگاههای حرارتی، توسعه نیروگاهها و منابع تولید انرژی الکتریکی سازگارتر با محیط زیست نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.



شکل ۲۵- روند نصب نیروگاه‌های بادی در جهان در طی سالیان مختلف

نتیجه‌گیری

در این گزارش مبانی سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در زمینه تبیین سطح تحلیل، افق زمانی تحلیل، مرزبندی فنی، مرزبندی محتوایی، ابعاد ماهیت، چرخه عمر و پارادایم فن‌آورانه موردتوجه و بررسی قرار گرفت. اهم نتایج به‌دست‌آمده در این زمینه به شرح زیر ارائه می‌شود.

- در بررسی‌های انجام‌گرفته، سطح تحلیل در ابعاد جغرافیایی به‌صورت ملی در نظرگرفته شد.
- افق زمانی سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی به‌صورت میان مدت (۱۰ تا ۱۵ سال) در نظر گرفته شد که در فاصله‌های ۵ ساله مورد ارزیابی و بازنگری قرار می‌گیرد.
- بررسی مرزبندی فنی نشان داد که می‌توان در ۱۸٪ فن‌آوری‌ها پیشتاز بود (سطح منطقه ۱)، در ۶۴٪ فن‌آوری‌ها می‌توانیم در تعقیب پیشتازان جهانی باشیم (منطقه ۲) و در ۱۸٪ فن‌آوری‌ها تنها استفاده از دانش جهانی میسر است (منطقه ۳).
- بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، سطح مرزبندی توصیفی برای اغلب زمینه‌ها و فن‌آوری‌ها در مرحله حوزه دانشی و در برخی موارد سطح محصول هست.
- بر اساس مرزبندی محتوایی انجام‌گرفته، کنش‌گران شامل تولیدکنندگان خارجی و داخلی، بهره‌برداران (وزارت نیرو، صنایع نفت و گاز، صنایع دفاعی و سایر صنایع)، موسسه‌های تحقیقاتی و دانشگاه‌ها می‌باشند. هرچند نهاد تعریف شده‌ای که ارتباط و تعاملات بین کنشگران این حوزه را سامان دهد تعریف‌نشده است ولی در این زمینه می‌توان شرکت توانیر را جهت بر عهده گرفتن وظیفه این نهاد یا شناسایی نهادهای معتبر پیشنهاد نمود. فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات نیروگاهی در ایران در حدی توسعه‌نیافته است که شبکه‌های دولتی یا خصوصی در این زمینه ایجاد شود. در این زمینه تنها می‌توان به مجموعه شرکت‌های مپنا اشاره نمود.
- بررسی‌های انجام‌شده درزمینه ابعاد ماهیت سند نشان داد که از منظر سابقه فن‌آوری، ۶۲٪ فن‌آوری‌ها جدید و ۳۸٪ آن‌ها فن‌آوری موجود هستند. همچنین ۵۹٪ فن‌آوری‌ها ساده و ۴۱٪ آن‌ها ازجمله فن‌آوری‌های پیچیده می‌باشند.

از منظر تناسب فن‌آوری بر اساس معیارهای ارائه‌شده توسط مجریان پروژه، ۴۰٪ فن‌آوری‌ها در سطح A (فن‌آوری مناسب)، ۲۰٪ سطح C (فن‌آوری نامناسب) و ۴۰٪ در سطح B (حالت بینابینی) قرار دارند.

- تقسیم‌بندی فن‌آوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی از منظر کاربرد نشان داد که ۳۶٪ فن‌آوری‌ها از نوع محصول و ۶۴٪ فن‌آوری‌ها از نوع فرایند هستند.
- چرخه عمر زیر فن‌آوری‌های مرتبط با طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بررسی شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده ۵۵٪ فن‌آوری‌ها در مرحله جنینی، ۳۲٪ در مرحله رشد، ۹٪ در مرحله بلوغ و ۴٪ در مرحله زوال قرار دارند.
- مشاء تغییرات و پارادایم فن‌آورانه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی افزایش توان رقابتی در بازار، افزایش راندمان تولید، کاهش تلفات، کاهش هزینه‌ها و کاهش آلودگی محیط زیست است.
- جهت بالابردن دقت هر یک از بررسیهای فوق نیاز به استفاده از نظرات خبرگان ضروری است. این امر در مراحل ۳ و ۴ و با مساعدت کمیته راهبری انجام خواهد شد.

فهرست مراجع

۱- روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق، پژوهشگاه نیرو، آذرماه ۱۳۹۲.

۲- خلاصه وضعیت بخش تولید صنعت برق در سال ۱۳۹۱، آمار تفصیلی وزارت نیرو، ۱۳۹۱.

۳- گزارش تحقیق و بررسی جامع قطعات داغ توربین‌های گازی، شرکت مدیریت تولید برق ری، ۱۳۷۶.

۴- گزارش جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز در رابطه با توربین‌های گازی موجود در نیروگاه‌های داخل کشور، پژوهشگاه نیرو، بهمن ۱۳۸۵.

۵- گزارش‌های مرتبط با پروژه‌های تخمین عمر اجزای واحدهای بخاری، انجام شده در پژوهشگاه نیرو.

۶- گزارش‌های پروژه‌های مختلف انجام شده در پژوهشگاه نیرو مرتبط با علل زوال قطعات توربین‌های گازی، پروژه‌های نظارت بر ساخت قطعات مختلف توربین‌های گازی، تخمین عمر قطعات توربین‌های گازی، پوشش‌های مورد استفاده در توربین‌های گازی و ...

[7] C.T. Sims, N.S.Stoloff, W.C.Hagel,"Superallays II", John wiley & Sons, 1987.

[8] J.R. Davis,"Heat-Resistance Materials", ASM Specielty Handbook,ASM Int.,1997.

[9] R. Viswanathan, "Damage Mechanisms and Life Assessment of High-Temperature Componets", ASM Int., 1995.

[10] P.W. Schilke, A.D.Foster, "Gas turbine materials", Int. Power Generation Conf., May 1991, PP: 22-28.

[11] E.F. Bradley, "Superalloys: A Technical Guide", ASM, 1988.

[12] Z. Mazur et al., "Failure analysis of a gas turbine blade made of Inconel 738LC alloy", Engineering Failure Analysis, 12 (2005) 474–486.

[13] J. Stringer, R. Viswanathan, "Gas turbine hot section materials and coating in electric utility applications", Proc. Int. Conf. Advance Materials and Coatings for Combustiom Turbines, 1993.

[14] A. Saini, T. Pollock, "High-temperature materials increase efficiency of gas power plants", MRS Bulletin, Volume 37, Issue 06 , June 2012, pp 550-551.

[15] N. Curry et al, "Next generation thermal barrier coatings for the gas turbine industry", J. Thermal Spray Technology, January 2011, Volume 20, Issue 1-2, pp 108-115.

[16] D.R.. Clarke, M. Oechsner, N.P. Padture, "Thermal-barrier coatings for more efficient gas-turbine engines", MRS Bulletin, Volume 37, Issue 10 , 2012.

[17] Y. Tanaka et al, "Development of advanced USC technologies for 700°C class high temperature steam turbines, ASME Turbo Expo 2012: Turbine Technical Conference and Exposition, Copenhagen, Denmark, June 11–15, 2012.

[18] E. Ito et al, "Development of key technologies for the next generation high temperature gas turbine", ASME 2011 Turbo Expo: Turbine Technical Conference and Exposition, Vancouver, British Columbia, Canada, June 6–10, 2011.

[19] B.A. Pint, "Challenges in developing high temperature materials", Mater. Sci. Technology, in press, 2014.

[20] PD Jablonski et al, "Processing of advanced cast alloys for A-USC steam turbine applications", JOM, Volume 64, Issue 2, pp 271-279, February 2012.

[21] Z.H. Zhong et al, "A new wrought Ni–Fe-base superalloy for advanced ultra-supercritical power plant applications beyond 700° C", Mater. Letters, Volume 109, 15 October 2013, Pages 38–41.

[22] R. Viswanathan et al, "Materials for ultra-supercritical coal-fired power plant boilers", International Journal of Pressure Vessels and Piping, Volume 83, Issues 11–12, November–December 2006, Pages 778–783.

[۲۳] برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴- وزارت نیرو، ۱۳۹۰

فهرست مطالب

مقدمه ۱

۱-شناسایی حوزه‌های فناورانه ۱

۱-۱- قطعات و تجهیزات اصلی نیروگاهی ۱

۱-۲- انواع توربین‌های گازی از لحاظ ساختار محور ۵

۱-۳- انواع توربین‌های گازی از لحاظ ساختار محفظه احتراق ۸

۱-۴- مواد دما بالا ۱۰

۱-۴-۱- فولادهای زنگ‌نزن ۱۲

۱-۴-۲-سوپرآلیاژها ۱۳

۱-۴-۲-۱-تقسیم بندی سوپرآلیاژها ۱۵

۱-۴-۲-۲- مقایسه سوپرآلیاژهای کارشده و ریخته‌گری شده ۱۶

۱-۵-بررسی مواد مورد استفاده در قطعات داغ ۲۱

۱-۵-۱-قطعات داغ نیروگاههای گازی ۲۱

۱-۵-۲-قطعات داغ نیروگاههای بخاری ۳۳

۱-۶-فنآوری‌های اصلی مورد استفاده در ساخت مواد و قطعات دما بالا ۶۶

۱-۶-۱-فن‌آوری ساخت سوپرآلیاژها ۶۶

۱-۶-۲-تولید قطعات سوپرآلیاژی به روش ریخته‌گری ۸۲

۱-۶-۳-ساخت پره ۹۲

۱-۶-۴-فرایندهای شکل دهی قطعات و مواد دما بالا ۱۰۵

۱-۷-فنآوری‌های تکمیلی مورد استفاده در ساخت مواد و قطعات دما بالا ۱۱۷

۱-۷-۱-عملیات حرارتی سوپرآلیاژها ۱۱۷

۱-۷-۲- تکنولوژی فشار هیدرواستاتیک گرم *(HIP)* ۱۲۱

۱-۷-۳-پوششهای دما بالا ۱۲۷

۲-درخت فناوری و آینده پژوهی ۱۴۷

۲-۱- درخت فناوری ۱۴۷

۲-۲-آینده پژوهی دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۱۶۰

نتیجه‌گیری ۱۷۷

مراجع ۱۷۸

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) بخش‌های مختلف یک توربین گازی ۴
شکل (۱-۲) بخش‌های مختلف یک توربین گاز ۴
شکل (۱-۳) شماتیک توربین‌های تک محوره ۶
شکل(۱-۴) دیاگرام شماتیک توربین‌های دو محوره ۷
شکل (۱-۵) دیاگرام شماتیک توربین‌های سه محوره ۸
شکل (۱-۶) انواع سوپرآلیاژهای توسعه داده شده در سالهای مختلف و دمای کاری آنها ۱۴
شکل (۱-۷) لاینر محفظه احتراق ازجنس کامپوزیت سرامیکی ۲۵
شکل (۱-۸) محفظه احتراق توربین زیمنس V94.2 ..... ۲۶
شکل (۱-۹): مشعل توربین زیمنس V94.2 ..... ۲۷
شکل (۱-۱۰): مکان اینزرت برنر در محفظه احتراق ۲۸
شکل (۱-۱۱): نمای ظاهری اینرکیسینگ و هاب و نحوه قرار گیری هاب ۲۹
شکل (۱-۱۲): نمای ظاهری میکسینگ چمبر ۲۹
شکل(۱-۱۳) : نحوه قرارگیری آجرها و نگهدارنده آنها در محفظه احتراق ۳۰
شکل(۱-۱۴) ریز ساختار فولاد SA-209 ..... ۳۶
شکل (۱-۱۵) فلوچارت تولید سوپرآلیاژ ۶۶
شکل (۱-۱۶) نحوه تولید قطعات ریخته‌گری سوپرآلیاژ ۶۷
شکل (۱-۱۷) فرایند تولید قطعات کار شده سوپرآلیاژ ۶۸
شکل (۱-۱۸) نحوه تولید پودر سوپرآلیاژ ۶۹
شکل (۱-۱۹) نحوه تولید قطعات سوپرآلیاژ با استفاده از روش متالورژی پودر ۶۹
شکل (۱-۲۰) شماتیک کوره VIM ۷۱
شکل (۱-۲۱) شماتیک کوره VAR ۷۵

شکل (۱-۲۲) شماتیک روش ESR ۷۷

شکل (۱-۲۳) پارامترهای اندازه گیری شده در روش ESR..... ۸۱

شکل(۱-۲۴) نمایش شماتیک فرآیند ریخته گری دقیق توپر ۸۴

شکل (۱-۲۵) نمایش شماتیک فرآیند ریخته گری دقیق پوسته ای..... ۸۶

شکل (۱-۲۶) شماتیک فرآیند ریخته‌گری پره های توربین گازی و انجماد آنها به روش جهت دار ۹۳

شکل (۱-۲۷) شماتیک فرایند ریخته گری و انجماد سوپر آلیاژهای SC ۹۹

شکل (۱-۲۸) آرایش قطعه کار و ابزار در آهنگری شعاعی ۱۰۸

شکل (۱-۲۹) (الف) آرایش قطعه کار و ابزار در آهنگری چرخشی، (ب) نمای بالای قطعه کار که سطح تماس قالب (جای پا) را نشان میدهد ۱۰۹

شکل (۱-۳۰) طرح قالب های کامل در آهنگری دقیق ۱۱۰

شکل (۱-۳۱) فرایند تولید محصولات نیمه‌تمام با استفاده از نورد ۱۱۵

شکل (۱-۳۲) فرایند نورد حلقه ۱۱۶

شکل (۱-۳۳) انواع روشهای فرایند HIP (a) روش Encapsulation (b) روش حمام شیشه (glass bath method) (e) زنیتر کردن + فرایند HIP..... ۱۲۵

شکل (۱-۳۴) طرح و شماتیک روش کپسول ۱۲۵

شکل (۱-۳۵) شماتیک روش Capsule Free Method ۱۲۶

شکل (۱-۳۶) فرآیند آلومینایزینگ پودری پره های توربین گازی ۱۳۱

شکل (۱-۳۷) تصویر شماتیکی از دستگاه EB-PVD ۱۳۶

شکل (۱-۳۸) دستگاه SIP..... ۱۳۸

شکل (۱-۳۹) شماتیکی از پاشش پلاسمایی دراتمسفر و در فشارکم..... ۱۴۰

شکل (۱-۴۰) اجزاء ساختاری پوشش های TBC ۱۴۳

شکل (۱-۴۱) شماتیک بهبود تحمل دمایی مواد طی سالهای گذشته ۱۴۵

شکل(۱-۴۲) نمونه ای از سیستم های پوشش دهی پلاسما اسپری ۱۴۵

شکل(۱-۴۳) شماتیک EB-PVD ۱۴۷
شکل (۲-۱) بخش اصلی درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۱۴۹
شکل (۲-۲) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای کلی ساخت قطعات ۱۵۰
شکل (۲-۳) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای جانبی ساخت قطعات ۱۵۰
شکل (۲-۴) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوری ساخت مواد. ۱۵۱
شکل (۲-۵) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت بر اساس تقسیم‌بندی قطعات از دیدگاه فرایند ساخت..... ۱۵۱
شکل (۲-۶) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت جانبی پره‌ها..... ۱۵۲
شکل (۲-۷) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت ریخته‌گری..... ۱۵۳
شکل (۲-۸) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت شکل‌دهی ۱۵۴
شکل (۲-۹) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت پوسته‌ها..... ۱۵۵
شکل (۲-۱۰) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی از دیدگاه انواع مواد مصرفی. ۱۵۶
شکل (۲-۱۱) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت پره‌ها..... ۱۵۷
شکل (۲-۱۲) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت لوله‌ها..... ۱۵۸
شکل (۲-۱۳) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت محفظه های احتراق و مسیر گاز داغ ۱۵۹
شکل (۲-۱۴) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت روتور و دیسک. ۱۶۰

شکل (۲-۱۵) روند توسعه آتی واحدهای بخاری تولید انرژی در دنیا ۱۶۲
شکل (۲-۱۶) بهبود بازدهی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی با استفاده از واحدهای بخاری پیشرفته‌تر سوپرکریتیکال و التراسوپرکریتیکال نسبت به واحدهای قدیمی‌تر سابکریتیکال ۱۶۳
شکل (۲-۱۷) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد روتور HP ۱۶۴
شکل (۲-۱۸) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد روتور IP ۱۶۵
شکل (۲-۱۹) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد `پره متحرک ۱۶۵
شکل (۲-۲۰) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد `پره ثابت ۱۶۶
شکل (۲-۲۱) Roadmap پیشنهادی DOE برای پوششهای مقاوم به خوردگی و سایش ۱۶۶
شکل (۲-۲۲) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد پوسته توربین ۱۶۷
شکل (۲-۲۳) مواد مورد استفاده در توربین بخار با دمای ۶۰۰ °C ۱۶۷
شکل (۲-۲۴) مواد احتمالی مورد استفاده در توربینهای بخار با دمای ۷۶۰ °C ۱۶۸
شکل (۲-۲۵) مواد احتمالی مورد استفاده در توربینهای بخار با دمای ۷۰۰ °C مربوط به شرکت زیمنس ۱۶۹
شکل (۲-۲۶) روند توسعه کنونی و آتی واحدهای گازی و سیکل ترکیبی تولیدی در شرکت GE ۱۷۲
شکل (۲-۲۷) روند توسعه کنونی و آتی واحدهای گازی و سیکل ترکیبی تولیدی در شرکت میتسوبیشی ۱۷۳
شکل (۲-۲۸) روند توسعه کنونی و آتی واحدهای گازی در شرکت زیمنس ۱۷۴
شکل (۲-۲۹) روند توسعه مواد و روش ساخت قطعات در واحدهای گازی با افزایش دمای کاری واحد ۱۷۴

فهرست جداول

جدول (۱-۱)- افزایش دمای ورودی و توان توربین های گازی در محدوده سالهای ۱۹۹۳ - ۱۹۷۰ میلادی..... ۳

جدول (۱-۲) افزایش توان تولیدی توربین های گازی ناشی از افزایش دمای ورودی به آنها..... ۳

جدول (۱-۳) ترکیب شیمیایی چند سوپرآلیاژ کارپذیر (کارشده) (درصد وزنی)..... ۱۵

جدول (۱-۴) ترکیب شیمیایی چند سوپرآلیاژ ریختگی (درصد وزنی)..... ۱۶

جدول (۱-۵) مواد مورد استفاده در ساخت پره های گردان و ثابت توربین های گازی مختلف..... ۲۲

جدول (۱-۶) مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های متحرک توربین گازی در نیروگاههای ایران..... ۲۳

جدول (۱-۷) مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های ثابت توربین گازی در نیروگاههای ایران..... ۲۳

جدول (۱-۸) ترکیب شیمیایی برخی از آلیاژهای مورد استفاده در ساخت محفظه احتراق..... ۲۵

جدول (۱-۹) مواد مورد استفاده در ساخت انواع محفظه‌های احتراق توربین گازی در نیروگاههای ایران..... ۳۱

جدول (۱-۱۰) ترکیب شیمیایی آلیاژهای مورد استفاده در ساخت دیسکهای توربین..... ۳۲

جدول (۱-۱۱) مواد مورد استفاده در ساخت انواع دیسک توربین گازی در نیروگاههای ایران..... ۳۳

جدول(۱-۱۲) دمای مجاز برای کارکرد بعضی از فولادهای بویلر..... ۳۶

جدول (۱-۱۳) ترکیب شیمیایی چندین فولاد کروم دار..... ۳۸

جدول(۱-۱۴) ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی برخی فولادهای آستنیتی..... ۳۹

جدول (۱-۱۵) اختلاف میزان کربن در فولاد ۳۰۴..... ۴۰

جدول (۱-۱۶) ترکیب شیمیایی مواد مورد استفاده در ساخت روتور..... ۴۲

جدول (۱-۱۷) ترکیب شیمیایی فولادهای روتور توربین بخار برخی از نیروگاههای حرارتی ایران..... ۴۳

جدول (۱-۱۸) ترکیب شیمیایی و محدوده حرارتی کاربردی نمونه هایی از فولادهای ریختگی پوسته توربینها.... ۴۶

جدول (۱-۱۹)، ترکیب شیمیایی فولادهای پره‌های توربین‌های بخار برخی از نیروگاههای بخاری کشور..... ۵۱

جدول (۱-۲۰) ترکیب شیمیایی برخی از رده‌های آلیاژی مورد استفاده در دیافراگم‌ها و نازل باکس‌ها در نیروگاههای ایران..... ۵۶

جدول (۱-۲۱) ترکیب شیمیایی برخی از رده‌های فولادهای Cr-Mo مورد استفاده در ولو توربینهای بخار ۵۹

جدول (۱-۲۲) ترکیب شیمیایی فولادهای ولو مورد استفاده در برخی از توربینهای بخار داخل کشور..... ۶۰

جدول (۱-۲۳) فولادهای مرسوم مورد استفاده در پیچ توربینهای بخار و خواص آنها..... ۶۳

جدول (۱-۲۴) برخی از فولادهای مورد استفاده جهت ساخت پیچها در نیروگاههای ایران..... ۶۴

جدول (۱-۲۵) مقایسه دو روش ریخته گری دقیق توپر و پوسته ای..... ۸۶

جدول (۱-۲۶) پیشرفتهای تکنولوژی ساخت و مواد مصرفی در ریخته گری دقیق..... ۸۷

جدول (۱-۲۷) ترکیب شیمیایی تعدادی از آلیاژهای DS مورد استفاده در ساخت پره های توربین گازی ۹۳

جدول (۱-۲۸) ترکیب شیمیایی تعدادی از سوپر آلیاژهای DS و پلی‌کریستال جهت ساخت پره توربین گازی..... ۹۵

جدول (۱-۲۹)ترکیب شیمیایی آلیاژهای DS مورد بررسی در پروژه COST 501..... ۹۷

جدول (۱-۳۰) ترکیب شیمیایی تعدادی از سوپر آلیاژهای SX مورد استفاده در پره های توربین های گازی ۱۰۱

جدول (۱-۳۱) دماهای آهنگری و آهنگ آهنگری برای آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت..... ۱۱۱

جدول (۱-۳۲) عمده ترین مواد تحت HIP با فشار و دمای آنها..... ۱۲۶

جدول (۲-۱) برخی مواد پیشنهادی و مصرفی در ساخت لوله‌های واحدهای بخاری التراسوپرکریتیکال ۱۶۸

جدول (۲-۲) برخی مواد پیشنهادی و مصرفی در ساخت قطعات داغ توربین واحدهای بخاری التراسوپرکریتیکال ۱۷۰

جدول (۲-۳) ترکیب شیمیایی مواد پیشنهادی و مصرفی در نواحی مختلف دنیا جهت ساخت قطعات داغ واحدهای بخاری التراسوپرکریتیکال..... ۱۷۱

مقدمه

نیروگاههای تولید برق یا واحدهای نیروگاهی مولد برق وظیفه تولید برق را در کشور بر عهده دارند. این واحدهای نیروگاهی از بخشهای مختلفی تشکیل می‌شوند که این مجموعه عظیم در نهایت از انرژی اولیه ناشی از حرکت یک سیال، برای چرخاندن روتورهای عظیم ژنراتور مولد برق استفاده می‌نماید.

مهم‌ترین واحدهای نیروگاهی در کشور، همانگونه که در گزارش مرحله اول پروژه ذکر گردید، واحدهای نیروگاهی حرارتی شامل واحدهای گازی، بخاری و سیکل ترکیبی می‌باشند. در گزارش حاضر به کاربردها، اجزاء و زیرسیستم‌های فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی پرداخته خواهد شد. بر اساس این اطلاعات، درخت‌های فناوری در مورد فناوری‌های طراحی و توسعه دانش ساخت مواد ترسیم خواهد گردید و با توجه به اطلاعات گردآوری شده، آینده‌پژوهی این فناوری‌ها ارائه خواهد شد.

۱- شناسایی حوزه‌های فناورانه

۱-۱- قطعات و تجهیزات اصلی نیروگاهی

بررسی‌های انجام شده در مرحله اول پروژه نشان داد که مواد و قطعات داغ نیروگاهی از جمله مهم‌ترین بخشهای این واحدهای حرارتی می‌باشند. برخی از مهم‌ترین قطعات داغ نیروگاهی به شرح زیر است.

- **نیروگاه بخار:**
  - لوله‌های بویلر
  - لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر
  - پره‌های ثابت و متحرک توربین
  - روتور
  - مسیر انتقال بخار

- پوسته توربین
- هدر و درام
- انواع ولوهای نیروگاهی
- پیچ و مهره‌های مورد استفاده در دمای بالا

- **نیروگاه گازی:**

- پره‌های ثابت و متحرک توربین
- روتور و دیسک
- محفظه احتراق
- مسیر انتقال گازهای داغ
- پوسته توربین
- انواع شرودها
- انواع سیلها

بررسی روند عمومی تغییرات در نیروگاههای حرارتی در سالهای گذشته نشان می‌دهد که یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها در این زمینه، توجه به افزایش راندمان و کاهش آلاینده های زیست محیطی منتشر شده از آنها بوده است. برای مثال، بررسیهای صورت گرفته نشان داده است که در نیروگاههای گازی افزایش دمای احتراق به اندازه 55 °C، می‌تواند باعث افزایش ۱۳-۱۰ درصدی در توان تولیدی توربین و نیز افزایش ۴-۲ درصدی راندمان آن گردد. جدول (۱-۱) توسعه توربین‌های گازی جدیدتر از طریق افزایش دمای ورودی به آنها و نیز امکان دسترسی به توان‌های بیشتر در آنها را در محدوده سالهای ۱۹۹۳ - ۱۹۷۰ میلادی نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱)- افزایش دمای ورودی و توان توربین های گازی در محدوده سالهای ۱۹۹۳ - ۱۹۷۰ میلادی

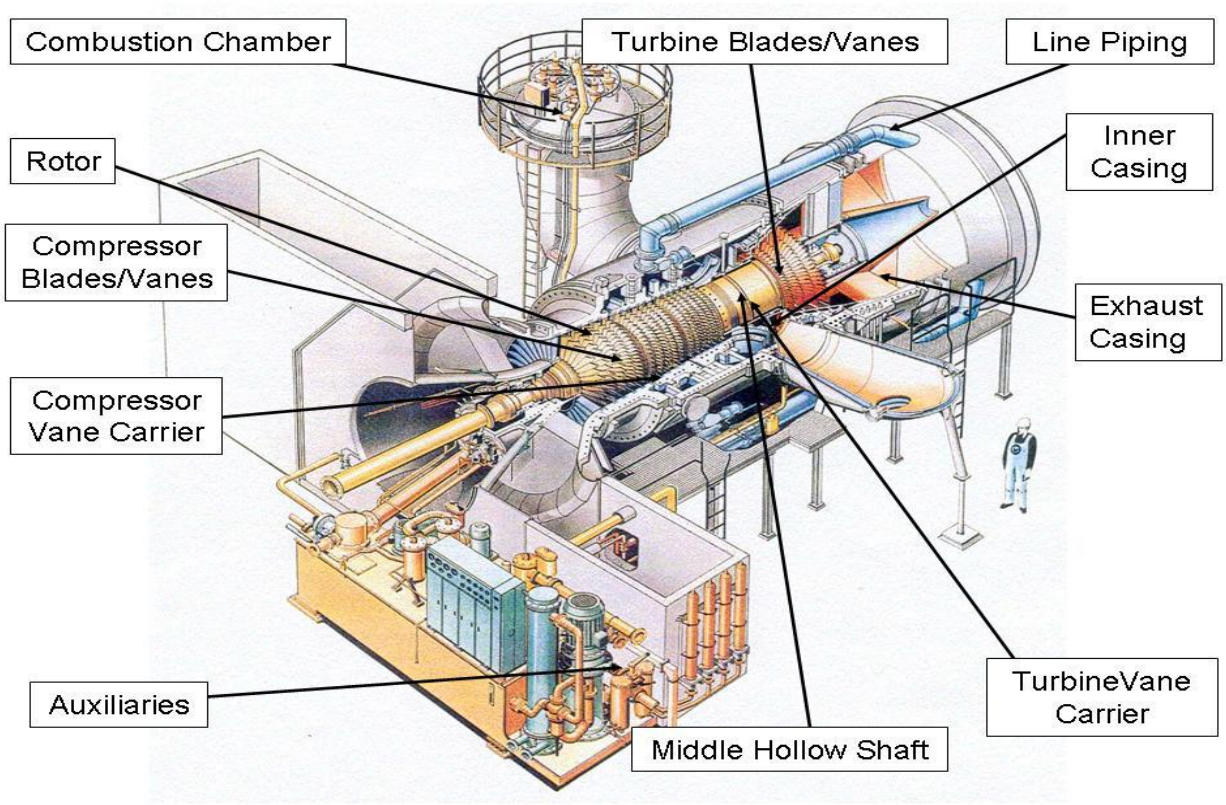
سال	حداکثر توان توربین های گازی	دمای ورودی به توربین
۱۹۷۰	MW 58	850 °C
۱۹۷۵	MW 77	900°C
۱۹۸۰	MW 83	1000°C
۱۹۸۵	MW 96	1100°C
۱۹۹۰	MW 150	1200°C
۱۹۹۳	MW 200 +	1300°C

این فاکتور کلیدی (افزایش دمای ورودی به توربین) و نیز استفاده از دیگر تکنولوژی‌های پیشرفته (نظیر کنترل و کاهش نشتی نوک پره، بهبود فشار کمپرسور، بهبود سیستم احتراق توربین و ...) باعث افزایش چشمگیر توان و راندمان توربین های جدید گشته است. جدول (۱-۲) افزایش توان توربین های گازی ساخته شده توسط سه سازنده اصلی این نوع توربین ها) GE، Siemens و ABB) را که بدنبال افزایش دمای ورودی به آنها حاصل گردیده است را نشان می‌دهد.

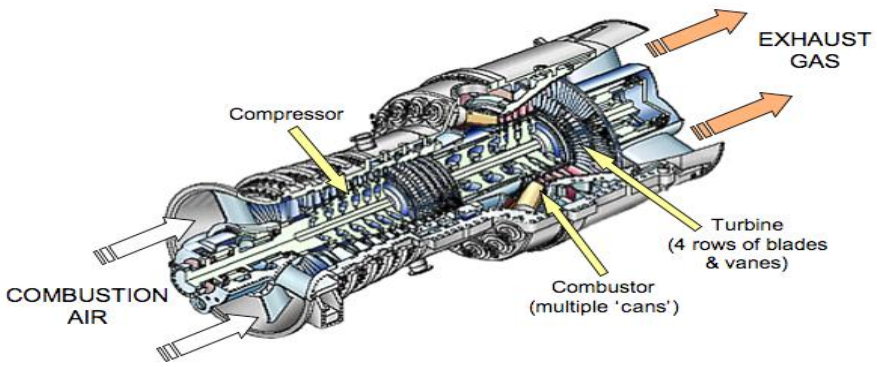
جدول (۱-۲) افزایش توان تولیدی توربین های گازی ناشی از افزایش دمای ورودی به آنها

سازنده	مدل توربین	توان (تقریبی) (MW)	دمای ورودی (°C)	سال ورود به بازار
GE	FRAME 9E	۱۰۰	۱۰۸۵	۱۹۸۱
		۱۲۳	۱۱۲۴	۱۹۹۲
	FRAME 7F	۱۳۵/۷	۱۲۶۰	۱۹۹۰
	FRAME 9FA	۲۲۶	۱۲۸۸	۱۹۹۴
Siemens	V94.2	۱۲۱	۹۷۰	
		۱۳۸	۱۰۱۰	۱۹۸۶
		۱۵۰	۱۰۵۰	۱۹۸۸
ABB	V94.3	۲۰۰	۱۱۲۰	۱۹۹۲
	Type 13	۹۸	–	۱۹۷۳
	Type 13 E	۱۵۰	۱۰۷۰	۱۹۸۶
	Type 13 E2	۱۶۵	۱۱۰۰	۱۹۹۲

افزایش دما در توربین‌ها مستلزم استفاده از قطعات و موادی می‌باشد که امکان تحمل شرایط دما بالا را داشته باشند. قطعاتی که دمای آنها در اثر تماس با گاز یا بخار داغ افزایش می‌یابد عموما بعنوان قطعات داغ شناخته می‌شوند. شکل‌های (۱-۱) و (۱-۲) بخشهای مختلف یک توربین گازی را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱) بخش‌های مختلف یک توربین گازی



شکل (۱-۲) بخش‌های مختلف یک توربین گاز

پیش از ورود به بحث مواد و قطعات داغ توربین‌های گازی مناسب‌تر آن است که انواع مختلف توربین‌های گازی معرفی شده و تفاوت‌های آنها بیان گردد. در ذیل به دسته‌بندی انواع توربین‌های گازی از دو منظر ساختار محور توربین و همچنین ساختار محفظه احتراق پرداخته می‌شود.

۱-۲- انواع توربین‌های گازی از لحاظ ساختار محور

انواع توربین‌های گازی با توجه به ساختار محور به شکل زیر دسته‌بندی می‌شود.

-تک محوره (Single Shaft)

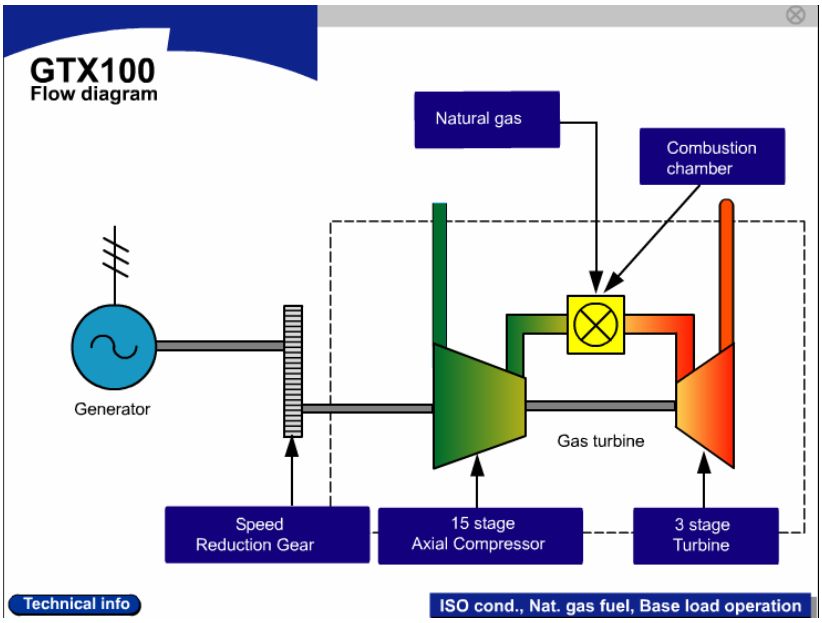
-دو محوره (Twin Shaft)

-سه محوره (Triple Shaft)

۱-۲-۱-توربین‌های تک محوره (Single Shaft)

محور این نوع توربین‌ها یکپارچه می‌باشد، یعنی محور کمپرسور و توربین قدرت یکپارچه بوده و با هم کوپل مکانیکی می‌باشند. بدلیل یکنواخت بودن سرعت این نوع توربین‌ها، معمولاً آنها را برای چرخاندن ژنراتورها بکار می‌برند.

توربین‌های مدل GE-MS5001 و GE-MS5002E (فریم ۵ نیروگاهی)، GE-MS9001E (فریم ۹) و زیمنس V94.2 نصب شده در نیروگاههای کشور از این نوع می‌باشند. شکل (۱-۳) چنین سیستم‌هایی را نشان می‌دهد.

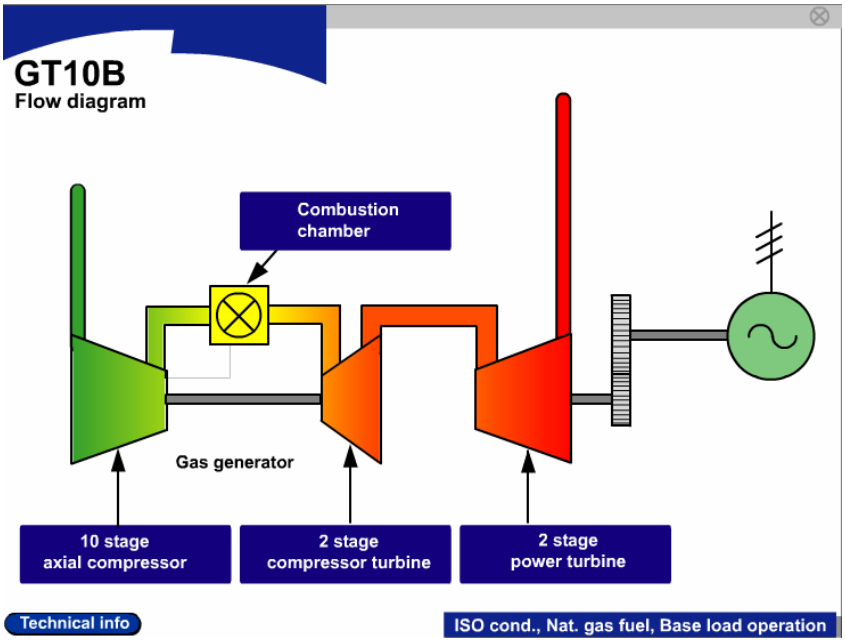


شکل (۱-۳) شماتیک توربین‌های تک محوره

۱-۲-۲- توربین‌های دو محوره (Twin Shaft)

در این نوع توربین‌ها، محور توربین قدرت و محور کمپرسور جدا از هم می‌باشند و هیچگونه ارتباط مکانیکی با هم ندارند. معمولاً یک مرحله از توربین بنام توربین کمپرسور با کمپرسور هم محور است و بقیه مراحل با یک محور مجزا از توربین کمپرسور بعنوان توربین می‌باشند. توربین کمپرسور جهت ادامه چرخش محور کمپرسور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع توربین‌ها برای چرخاندن انواع کمپرسورها، پمپ‌ها و ژنراتورها بکار می‌روند.

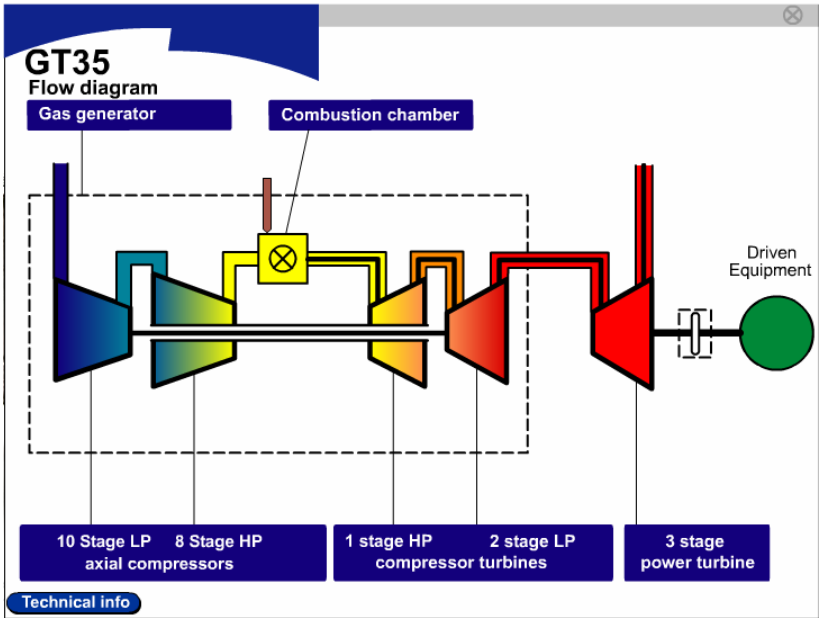
توربین‌های مدل MS5002C,D&E (فریم ۵ نفت و پتروشیمی) نصب شده در صنایع نفت و گاز کشور از این نوع می‌باشند. شکل (۱-۴) زیر دیاگرام چنین سیستم‌هایی را نشان می‌دهد.



شکل(۱-۴) دیاگرام شماتیک توربین‌های دو محوره

۱-۲-۳-توربین‌های سه محوره (Triple Shaft)

در این توربین‌ها محور سه تکه می‌باشد (محور کمپرسور، محور توربو کمپرسور و مجور توربین قدرت) که سومین محور مربوط به توربین قدرت می‌باشد. این سومین شفت انرژی مکانیکی را به خارج انتقال می‌دهد. این سه محور هیچگونه ارتباط مکانیکی با هم ندارند. این نوع توربین‌ها برای چرخاندن کمپرسورها، پمپ‌ها و ژنراتورها بکار می‌روند. شکل (۱-۵) دیاگرام چنین سیستم‌هایی را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۵) دیاگرام شماتیک توربین‌های سه محوره

۱-۳- انواع توربین‌های گازی از لحاظ ساختار محفظه احتراق

ساختار محفظه احتراق نیز مبنای تقسیم بندی توربینهای گازی است. انواع توربینهای گاز با توجه به ساختار محفظه احتراق به شکل زیر است.

*محفظه‌های احتراق Annular شامل:

-محفظه‌های حلقوی بسته مجهز به برنر

-محفظه‌های باز جریان محوری

*محفظه‌های احتراق Cannular شامل:

-محفظه‌های جریان محوری

-محفظه‌های جریان معکوس

*محفظه‌های احتراق استوانه خورجینی Silo

*محفظه‌های احتراق مجزا

۱-۳-۱-محفظه احتراق Annular حلقوی بسته

این نوع محفظه‌های احتراق به شکل حلقوی یکپارچه بوده و مجهز به تعدادی برنر می‌باشند.

۱-۳-۲-محفظه احتراق Annular جریان محوری

این نوع محفظه‌های احتراق بصورت حلقوی یکپارچه بوده که بر روی بدنه آن سوراخ‌هایی جهت ورود هوای کمپرسور به داخل محفظه، تعبیه شده‌اند. این نوع محفظه‌ها مجهز به تعدادی نازل گاز و جرقه‌زن می‌باشند. جهت ورود هوا به صورت محوری بوده و با جهت خروج گازهای حاصل از احتراق هم جهت می‌باشد.

۱-۳-۳-محفظه احتراق Cannular جریان محوری

در این نوع توربین‌ها، محفظه احتراق از تعدادی استوانه (Can) که در محیط اطراف محور به حالت حلقوی قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. هوای خروجی کمپرسور بصورت محوری وارد محفظه احتراق می‌شود.

این نوع محفظه‌ها مجهز به نازل سوخت و جرقه‌زن می‌باشند.

۱-۳-۴-محفظه احتراق Cannular جریان معکوس

این نوع محفظه‌های احتراق بصورت استوانه‌هایی است که بر روی بدنه سوراخ‌هایی جهت ورود هوا به آنها تعبیه شده و همه این استوانه‌ها که لاینر نامیده می‌شوند، توسط رابط‌هایی بنام Cross Fire Tube به هم مرتبط می‌باشند. جهت جریان هوای ورودی در اطراف لاینرها معکوس جهت جریان گازهای حاصل از احتراق می‌باشد. این نوع محفظه‌ها مجهز به نازل‌های گاز و جرقه‌زن می‌باشند.

این سیستم در توربین‌های گازی مدل GE و میتسوبیشی نصب شده در کشور استفاده می‌شود.

۱-۳-۵-محفظه احتراق استوانه خورجینی Silo

این نوع محفظه‌های احتراق به شکل استوانه خورجینی می‌باشند. این نوع توربین‌ها معمولاً دارای دو محفظه بوده و به شکل عمودی قرار دارند. این نوع محفظه‌ها مجهز به برنر می‌باشند. گاز و هوا درون برنر با هم مخلوط شده و هنگام خروج شعله‌ور می شوند.

این سیستم در توربین‌های گازی زیمنس مدل V94.2 و ABB نصب شده در کشور استفاده می‌شود.

۱-۳-۶-محفظه احتراق مجزا

توربین‌هایی که کمپرسور و توربین قدرت آنها در یک راستا بوده ولی محفظه احتراق آنها مجزا می‌باشد. در این توربین‌ها هوای خروجی از کمپرسور توسط یک کانال هوا به طرف محفظه احتراق که در کنار توربین نصب میباشد، فرستاده می‌شود. گازهای حاصل از احتراق نیز توسط یک کانال به درون توربین قدرت هدایت می‌شوند.

در محفظه‌های احتراق مجهز به نازل گاز و جرقه‌زن، هوا و گاز در محیط داخلی محفظه با یکدیگر مخلوط شده و توسط جرقه‌زنها مشتعل می‌شوند ولی در محفظه‌های مجهز به برنر، گاز و هوا درون سیستم برنر با یکدیگر مخلوط شده و هنگام خروج از برنر توسط یک شعله کوچک شعله‌ور می‌شوند.

جهت یکنواخت بودن دما در تمام سطوح داخلی محفظه احتراق، کامل شدن واکنش احتراق در محفظه، بهتر مخلوط شدن گاز و هوا و سرعت بخشیدن به گازهای حاصل از احتراق، حالت شعله در محفظه احتراق می‌بایست به شکل جریان گردابی(Turbulant) درآید. برای ایجاد این نوع جریان در محفظه‌های مجهز به برنر، قسمت خروجی برنر را طوری طراحی می‌کنند که مخلوط گاز و هوا قبل از شعله‌ور شدن به حالت جریان گردابی در می‌آید.

۱-۴- مواد دما بالا

قطعات داغ نیروگاهی برای آنکه مقاومت خود را در مقابل دمای بالا و شرایط سخت کاری ناشی از تماس با محصولات احتراق حفظ کنند می‌بایست از آلیاژها و مواد مقاوم در دمای بالا ساخته شوند. این مواد، عموما مواد دما بالا نامیده می‌شوند. مواد دما بالا موادی هستند که استحکام، مقاومت در مقابل محیط و پایداری خود را در محدوده دمایی ۲۶۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌کنند.

پره‌ها در توربین‌های گازی اولیه از جنس فولادهای آستنیتی Ni-C بودند که به روش فورج تولید می‌شدند. پس از آن معلوم شد که نیکل به دلیل داشتن خواص برتر نسبت به آهن، در کاربردهای دمای بالا نتیجه بهتری ارائه می دهد. نیاز به توسعه آلیاژهای مقاوم در دماهای بالاتر برای توربین‌های نسل جدید باعث شد که پیشرفت‌های قابل توجهی در جهت توسعه آلیاژهای قابل استفاده در صنعت توربین گاز صورت گیرد. برای مثال به نسل جدید آلیاژها معروف به سوپرآلیاژهای پایه نیکل می توان اشاره کرد که از سال ۱۹۳۰ معرفی شدند. در این آلیاژها از توزیع فاز کوهرنت گاما پرایم (γ') در ساختار برای ایجاد

استحکام پایدار در دمای بالا استفاده شده است که منجر به تولید سوپرآلیاژ Nimonic 80 گردید. استحکام این آلیاژها از رسوب ترکیب بین فلزی حاوی تیتانیم در زمینه‌ای حاوی ۸۰ درصد وزنی نیکل و ۲۰ درصد وزنی کرم به دست آمد. پیشرفت بعدی کشف واقعیت افزایش استحکام آلیاژ با کاهش درصد کرم بود. البته این کاهش با محدودیت مواجه است، چون یک حداقل کرم برای ایجاد مقاومت به اکسیداسیون لازم است. در این زمان موضوع غنی‌سازی سطح آلیاژ با عنصر آلومینیم، برای ایجاد مقاومت به خوردگی داغ و اکسیداسیون در دمای بالا مطرح شد که منجر به استفاده از پوشش های آلومینایدی نفوذی بر روی قطعات گردید.

بطورکلی آلیاژهای مصرفی برای ساخت قطعات داغ نیروگاهی باید نقطه ذوب بالا، مقاومت اکسیداسیون و خوردگی داغ خوب، استحکام خستگی حرارتی و تنش گسیختگی بالا، قابلیت پوشش‌دهی مناسب و استحکام خستگی کم‌چرخه قابل قبول داشته باشند. پایداری خواص مکانیکی در دماهای بالا و مدت زمان طولانی از ویژگی‌های مهم دیگری است که این آلیاژها بایستی دارا باشند.

برخی از مهمترین انواع مواد دما بالا به شرح زیر است:

- فولادهای آلیاژی
- فولادهای زنگ نزن
- سوپرآلیاژها
- فلزات با چگالی پایین (مثل برخی از آلیاژهای آلومینیوم و تیتانیوم)
- فلزات و آلیاژهای فلزات دیرگداز (مثل رنیم، تنتالم، نیوبیوم، مولیبدن، تنگستن)
- ترکیبهای بین فلزی (مثل تیتانیم آلومیناید، نیکل آلومیناید)
- ترکیب‌های غیرفلزی مثل سرامیکها و کامپوزیت‌ها (مثل کامپوزیت کربن–کربن)
- پوشش‌های دما بالا

از میان مواد دما بالا، فولادهای زنگ نزن و سوپرآلیاژها بیشترین کاربرد را در قطعات داغ نیروگاهی دارند.

۱-۴-۱- فولادهای زنگ‌نزن

فولادهای زنگ نزن (Stainless Steel) فولادهایی هستند که دارای مقاومت به خوردگی عالی می باشند. این فولادها حداقل ۱۲٪ کرم داشته و در انواع مختلف آن نیکل، مولیبدن و سایر عناصر آلیاژی اضافه می‌شود. اثر کرم در این فولادها را بصورت زیر می‌توان درنظر گرفت.

- باتشکیل لایه محافظ مقاومت به خوردگی را در محیطهای اکسیدی افزایش می‌دهد.
- پایدار کننده فریت
- امکان تشکیل فاز ترد سیگما و کاهش خواص مکانیکی

اثر نیکل به صورت زیر است:

- افزایش مقاومت به خوردگی در محیطهای خنثی و اکسیدی ضعیف
- پایدار کننده آستنیت
- بهبود شکل پذیری و تافنس

مولیبدن موجب افزایش مقاومت به خوردگی در مقابل یون کلر و آلومینیوم شده و مقاومت در مقابل پوسته شدن در دمای بالا را افزایش می‌دهد.

انواع فولادهای زنگ نزن را بصورت زیر تقسیم‌بندی می‌کنند.

- فریتی
- مارتنزیتی
- آستنیتی
- رسوب سختی (PH)

فولادهای زنگ نزن فریتی ۱۱ تا ۳۰٪ کرم داشته و کربن آن کمتر از ۰/۱۲٪ است. سایر عناصر آلیاژی به مقدار کم و برای بهبود مقاومت به خوردگی و ماشین کاری افزوده می‌شود. مهمترین ویژگیهای این فولادهای زنگ‌نزن به شرح زیر است.

- قابلیت عملیات حرارتی و سخت شدن ندارند.
- با توجه به اینکه نیکل ندارند ارزان میباشند.
- شکل پذیری و جوش پذیری آنها پایین است.

فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۱۲ تا ۱۷٪ کرم داشته و ۰/۱ تا ۱/۲٪ کربن دارد. با عملیات حرارتی سخت شده و تشکیل مارتنزیت میدهد. مقاومت به خوردگی آن کمتر از انواع فریتی و آستنیتی میباشد.

فولاد زنگ نزن آستنیتی ۵ تا ۲۲٪ نیکل داشته و ویژگیهای آن عبارتند از:

- عملیات حرارتی نمیشود،
- معمولا در دمای محیط ساختار آستنیتی دارند،
- شکل پذیری بالاتر و مقاومت به خوردگی بالاتری نسبت به انواع فریتی دارند،
- در دماهای بالا نیز می‌توان آنها را بکاربرد.

فولاد زنگ نزن رسوب سختی (PH 10) تا ۳۰٪ کرم داشته و مقادیر مختلف نیکل و مولیبدن به آن اضافه می‌شود. با افزایش Cu,Al,Ti,Cb امکان رسوب سختی (Aging) آن فراهم شده و استحکام بالایی د ر دمای بالا و پایین دارد. همچنین مقاومت به خوردگی آن خوب است.

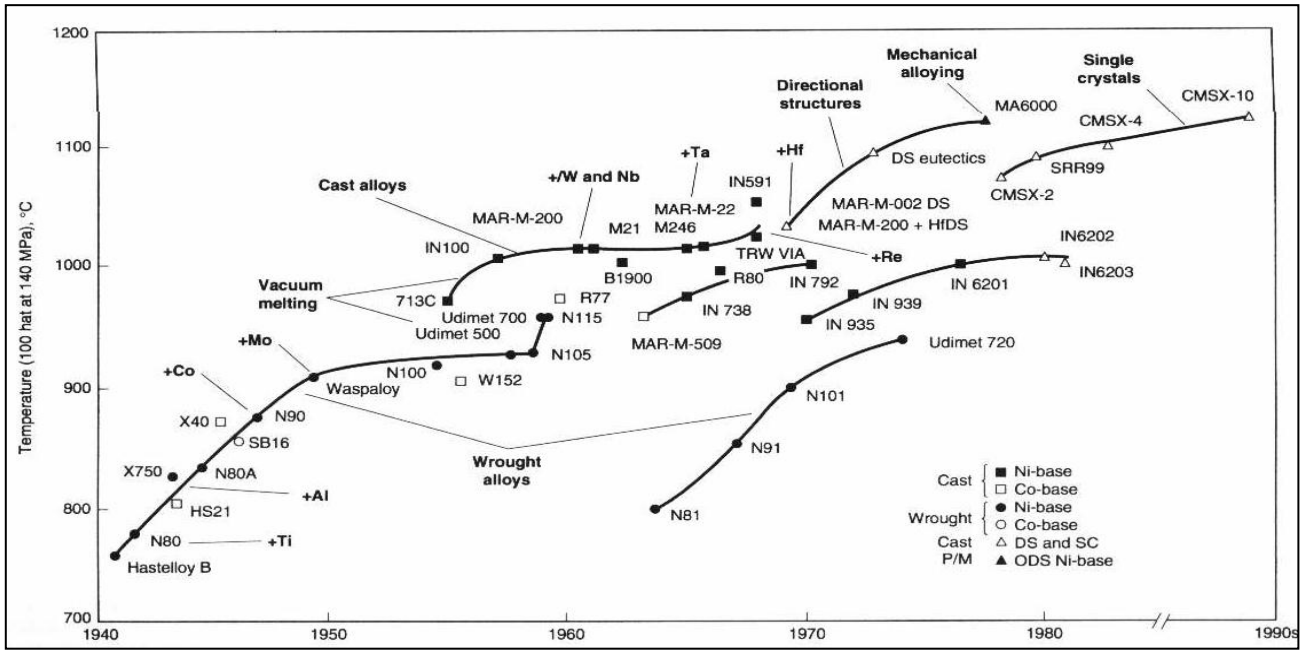
۱-۴-۲-سوپرآلیاژها

واژه سوپرآلیاژ برای نخستین بار بعد از جنگ جهانی دوم برای توصیف گروهی از آلیاژها بکار برده شده که در کاربردهایی که در آنها به کارایی در دمای بالا نیاز بود، به ویژه قطعات داغ موتورهای جت، مورد استفاده قرار گرفت. بصورت ساده سوپرآلیاژها را می‌توان آلیاژهایی درنظر گرفت که:

- پایه آنها یکی از عناصر نیکل، کروم، کبالت، نیوبیوم و یا آهن بوده و
- ساختار و خواص آنها در شرایط دمای بالا، تنشهای بالا یا محیطهای مخرب حفظ شود.

سوپرآلیاژها شامل ترکیبات گوناگون ساخته شده از عناصر آهن، نیکل، کبالت و کرم بعلاوه مقادیر کمتر تنگستن، مولیبدن، تانتالیوم، نایوبیوم، تیتانیوم و آلومینیوم می‌باشند. استفاده از عناصر مختلف در انواع سوپرآلیاژ موجب افزایش دمای کاری آنها

می‌شود. با توسعه انواع سوپرآلیاژها چنانچه در شکل (۱-۶) نشان داده شده است در هر سال دمای کاری آنها بطور متوسط ده درجه افزایش یافته است.



شکل (۱-۶) انواع سوپرآلیاژهای توسعه داده شده در سالهای مختلف و دمای کاری آنها

سوپرآلیاژها بطور وسیعی در تولید موتورهای توربینی هوایی و زمینی بکار برده می‌شوند. میزان مصرف سوپرآلیاژها در صنایع مختلف به شرح زیر است.

- صنایع هوافضا

توربینهای گازی: ۷۲٪

بدنه: ۸٪

- تولید برق

توربینهای گازی: ۱۰٪

نیروگاه هسته‌ای: ۲٪

نیروگاههای فسیلی: ۱٪

- صنایع شیمیایی: ۶٪
- موارد متفرقه: ۱٪

۱-۴-۲-۱-تقسیم بندی سوپرآلیاژها

سوپرآلیاژها با توجه به ترکیب شیمیایی و فلز پایه آنها معمولا به شکل زیر دسته‌بندی می‌شوند.

- پایه نیکل
- پایه کبالت
- پایه آهن

سوپرآلیاژها از نظر نوع روش مورد استفاده برای ساخت قطعات از آنها به دو دسته ریختگی و کارشده تقسیم بندی می‌شوند.

در جدول (۱-۳) و (۱-۴) ترکیب شیمیایی برخی از سوپرآلیاژهای ریختگی و کارشده قابل مشاهده است.

جدول (۱-۳) ترکیب شیمیایی چند سوپرآلیاژ کارپذیر (کارشده) (درصد وزنی)

آلیاژ	Cr	Ni	Co	Mo	W	Nb	Ti	Al	Fe	C	other
IN600	15.5	76	–	–	–	–	–	–	8	0.08	0.25Cu
IN625	21.5	61	–	9	–	3.6	0.2	0.2	2.5	0.05	–
Hastelloy B	1max	63	2.5max	28	–	–	–	–	5	0.05max	0.03V
Hastelloy S	15.5	67	–	15.5	–	–	–	0.2	1	0.02max	0.02La
Haynes 188	22	22	37	–	14.5	–	–	–	3max	0.10	0.9La
Stellite B	30	1	61.5	–	4.5	–	–	–	1	1	–
Incoloy 907	–	34.4	13	–	–	4.7	1.5	0.03	42	0.01	0.15Si
IN706	16	41.5	–	–	–	–	1.75	0.2	37.5	0.03	2.9(Nb + Ta)

جدول (۱-۴) ترکیب شیمیایی چند سوپرآلیاژ ریختگی (درصد وزنی)

آلیاژ	C	Ni	Cr	Co	Mo	Fe	Al	B	Ti	Ta	W	Zr
IN738	0.17	61.5	16	8.5	1.75	_	3.4	0.01	3.4	_	2.6	0.1
IN100	0.18	60.5	10	15	3	_	5.5	0.01	5	_	_	0.06
CMSX - 2	-	66.2	8	4.6	0.6	_	5.6	_	1	6	8	6
Hastelloy X	0.1	50	21	1	9	18	_	_	_	_	1	_
Mar – M247	0.15	59	8.25	10	0.7	0.5	5.5	0.01	1	3	10	0.05
Rene 41	0.09	55	19	11	10	_	1.5	0.01	3.1	_	_	_
M-252	0.15	56	20	10	10	_	1	0.01	2.6	_	_	_

۱-۴-۲-۲- مقایسه سوپرآلیاژهای کارشده و ریخته‌گری شده

الف- سوپرآلیاژهای کارشده

یک آلیاژکارشده معمولا از شمش‌های ریختگی به دست می‌آید اما چندین بار تغییر شکل و عملیات پیش گرم روی آن انجام می شود تا به حالت نهایی خود برسد. آلیاژهای کارشده به مراتب همگن تر از آلیاژهای ریختگی که معمولا دارای جدایش ناشی ازفرایند انجماد هستند می باشند. جدایش نتیجه طبیعی انجماد آلیاژاست، اما در بعضی موارد به صورت شدیدتری رخ می‌دهد.

آلیاژ های کارشده معمولا انعطاف پذیرتر از آلیاژهای ریختگی هستند. انعطاف پذیری آلیاژ باعث می شود که بتوان آنها را به قطعات و اشکال بهتری درآورد . قطعات آهنگری نیز محصولات کارشده هستند که مزیت انعطاف پذیری بالاتر ماده کارشده برای تولید اشکال بزرگتر مانند، دیسک های توربین های گازی را دارند. هر آلیاژی را نمیتوان به صورت کارشده درآورد. بعضی از آلیاژها فقط به صورت ریخته تولید می‌شوند. آلیاژهایی که کارپذیری خیلی کمی دارند ابتدا با متالورژی پودر تولید شده و سپس آهنگری می شوند.

ب – سوپرآلیاژهای ریختگی

سوپرآلیاژهای ریختگی در ناحیه دما بالای توربین های گازی، به ویژه در قطعاتی نظیر پره‌های هوا بکار می‌روند. اکثر آلیاژهای ریختگی از نوع چند بلوری (PC) با دانه های هم محور و بعضی دیگر از نوع انجماد جهت دار یافته (DS) هستند. دانه های یک قطعه ریختگی انجماد جهت دار یافته با یکدیگر موازی هستند و تحت عنوان قطعات انجماد جهت دار یافته دانه

ستونی (CGDS) شناخته می شوند. ممکن است یک ریخته انجماد جهت دار یافته فقط دارای یک بلور با محور موازی با محور طولی پره های توربین باشد، دراین صورت به آن تک بلور انجماد جهت دار یافته (SCDS) گفته می شود. ترکیب شیمیایی آلیاژ به نحو موثری تعیین کننده استحکام دما بالای آن است. سوپرآلیاژهای پایه نیکل ریخته دارای بالاترین استحکام گسیختگی خزش در دماهی بالا هستند، به همین خاطر از آنها برای کار در پره های هوایی توربین گازی تحت شرایط دمای بالا و تنش زیاد استفاده می شود. در طرف مقابل قطعات آهنگری دانه ریز، استحکام تسلیم بالاتر و استحکام خستگی کم دامنه (LCF) بهتری در دماهای متوسط دارند و به همین دلیل از آنها در ساخت دیسک های آهنگری شده استفاده می شود.

بعضی از ویژگی ها و خواص سوپرآلیاژها

۱) فولادهای معمولی و آلیاژهای تیتانیوم در دماهای بالاتر از ۵۴۰ درجه سانتی گراد دارای استحکام کافی نیستند و امکان خسارت دیدن آلیاژ در اثر خوردگی وجود دارد.

۲) چنانچه استحکام در دماهای بالاتر (زیر دمای ذوب که برای اکثر آلیاژها تقریبا ۱۲۰۴ – ۱۳۷۱ درجه سانتی گراد است) مورد نیاز باشد، سوپرآلیاژهای پایه نیکل انتخاب می‌شوند.

۳) از سوپرآلیاژهای پایه نیکل می توان در نسبت دمایی بالاتری (نسبت دمای کار به دمای ذوب) در مقایسه با مواد تجاری موجود استفاده کرد. فلزات دیرگداز نسبت به سوپرآلیاژها دمای ذوب بالاتری دارند ولی سایر خواص مطلوب آنها را ندارند و به همین خاطر به طور وسیعی مورد استفاده قرار نمی گیرند.

۴) سوپرآلیاژهای پایه کبالت را می توان به جای سوپرآلیاژهای پایه نیکل استفاده کرد که این جایگزینی به استحکام مورد نیاز و نوع خوردگی بستگی دارد.

۵) استحکام سوپرآلیاژ نه تنها مستقیما به ترکیب شیمیایی بلکه به فرایند ذوب، آهنگری و روش شکل دهی، روش ریخته گری و بیشتر از همه به عملیات حرارتی پس از شکل دهی، آهنگری یا ریخته گری بستگی دارد.

۶) سوپرآلیاژهای پایه اهن نسبت به سوپرآلیاژ های پایه نیکل و کبالت ارزان تر هستند.

۷) سوپرآلیاژها مقاومت در برابر اکسیداسیون بالایی دارند اما در بعضی موارد مقاومت به خوردگی کافی ندارند . در کاربردهایی مانند توربین هواپیما که دما بالاتر از ۷۴۰ درجه سانتی گراد است سوپرآلیاژها باید دارای پوشش باشند.

۸) فن آوری پوشش دهی سوپرآلیاژها بخش مهمی از کاربرد و توسعه آنها می باشد. نداشتن پوشش به معنی کارایی کم سوپرآلیاژ در دراز مدت و دماهای بالا است.

۱-۴-۲-۳- سوپرآلیاژهای بر پایه‌ی کبالت

سوپرآلیاژهای بر پایه‌ی کبالت برای کاربردهایی که خوردگی داغ یک نگرانی اصلی است یا برای کاربردهای سازه‌ای تحت تنش‌های پایین در دماهای متوسط تا بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آلیاژها خواص گسیختگی تنشی و مقاومت خوردگی عالی از خود نشان می‌دهند.

مانند تمامی سوپرآلیاژها ریزساختار سوپرآلیاژهای پایه‌ی کبالتی شامل زمینه‌ی گامای FCC با تعدادی از فازهای استحکام‌بخش می‌باشد. با این حال رسوب سختی در سوپرآلیاژهای پایه کبالتی مانند رسوب سختی حاصل از γ' و γ'' مشاهده شده در سوپرآلیاژهای پایه نیکلی یا پایه نیکل-آهنی موثر نیست. این امر استحکام سوپرآلیاژهای پایه کبالتی را به طور عمده به تشکیل کاربید و محلول جامد وابسته کرده است.

چند نمونه از مزیت‌های سوپرآلیاژهای پایه کبالتی نسبت به بقیه‌ی سوپرآلیاژها عبارتند از:

- دمای ذوب بالاتر (به خاطر نقطه‌ی ذوب بالای کبالت) و در نتیجه منحنی‌های گسیختگی تنشی صاف‌تر که این امر منجر به این شده است که این آلیاژها قابلیت تنشی مفیدی تا دماهای بالاتر از سوپرآلیاژهای پایه نیکل-آهن یا نیکل پلی کریستالی پیدا کنند.
- مقاومت خوردگی داغ بالاتر به خاطر میزان کرم بالاتر
- مقاومت خستگی حرارتی و جوش‌پذیری بالاتر نسبت به سوپرآلیاژهای پایه نیکلی
- در این آلیاژها میزان آلومینیم و تیتانیم محدود اجازه کار یا ذوب در هوا یا گاز آرگون را می‌دهد که ارزان‌تر از ذوب در خلا می‌باشد.

یک گروه خیلی مهم از سوپرآلیاژهای پایه کبالتی، آلیاژهای مقاومت به سایش مانند Stellite 6B هست ولی داکتیلیتی پایین این آلیاژها استفاده از آن‌ها را تنها برای پوشش‌کاری محدود کرده است.

۱-۴-۲-۴- سوپر آلیاژهای بر پایه‌ی نیکل

سوپر آلیاژهای بر پایه‌ی نیکل، ترکیبی از بالاترین استحکام و دما را در میان تمامی سوپرآلیاژهای ریختگی و کارشده به خود اختصاص داده‌اند که این امر این آلیاژها را به گزینه‌ای ایده‌ال برای کاربردهایی مانند پره‌های توربین تبدیل کرده است. سوپر آلیاژهای بر پایه‌ی نیکل کارشده معمولاً در جاهایی که تافنس بالایی مورد نیاز است مانند قطعات توربین مثل دیسک‌ها و

پره‌های فورج شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثال‌هایی از آلیاژهای کارشده شامل Rene 41، Waspaloy و N-901 می‌باشد. آلیاژهای ریختگی برای مقاومت به خزشی و استحکام بالا در دمای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند مانند چرخ‌ها[1] و پره‌های ریخته‌گری دقیق شده. از جمله آلیاژهای ریختگی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Inconel 100, 713, 738.

در مورد سوپرآلیاژهای پایه نیکل، عناصر شرکت کننده برای افزایش خواص محلول جامد، به شکل تشکیل رسوبات و کاربیدها و پایدارکننده‌های سطح آزاد و مرزدانه معرفی شده‌اند. عناصر W، Mo و Ti استحکام بخش‌های محلول جامد بسیار موثری می‌باشند. حضور W و Mo باعث کاهش ضریب نفوذ آلیاژ می‌شود (معمولاً ارتباط معکوسی بین نقطه ذوب و نفوذپذیری آلیاژ وجوددارد). گرچه تاثیر افزایشی Cr روی استحکام محلول جامد کم می‌باشد ولی پتانسیل استحکام بخشی محلول جامد در آلیاژهای نیکل بالا می‌باشد زیرا مقادیر بالایی از Cr می‌تواند در زمینه Ni حل شود. عنصر Co استحکام‌بخشی محلول جامد نسبتاً کوچکی فراهم می‌کند ولی پایداری رسوبات γ' با اندازه زیر میکرون را در زمینه‌ی محلول جامد نیکل افزایش می‌دهد. سخت بودن حرکت نابجایی از میان ذرات منظم γ' در این آلیاژها علت استحکام خزشی بالای این آلیاژها در دماهای بالا می‌باشد. نکته قابل توجه این است که فاز γ' رفتار غیرعادی در افزایش این استحکام سه تا شش برابری با افزایش دما از دمای محیط تا دمای حدود ۷۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد از خود نشان می‌دهد.

حضور کاربیدها در امتداد مرزدانه‌ها در سوپرآلیاژهای پلی‌کریستالی باعث مقاومت به مهاجرت و لغزش مرزدانه‌ای می‌شود. عناصر سازنده‌ی کاربیدها مانند W، Mo، Nb، Ta، Ti، Cr و V منجر به تشکیل کاربیدهای M_7C_3، $M_{23}C_6$، M_6C و MC می‌شوند. پایدارکننده‌های سطحی شامل Cr، Al، B، Zr و Hf می‌باشند.

قابلیت دما بالای عالی سوپر آلیاژهای بر پایه‌ی نیکلی به علت ترسیب کسر حجمی بالای فاز γ' ($Ni_3(Al,Ti)$) می‌باشد که این امر نیاز به این دارد که میزان آلومینیم و تیتانیم حداقل ۴ تا ۶ درصد وزنی باشد. این فاز اصلی‌ترین فاز استحکام بخش در آلیاژهایی مانند Waspaloy، Rene 80 و Inconel 713 می‌باشد. تعدادی از سوپر آلیاژهای بر پایه‌ی نیکل بر پایه‌ی رسوب سختی استحکام نمی‌یابند بلکه بیشتر با تشکیل محلول جامد سخت می‌شوند مانند آلیاژ IN625.

[1] - Wheel

بعضی مواقع متالورژی پودر یا فورج هم‌دما برای تولید تعدادی از آلیاژهای کارشده با عناصر آلیاژی بالا مانند Rene 95 و Inconel 100 مورد نیاز است که این به خاطر کسر حجمی بالای فاز γ' می‌باشد که کارگرم شمش‌های ریختگی را مشکل می‌کند. جدایش دندریتی شدید، اندازه دانه‌ی درشت و فازهای بین دندریتی ترد که در طول انجماد تشکیل می‌شوند نیز کارگرم این آلیاژها را سخت می‌کند. زمانی‌که کسر حجمی فاز γ' بیشتر از ۴۰ تا ۴۵ درصد شود فاصله‌ی بین نقطه‌ی ذوب اولیه و خط انحلال خیلی باریک می‌شود و روش‌های کارگرم و متالورژی پودر را محدود می‌کند.

رفتار تغییرشکل سوپرآلیاژهای پایه نیکل با متالورژی فازهای موجود گره خورده است. انرژی نقص در چیده شدن این آلیاژها پایین می‌باشد و لذا تغییر شکل داغ با تبلور مجدد همراه است و کنترل ریزساختاری بر پایه فهم این پدیده و پاسخ آن به شرایط مختلف کارگرمی استوار است. بهبود خواص مکانیکی اغلب با میزان تغییر شکل باقی‌مانده به صورت نقایص نقطه‌ای و ریزساختار نابجایی ارتباط دارد.

۱-۴-۲-۵-آلیاژهای برپایه نیکل–آهن

سوپرآلیاژهای بر پایه نیکل – آهن با داکتیلیته و تافنس بالایشان شناخته می‌شوند و عمدتاً در جاهایی که این خواص مورد نیاز است مورد استفاده قرار می‌گیرند، جاهایی مانند: روتورهای فورج‌شده یا دیسک‌های توربین. این آلیاژها در شرایط کارشده استفاده می‌شوند، دلیل این موضوع آن است که این روش تولید، طیف وسیعی از مکانیزم‌های کنترل شکل و اندازه دانه را ارائه می‌دهد. علاوه بر تافنس بالای این آلیاژها، هزینه آن‌ها نیز پایین می‌باشد که این به دلیل مقادیر آهن قابل توجه اضافه شده می‌باشد.

سه گروه از آلیاژهای پایه آهن–نیکل وجود دارد. گروه اول آلیاژهای سخت شونده با استفاده از ترسیب می‌باشد که رسوبات γ' Ni3(Al,Ti) و γ'' (Ni_3Nb) در زمینه‌ای از γ با ساختار FCC تشکیل می‌شوند. گروه دوم، گروه با ضریب انبساط حرارتی پایین می‌باشند که در ادامه بحث خواهند شد. گروه سوم از آلیاژهای پایه آهن–نیکل، فولاد زنگ نزن اصلاح شده می‌باشد که عمدتا با محلول جامد و مقادیر کمی رسوبات کاربیدی سخت می‌شوند، مانند 19-9DL (فولاد زنگ نزن ۱۸–۸ با مقادیر جزئی کروم و نیکل به عنوان سخت کننده‌های انحلالی و نیز مقادیری بیشتری کربن) و Inconel-800H (۲۱٪ کرم، و نیکل بالا به همراه مقادیر اضافی تیتانیم و آلومینیم که مقداری فاز γ' ایجاد می‌کنند).

۱-۵-بررسی مواد مورد استفاده در قطعات داغ

۱-۵-۱-قطعات داغ نیروگاههای گازی

۱-۵-۱-۱-پره توربین

بطور کلی می‌توان گفت که در ساخت پره‌های گردان، هنگامی که دمای کار نسبتاً پایین باشد می‌توان از سوپرآلیاژهای فورج نظیر U520 و U720 استفاده کرد. با افزایش دمای پره‌ها، لزوم استفاده از آلیاژهای مقاومتر ریختگی نظیر IN738LC، IN792 و GTD111 بیشتر احساس می‌شود. نکته‌ای که در مورد این پره‌ها توجه به آن ضروری است آن است که هنگامی که دمای سطحی این نوع پره‌ها به حدود $700^{\circ}C$ و بالاتر برسد بایستی سطح آنها را با پوششهای مناسب پوشش داد. همچنین برای توربین‌های با دمای کاری بالا (بیش از $1100\ ^{\circ}C$) موادی که برای ساخت پره‌های ردیف اول مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی حتماً توسط هوا خنک گردند. اینکه در یک توربین با مشخصات مورد نیاز از کدامیک از سوپر آلیاژها در ساخت پره‌های آن استفاده گردد، بیشتر به سازنده آن توربین مربوط می‌شود. به عنوان مثال جدول (۱-۵) مواد مورد استفاده در ساخت پره‌های ثابت و گردان سه نوع مختلف از توربین‌های ساخته شده توسط سه سازنده مختلف را نشان می‌دهد.

آلیاژهای مورد استفاده تا اوایل دهه ۹۰ میلادی جهت ساخت پره‌های گردان توربین‌های GE شامل Udimet 500، U700، IN738 و GTD111 بوده‌اند.

آلیاژ U - 500 که در اواسط دهه ۶۰ میلادی بطور عمده برای ساخت پره‌های گردان ردیف اول ساخت شرکت GE مورد استفاده قرار می‌گرفت امروزه بیشتر برای ساخت پره های ردیف ۳ استفاده می شود و از آن برای ساخت پره های ردیف اول توربین های جدید استفاده نمی‌گردد. در حوالی سالهای ۱۹۷۰ – ۱۹۶۵ میلادی، با افزایش دمای توربین های ساخت GE از سوپر آلیاژ Rene 77 (U700) جهت ساخت پره های ردیف اول توربین‌هـــای گازی استفـــاده شده و پس از آن با ابداع سوپر آلیاژ IN738LC از این آلیاژ در محدوده سالهای ۱۹۸۴ – ۱۹۷۱ میلادی جهت ساخت پره های ردیف اول توربین های GE استفاده گردید. پس از عرضه سوپر آلیاژ GTD - 111 در اوایل دهه ۸۰ میلادی، استفاده از این سوپر آلیاژ جهت ساخت پره های ردیف اول ساخت GE بسیار فراگیر شد و بنابراین از سوپر آلیاژ IN738LC در ساخت پره های ردیف دوم توربین های پیشرفته استفاده شد. IN 738LC یکی از مناسب ترین مواد مورد استفاده در ساخت پره های توربین بوده است که ترکیب

مناسبی از خواص استحکام خزشی در دماهای بالا و مقاومت به خوردگی را ارائه داده است.IN738LC اولین ماده مورد استفاده در ساخت پره های توربین های GE است که قبل از آنکه در پره های هوایی ساخت این شرکت مورد استفاده قرار گیرد، در توربین های زمینی استفاده گردید. این آلیاژ که اولین بار توسط شرکت INCO به بازار عرضه گردید پس از بهینه سازیهای فراوان، امروزه به عنوان یک ماده بسیار بهینه جهت ساخت پره های توربین توسط بسیاری از سازندگان مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول (۱-۵) مواد مورد استفاده در ساخت پره های گردان و ثابت توربین های گازی مختلف

نوع توربین	تعداد ردیف‌ها	ماده مورد استفاده در پره‌های گردان	ماده مورد استفاده در پره‌های ثابت
GE MS 7001F	۳	GTD 111	FSX 414
GE MS 7001F	۳	ردیف اول GTD 111 DS ردیف ۲ و ۳ GTD 111	ردیف اول یک آلیاژ پایه کبالت جدید ردیف ۲ و ۳ : GTD222
W/MHI 501F	۴	ردیف ۳-۱ : IN73BLC ردیف ۴ : U520	ردیف ۱ و ۲ : ECY768 ردیف ۳ و ۴ : X45
ABB GT13E	۵	ردیف ۴-۱ : IN 738LC ردیف ۵ : Nim 101	ردیف ۳-۱ : IN 939 ردیف ۴ : X- 45 ردیف ۵ : Nim 263

مهم‌ترین سوپر آلیاژهای مصرفی در ساخت پره های توربین گازی ساخت شرکت وستینگهاوس تا اوایل دهه ۹۰ میلادی ، U500، U520، U710، U720، IN738LC بوده‌اند. همچنین گفته شده که تا این محدوده زمانی شرکت ABB بیشتر از سوپر آلیاژهای IN 738 LC و IN 939 برای ساخت پره های توربین های خود استفاده نموده است.

شرکت زیمنس نیز در این محدوده زمانی بطور عمده از سوپر آلیاژهای IN738LC،IN792، U720 و Nimonic 90 جهت ساخت پره های گردان توربین های خود استفاده کرده است.

انواع سوپرآلیاژهای مورد استفاده در ساخت پره‌های ثابت و متحرک در نیروگاههای مختلف ایران در جداول (۱-۶) و (۱-۷) نشان داده شده است.

جدول (۱-۶) مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های متحرک توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	تعداد	نوع و مدل پره
IN738-LC	۸۹	V94.2 ردیف اول
IN738-LC	۸۹	V94.2 ردیف دوم
IN738-LC	۶۳	V94.2 ردیف سوم
IN738-LC	۹۲	F9 ردیف سوم
IN738-LC	۱۲۰	F5 ردیف اول
IN738-LC		GT13E2 ردیف اول تا چهارم
IN738-LC	۱۰۳ ۹۳ ۷۱	MW701D ردیف اول دوم سوم
IN792/Nim90	۴۳	V94.2 ردیف چهارم
GTD111	۹۲	F9 ردیف اول
GTD111	۹۲	F9 ردیف اول
U500	۹۰	F5 ردیف دوم
IN101		GT13E2 ردیف پنجم
X750		MW701D ردیف اول
U500	۸۰	Acec-Fiat TG20 ردیف اول
U520	۷۰	Acec-Fiat TG20 ردیف دوم
X750	۶۵	Acec-Fiat TG20 ردیف سوم
U520	۷۱	V93.1 ردیف اول
Nim90	۷۱	V93.1 ردیف دوم
Nim80A	۵۵	V93.1 ردیف سوم
Nim80A	۵۵	V93.1 ردیف چهارم

جدول (۱-۷) مواد مورد استفاده در ساخت انواع پره‌های ثابت توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	تعداد	نوع و مدل پره
IN738-LC	۴۶	V94.2 ردیف اول
IN738-LC	۴۸	V94.2 ردیف دوم
IN939	۵۰	V94.2 ردیف سوم
IN939	۵۴	V94.2 ردیف چهارم

FSX-414	۱۸	F9 ردیف اول
GTD222	۱۶	F9 ردیف دوم
GTD222	۱۶	F9 ردیف سوم
FSX-414	۱۰	F5 ردیف اول
N155	۶۲	F5 ردیف دوم
IN939	۹۳	GT13E2 ردیف اول تا چهارم
X-45		GT13E2 ردیف پنجم
ECY768	۶۰	MW701D ردیف اول
X-45	۱۶-۱۸-۲۰	MW701D ردیف دوم تا چهارم
X-45	۴۰	Acec-Fiat TG20 ردیف اول
X-45	۲۴	Acec-Fiat TG20 ردیف دوم
X-45	۱۲	Acec-Fiat TG20 ردیف سوم
U500	۴۴	V93.1 ردیف اول
N155	۸	V93.1 ردیف دوم
ATS15	۵۸	V93.1 ردیف سوم
ATS15	۵۶	V93.1 ردیف چهارم

۱-۵-۱-۲- محفظه احتراق و متعلقات

محفظه‌های احتراق عموما از ورق‌های آلیاژی پایه نیکل ساخته می‌شوند. Hastelloy X و آلیاژهای۶۱۷، ۲۳۰ ازجمله مواد مورد استفاده در ساخت محفظه احتراق می‌باشند. ترکیب شیمیایی این مواد در جدول (۱-۸) آورده شده است. مهمترین ویژگیهای این مواد به شرح زیر است:

- شکل پذیری خوب
- خواص دما بالای مناسب (استحکام خزشی، مقاومت به خستگی حرارتی، مقاومت به اکسیداسیون)
- عدم نیاز به عملیات حرارتی پس از جوشکاری

جدول (۱-۸) ترکیب شیمیایی برخی از آلیاژهای مورد استفاده در ساخت محفظه احتراق

Table 4. Compositions of typical sheet alloys (in weight percent)

Alloy	Cr	Co	Mo	W	Mn	Al	Ti	Si	Fe	C	B	La	Ni
Hastelloy X	22	1.5	9	0.6	1[a]	--	--	1[a]	18	0.1	0.008[a]	--	bal
617	22	12.5	9	--	1.0*	1.2	0.6[a]	1.0[a]	3[a]	0.1	0.006*	--	bal
230	22	5[a]	2	14	0.5	0.3	--	0.4	3[a]	0.1	0.015	0.02	bal

[a] Maximum

برا ط هوا،

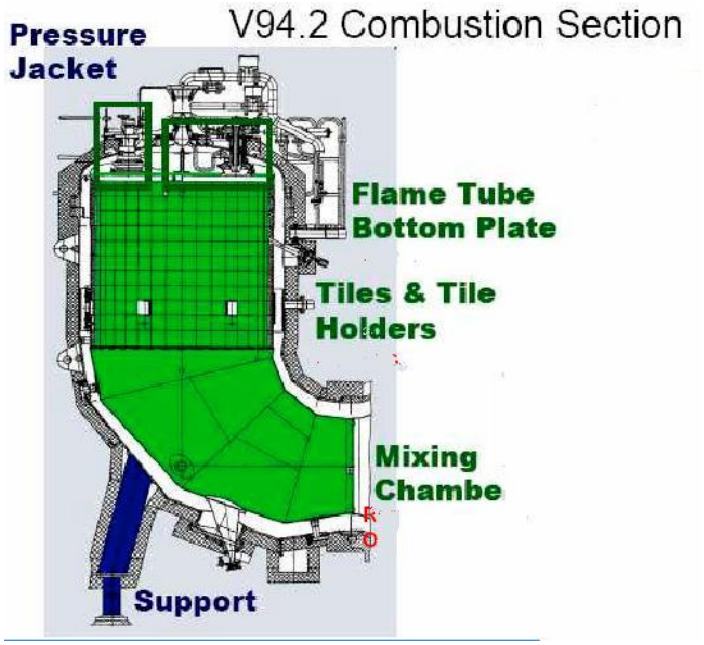
پوششهای TBC و همچنین نسوزهای سرامیکی استفاده می‌شود. مواد فوق را با اطمینال خاطر می‌توان در بسیاری از انواع توربینهای گازی مورد استفاده قرار داد. در عین حال با افزایش دمای گاز و دمای ورودی در توربینهای گاز و ایجاد شرایط و محصولات احتراق پیچیده، تلاشهای مضاعف برای جایگزینی این مواد با مواد جدیدتر صورت می‌گیرد. در این خصوص می‌توان به کاربرد آلیاژهای فریتی مستحکم شده با ذرات اکسیدی و کامپوزیتهای زمینه سرامیکی اشاره نمود. همچنین کاربرد کامپوزیتهای زمینه سرامیکی SiC-SiC و اکسید-اکسید مورد توجه قرار گرفته است. نمونه لاینر محفظه احتراق که از کامپوزیت سرامیکی ساخته شده است در شکل (۱-۷) نشان داده شده است.

شکل (۱-۷) لاینر محفظه احتراق ازجنس کامپوزیت سرامیکی

برای بررسی بیشتر اجزای محفظه احتراق نمونه‌ای از توربین گازی زیمنس V94.2 را مورد بررسی قرار می‌دهیم. این توربین شامل دو محفظه احتراق از نوع سیلو است که در دو طرف آن و به صورت عمودی قرار داشته و به پوسته توربین متصل

می گردند. این نوع طراحی امکان استفاده از انتقال هم مرکز هوا و گاز کم سرعت از کمپرسور به محفظه احتراق و از محفظه احتراق به توربین را فراهم می کند و باعث افت فشار کمتر می گردد. هوای کمپرسور از بین پوسته داخلی و خارجی محفظه احتراق گذشته و قطعات در معرض هوای گرم را خنک می کند از طرف دیگر تقارن و دو بار تغییر مسیر جریان باعث ایجاد دما و فشار یکنواخت تر در ورودی توربین می شود.

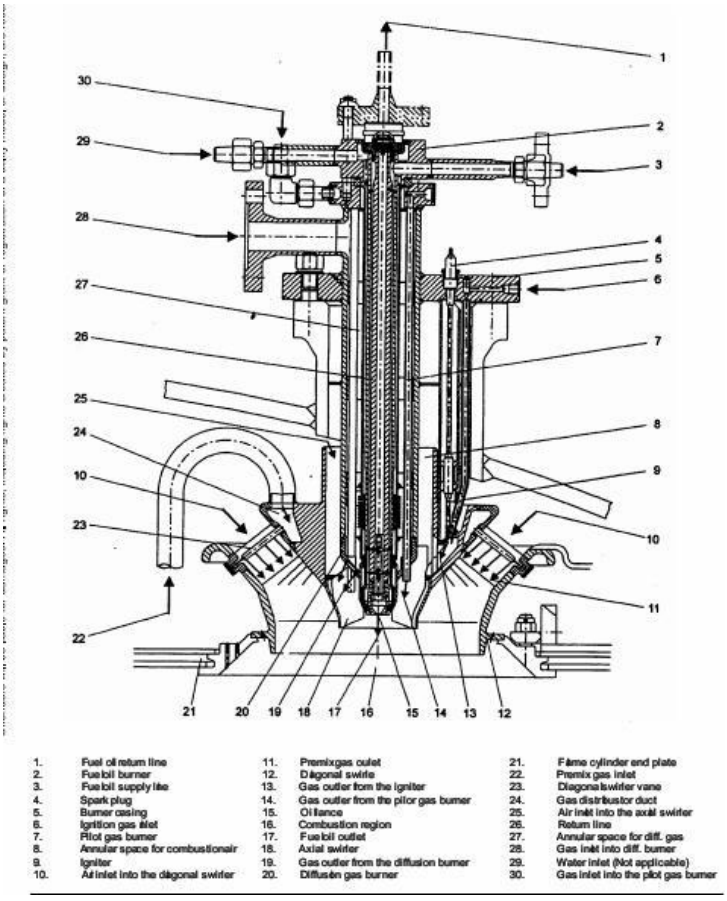
هر محفظه احتراق دارای ۸ عدد برنر می باشد که با سوختهای مایع، گازی و حالت دو سوختی می توانند کار کنند. سطح داخلی محفظه احتراق با مواد نسوز پوشیده شده است. این محفظه احتراق انعطاف پذیری بزرگی را در ابعاد و شکل بندی ایجاد کرده است که باعث در دسترس بودن و سهولت در بازرسی و تعمیرات شده است. شکل (۱-۸) ، اجزای محفظه احتراق را نشان می دهد. صفحه بالائی محفظه احتراق از جنس اینکونل ۶۱۷ می‌باشد.



شکل (۱-۸) محفظه احتراق توربین زیمنس V94.2

مشعل بخش اصلی محفظه احتراق محسوب می شود (شکل(۱-۹)). کارکرد مشعل در سه حالت کلی گازی پیش مخلوط، گازی نفوذی و سوخت مایع می باشد. در شرایط گازی پیش مخلوط (pre mix gas burner) قسمت اعظم هوا از طریق

diagonal swirler و بقیه آن از طریق axial swirlerو با چرخش ایجاد شده توسط پره های آنها وارد محفظه احتراق می گردند و به طبع آن هوای موجود در محفظه احتراق نیز در همان جهت شروع به گردش می کند. گاز طبیعی بوسیله توزیع کننده بین برنرها تقسیم شده و از قسمت ۲۲ نشان داده شده در شکل (۱-۹) وارد پره های diagonal swirler شده و با هوا مخلوط می گردد و سپس وارد محفظه احتراق می شود. در این حالت برای حفظ پایداری شعله مقداری از گاز از طریق چهار لوله (شماره۱۴ نشان داده شده در شکل (۱-۹)) وارد محفظه احتراق می گردد که به آن پیلوت می گویند.

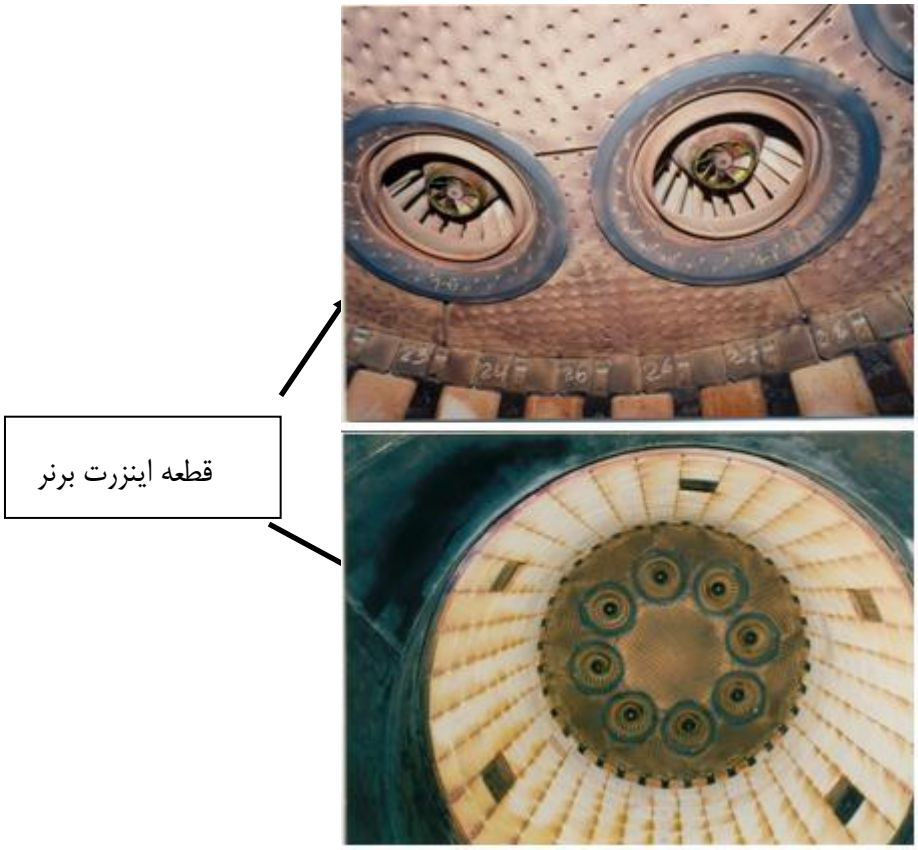


شکل (۱-۹): مشعل توربین زیمنس V94.2

در حالت کارکرد گازی نفوذی (diffusion gas burner)، سوخت گازی از طریق ورودی ۲۸ و سپس ۲۷ نشان داده در شکل (۱-۹) وارد برنر شده و با گذشتن از منافذ پوسته axial swirler با هوا آمیخته می گردد و وارد محفظه احتراق می شود.

لازم به ذکر است که این حالت فقط در توانهای پایین استفاده می شود. از طرفی در حالت کارکرد سوخت مایع(fuel oil burner) ، مقدار سوخت مایع تزریقی از طریق فشار خط برگشتی کنترل می گردد. سوخت مایع با فشار ۷۲ بار وارد محفظه چرخش نازل سوخت شده و با توجه به فشار خط برگشتی مقداری از آن به سیستم سوخت مایع برگشت داده شده و مقداری از آن با همان چرخش و از قسمت ۱۶ نشان داده شده در شکل (۱-۹) وارد محفظه احتراق می شود.

اینزرت برنر یکی دیگر از قطعات موجود در محفظه احتراق توربین گازی زیمنس V94.2 می‌باشد. این قطعه بصورت یکپارچه در اطراف مشعل‌های محفظه احتراق توربین قرار گرفته است. شکل (۱-۱۰) محل قرارگیری این قطعه در توربین را نشان می‌دهد. تعداد قطعه اینزرت برنر در هر محفظه احتراق ۸ عدد و در توربین گازی زیمنس برابر با ۱۶ عدد می‌باشد. این قطعه از فولاد زنگ نزن مقاوم به حرارت نیوبیوم‌دار ساخته می‌شود و مشخصه DIN آن GZ-X10NiCrNb32-20 است.



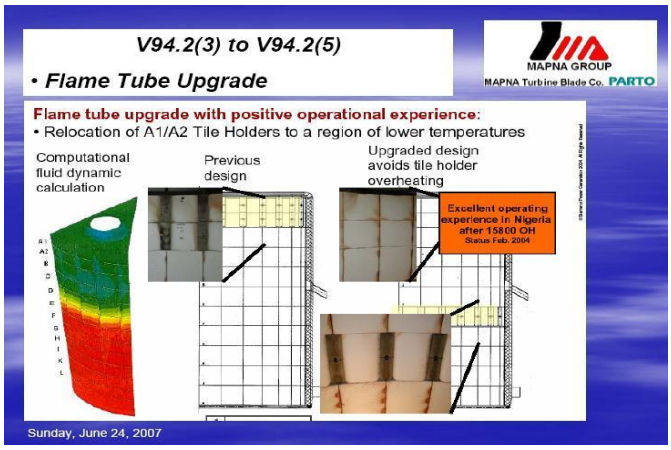
شکل (۱-۱۰): مکان اینزرت برنر در محفظه احتراق

هاب یکی از قطعات اینرکیسینگ توربین گازی زیمنس V94.2 می‌باشد. این قطعه بصورت استوانه‌ای شکل درون اینرکیسینگ قرار دارد و یک سر آن به اینرکیسینگ جوش داده شده است. محصولات احتراق پس از عبور از میکسینگ چمبر درون اینرکیسینگ آمده و پس از برخورد به هاب، هدایت شده و وارد توربین می‌شود. شکل(۱-۱۱) نمای ظاهری اینرکیسینگ و هاب و شکل (۱-۱۲) نمای ظاهری میکسینگ چمبر را نشان می‌دهند. جنس این قطعات از سوپرآلیاژ پایه نیکل اینکونل ۶۱۷ است.

شکل (۱-۱۱): نمای ظاهری اینرکیسینگ و هاب و نحوه قرار گیری هاب

شکل (۱-۱۲): نمای ظاهری میکسینگ چمبر

نگهدارنده‌های آجر نسوز (Brick Holder یا Tile Holder) قطعات مهمی هستند که وظیفه مهار آجرهای نسوز را در دو محفظه احتراق توربین گازی به عهده دارند، در بالاترین ارتفاع داخلی هر محفظه احتراق توربین گازی ورژن ۳ دو ردیف نگه دارنده بنام های A_1 و A_2 قراردارند، آجر نسوز این دو ردیف توسط ۱۴۴ نگهدارنده مهار می‌شوند، بنابراین تعداد کل نگهدارنده های این دو ردیف با توجه به وجود ۲ محفظه احتراق در یک واحد ، جمعاً تعداد ۲۸۸ عدد می باشد، که نیمی از نگه دارنده های این دو ردیف با نیمه دیگر، از نظر شکل قرینه هستند. پس از نگه دارنده آجرهای نسوز ردیف‌های A_1 وA_2 ، ده ردیف نگه‌دارنده آجرهای نسوز به نام های B، C، D، E، F، G، H، J، K، Lبه ترتیب از بالا به پائین قرار گرفته است و آجرهای نسوز را در بر می گیرند، برای هر نگه‌دارنده یک زوج سوراخ در امتداد عمودی بر روی پوسته داخلی اتاق احتراق تعبیه شده است که فاصله عمودی هر زوج سوراخ معادل ارتفاع آجر نسوز می‌باشد. جنس نگهدارنده ها **Nimonic 75** می باشد (شکل (۱-۱۳)).



ردیف	جنس	تعداد در هر واحد
A_1 ،A_2	Nimonic 75	۱۴۴ عدد
		۱۴۴ عدد
B-L		۵۲۸ عدد
		۱۴۴ عدد
		۲۴ عدد
		۲۴ عدد

شکل(۱-۱۳) : نحوه قرارگیری آجرها و نگهدارنده آنها در محفظه احتراق

تمام مواد فلزی دیگر شامل صفحه بالائی محفظه احتراق، flame tube، pressure jacket از جنس فولاد کم کربن است.

تمامی قطعات فلزی محفظه احتراق فاقد پوشش می باشند ولی در حال حاضر بصورت اختیاری پوششهای TBC مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طبق مستندات نیروگاهی و شبیه سازی انجام گرفته، دمای تقریبی شعله بین ۱۶۰۰ تا ۲۱۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. دمای تقریبی در جداره داخلی سرامیکی محفظه احتراق بین ۵۳۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد است. دما در داخل محفظه احتراق نیز بین ۹۷۸ تا ۱۶۱۲ درجه سانتیگراد می باشد. دمای تقریبی در جداره اینزرت برنر نیز بین ۷۳۶ تا ۹۰۶ درجه سانتیگراد است.

با توجه به توضیحات فوق و در نظر داشتن این نکته که محفظه های احتراق توربینهای مدل GE، میتسوبیشی و آسک فیات از نوع لاینر و ترانزیشن پیس می‌باشد، جدول (۱-۹) اطلاعات مربوط به نوع و میزان مواد مصرفی در ساخت این قطعات داغ توربینهای گازی نصب شده در کشور را ارائه می‌دهد.

جدول (۱-۹) مواد مورد استفاده در ساخت انواع محفظه‌های احتراق توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل توربین
IN617	۶۸۰۰	۳۴۰۰	۲	V94.2 (سیلو)
Hast. X	۳۹۲	۲۸	۱۴	(لاینر و کراس فایر تیوب) F9
Nimonic 263	۷۷۰	۵۵	۱۴	F9 (ترانزیشن پیس)
Hast. X	۱۴۶	۱۴/۶	۱۰	F5 (لاینر)
Hast. X	۲۴۵	۲۴/۵	۱۰	F5 (ترانزیشن پیس)
IN617			۲	GT13E2 (سیلو)
Hast. X			۱۸	MW701D (لاینر)
Hast. X			۱۸	MW701D (ترانزیشن)
Hast. X	۲۰۵/۶	۲۵/۷	۸	Acec-Fiat TG20 (ترانزیشن)
Hast. X	۱۵۹/۲	۲۰/۴	۸	Acec-Fiat TG20 (لاینر)
V93.1 (NiCr20Ti or Nim75)	۳۸۰۰		۲	V93.1 (سیلو)

۱-۵-۱-۳- دیسک‌های توربین

در توربینهای زمینی به دلیل آنکه وزن ازجمله پارامترهای اصلی انتخاب مواد بشمار نمی‌رود دیسک و روتور معمولا از جنس فولادهای با ۱۲٪ کرم ساخته شده و در مواردی که استحکامهای بالاتری مورد نظر باشد از انواع پیشرفته‌تر اینگونه آلیاژها استفاده می‌شود. در عین حال برای افزایش دما در توربینهای گازی پرفشار جدید تمایل به جایگزینی این آلیاژها با الیاژهای پایه نیکل وجود دارد. ازجمله مواد پیشنهاد شده در این زمینه می‌توان به آلیاژ IN706 اشاره نمود که مشابه آلیاژ IN706 است. IN706 بطور گسترده‌ای برای ساخت دیسک در توربینهای هوایی استفاده می‌شود. ترکیب این دو آلیاژ در جدول (۱-۱۰) نشان داه شده است. مهم‌ترین تفاوت دیسک توربین هوایی و زمینی ابعاد و اندازه آن است که موجب شده تا اصلاحاتی در آلیاژهای مورد استفاده در توربینهای هوایی انجام شود تا قابلیت ساخت آنها در عین حفظ خواص توسعه یابد. شرکت جنرال الکتریک مهمترین ملزومات در این خصوص را به شکل زیر درنظر گرفته است.

- عاری بودن از جدایش در قطعات فورج شده بزرگ
- کارپذیری گرم با توجه به ظرفیت تجهیزات فورج موجود
- قابلیت ماشینکاری بالاتر از IN718
- افزایش نیافتن هزینه‌ها در مقایسه با IN718

برای دستیابی به اهداف فوق تکنیکهای پیشرفته تصفیه مذاب مورد استفاده قرار گرفته و شمشهای عاری از جدایش ماکروسکوپی عناصر آلیاژی تهیه می‌شود. این شمشها سپس فورج عملیات حرارتی می‌شوند تا خواص مکانیکی بهینه در آنها ایجاد شود.

جدول (۱-۱۰) ترکیب شیمیایی آلیاژهای مورد استفاده در ساخت دیسکهای توربین

Alloy	Cr	Co	Mo	Nb	Al	Ti	Ni	C	Bal
IN706	16	1.0 max	__	3	0.4 max	1.75	31.5	0.06 max	Fe
IN718	19	1.0 max	3	5	0.5	0.9	53	0.08 max	Fe

انواع آلیاژهای مورد استفاده در ساخت دیسک توربین در نیروگاههای ایران در جدول (۱-۱۱) آورده شده است. لازم به ذکر است که تمامی این آلیاژها از انواع فولادهای آلیاژی حاوی ۱۲ درصد کروم همراه با عناصر آلیاژی نظیر Mo، Nb، V و W بوده و لذا از ذکر آنالیز جزئی آنها صرف‌نظر می‌شود.

جدول (۱-۱۱) مواد مورد استفاده در ساخت انواع دیسک توربین گازی در نیروگاههای ایران

نام آلیاژ	وزن کل (kg)	وزن	تعداد	نوع و مدل توربین
CrMoV / CrMoVWNb Steels	۱۲۶۵۹	۲۶۸۸-۳۵۶۰	۴	V94.2 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۴)
CrMoV Steels			۳	F9 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۳)
CrMoV Steels	۳۵۹۲	۱۵۵۱-۲۰۴۱	۲	F5 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۲)
CrMoV / CrMoVWNb Steels			۵	GT13E2 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۵)
NiCrMoV Steels			۳	MW701D (دیسکهای ردیف ۱ الی ۳)
NiCrMoV Steels			۳	Acec-Fiat TG20 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۳)
CrMoV Steels	۶۱۶۳	۱۳۱۲-۱۷۳۰	۴	V93.1 (دیسکهای ردیف ۱ الی ۴)

۱-۵-۲-قطعات داغ نیروگاههای بخاری

۱-۵-۲-۱-فولادهای بکار رفته در اجزای بویلر

انتخاب مواد در بویلر به عوامل مختلفی بستگی دارد. برای مثال برای لوله های سوپرهیتر، ری هیتر، هدرها و لوله های بخار، استحکام خزشی و استحکام گسیختگی مهمترین عامل می باشد. در صورتیکه برای لوله های واتروال، مقاومت به خوردگی سمت آتش و مقاومت اکسیداسیون سمت بخار اهمیت زیادی دارد و یا برای قطعات ضخیم هدرها و لولـــه‌های بخار،

قابلیت ساخت، جوش پذیری، تافنس شکست و مقاومت به خستگی حرارتی نیاز است. لوله های بویلر بصورت بدون درز و یا با روش جوش مقاومتی تولید می شوند.

لوله های بدون درز جهت واحدهای پر فشار که نیاز به ضخامتهای لوله فراتر از محدوده لوله های جوشکاری شده دارند بکار می روند. فولادهای با کربن متوسط کاربرد عمده‌ای در بویلر و لوله های جداره کوره دارند زیرا این نوع فولاد ها تنشهای بالائی را نسبت به فولادهای کم کربن در دمای ۲۵۰-۳۶۰ °C تحمل می کنند. بعلاوه خواص مکانیکی بهتری نیز نسبت به فولادهای کم کربن داشته و می توان لوله های با ضخامت کمتر را در مقایسه با فولادهای کم کربن در شرایط مساوی بکار برد.

معمولاً بالاترین دماهای کاربردی در سوپر هیترها و ری هیترها می باشد . لذا این لوله ها باید از موادی که از خواص دما بالا و همچنین مقاومت به اکسیداسیون بیشتری و بهتری برخوردارند استفاده کرد. فولادهای کربنی برای دمای ۴۵۵-۵۱۰ °C بسته به فشار کاری مفید و اقتصادی هستند. در دمای بالاتر، فولادهای آلیاژی بکار گرفته می شوند چرا که فولادهای کربنی دارای مقاومت به اکسیداسیون و تنش مجاز کمتری در این دماها هستند. معمولا دو یا چند آلیاژ برای ساختن سوپر هیترها بکار می رود. برای قسمتهای ورودی از فولادهای کم آلیاژی نظیر فولادهای کربنی – مولیبدنی و برای قسمتهای خروجی که دمای بخار و فلز بالاتر است از فولادهای کم کروم یا با مقدار متوسط کروم استفاده می شود. معمولا از فولاد زنگ نزن در داغ ترین قسمت سوپرهیتر استفاده می شود تا بتواند شرایط کاری با فشار نسبتا بالا (۱۸۰۰-۴۰۰۰psi) و دماهای ۵۴۰-۵۶۵ °C را که در قسمتهای مرکزی قرار دارند تحمل نماید.

بطورکلی فولادهای نوع کرولوی[۲] فولادهائی هستند که بیشترین کاربرد را در سوپرهیترها دارند. فولادهای مذکور در استاندارد ASTM نام گذاری شده و به فولادهای آلیاژی کروم دار اشاره می کنند که معمولا در سه نوع فولادهای کروم – مولیبدنی ، زنگ نزن کروم دار و زنگ نزن کروم نیکل دار وجود دارند. فولادهای نوع کروم – مولیبدن دارای مقادیر مختلفی از مولیبدن می باشند و معمولا مغناطیسی هستند. این فولادها فریتی بوده و رفتاری شبیه به فولادهای پر کربن دارند. حرارت دادن این فولادها در دمای تحول یا بالاتر از دمای تحول، که جهت شکل دادن و یا جوشکاری نیاز است موجب حساسیت به

1- Croloy

سخت شدن در حین سرد شدن در هوا می شود. افزایش عناصر پایدار کننده کربن مانند تیتانیوم و نیوبیوم موجب محدود کردن سخت شدن این فولادها در حین سرد کردن در هوا خواهد شد.

نوع زنگ نزن فولادهای کرولوی عبارتند از فولادهای کم کربن کروم – نیکل دار که محتوی بیش از ۱۶٪ کروم و مقدار کافی نیکل جهت فراهم سازی ساختار آستنیتی در تمامی دماها می باشند. مقدار متوسط عناصر دیگر نظیر مولیبدن، نیوبیوم، نیوبیوم بعلاوه تانتالیوم، تیتانیوم و سیلیسیم ممکن است جهت دستیابی به مقاصد خاص افزوده شوند. فولادهای آستنیتی کرولوی معمولا غیر مغناطیسی بوده ولی ممکن است پس از کار سرد به مقدار جزئی مغناطیسی شوند. این فولادها در حین سرد شدن در هوا سخت نمی شوند لذا سختی این فولادها را می‌توان با کار سرد افزایش داد.

نوع زنگ نزن فریتی فولادهای کرولوی معمولا به فولادهای پرکروم و یا بعبارت دیگر فولادهای کرومی اشاره می‌کند. این فولادها محتوی بیش از ۱۱/۵٪ کروم هستند. در مقایسه با فولادهای آستنیتی)نیکل – کروم دار(این فولادها فرو مغناطیسی و دارای انعطاف پذیری کم و حساس به شیار [۳] بوده که ساختار دانه أی آن در حین جوشکاری یا عملیات حرارتی در دمای بالا ، رشد می کند. از این فولادها در شرایطی که نیاز به مقاومت در برابر خوردگی در دمای بالا است استفاده وسیعی می شود.

از فولادهای کرولوی بطور وسیعی در لوله های سوپر هیتر استفاده می شود. نوع معمول این فولادها که در بویلرها کاربرد دارند عبارتند از: کرولوی ۰/۵، کرولوی ۱/۲۵، کرولوی ۲/۲۵ و کرولوی ۹. در بین فولادهای زنگ نزن آستنیتی نوع ۸–۱۸، فولادهای نوع H304 TP و H 321 TP که محتوی تیتانیوم هستند بیشترین استفاده را دارند.

۱-۵-۲-۲- فولادهای ساده کربنی

لوله‌های اکونومایزر و بیشتر لوله های واتروال از این فولاد ها ساخته می شوند. مهمترین عنصر فولادهای ساده کربنی منگنز در حدود ۰/۲۵ – ۰/۶ درصد می باشد که برای افزایش استحکام افزوده می شود. خصوصیات مورد انتظار از این فولادها با توجه به قسمت های مورد استفاده، مقاومت اکسیداسیون در سمت آب/ بخار و مقاومت خوردگی در سمت آتش/دود است. در جدول (۱–۱۲) بالاترین دمای مجاز کاری (دمای فلز لوله) فولادهای بویلر آورده شده است. ملاحظه می شود که فولادهای

[1]-Notch Sensitive

ساده کربنی حداکثر در دمای ۵۳۸ °C قابل کاربرد می باشند که البته در عمل معمولاً در دماهای کمتری بکار برده می شوند.

ساختار فولادهای ساده کربنی فریتی ـ پرلیتی است.

جدول(۱-۱۲) دمای مجاز برای کارکرد بعضی از فولادهای بویلر

Tube steel type	ASME specification No.	ASME °F (°C)	Babcock and Wilcox °F (°C)	Combustion Engineering °F (°C)	Riley Stoker °F (°C)
Carbon steel	SA-178 C	1000 (538)	950 (510)	850 (454)	850 (454)
Carbon steel	SA-192	1000 (538)	950 (510)	850 (454)	850 (454)
Carbon steel	SA-210 Al	1000 (538)	950 (510)	850 (454)	850 (454)
C-Mo	SA-209 T1	1000 (538)	...	900 (482)	900 (482)
C-Mo	SA-209 T1a	1000 (538)	975 (524)	...	...
Cr-Mo	SA-213 T11	1200 (649)	1050 (566)	1025 (552)	1025 (552)
	SA-213 T22	1200 (649)	1115 (602)	1075 (580)	1075 (580)
Stainless	SA-213 321H	1500 (816)	1400 (760)	...	1500 (816)
Stainless	SA-213 347H	1500 (816)	...	1300 (704)	...
Stainless	SA-213 304H	1500 (816)	1400 (760)	1300 (704)	...

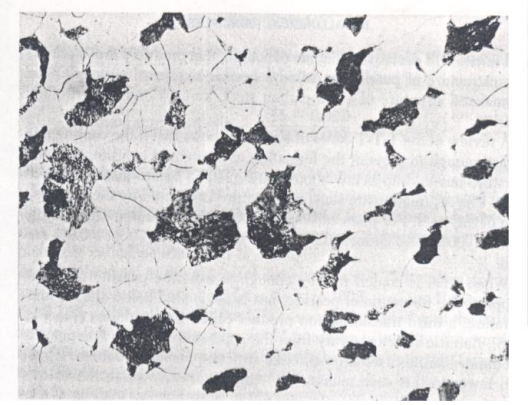
شکل (۱-۱۴) ریز ساختارنمونه ای از این فولاد را نشان می دهد. تغییرات ریزساختاری این فولادها در طول سرویس به صورت زیر می باشد.

۱- کروی شدن لایه های سمنتیت در داخل دانه های پرلیت

۲-پخش کاربیدها در کل ساختار و تبدل ساختار از حالت فریتی- پرلیتی به فریتی-کاربیدی

۳-درشت شدن کاربیدها

۴-تجزیه کاربیدها و تشکیل گرافیت



شکل(۱-۱۴) ریز ساختار فولاد SA-209

۱-۵-۲-۳- فولادهای کم آلیاژ

مهمترین فولادهای این گروه خانواده های Mo 5/0 – Cr1 و Mo1- Cr 25/2 می‌باشند که کاربردهای زیادی در بویلر دارند و بخش اعظمی از لوله ها از این فولادها ساخته می شوند. مهمترین عناصر بکار رفته در این فولادها کرم ، مولیبدن و منگنز هستند که علاوه بر افزایش مقاومت به خوردگی باعث بهبود خواص استحکام خزشی و استحکام گسیختگی تنشی می‌شوند.

براساس نوع عملیات حرارتی، ریز ساختار این فولادها می تواند شامل سه فاز فریت ، پرلیت و بینیت باشد. ریز ساختار فولاد در شرایط آنیلی شامل فریت و پرلیت و در شرایط نرمالایز و تمپر شده شامل فریت و بینیت می باشد. در جوشکاری و مواقعی که گرم شدن و سرد شدن سریع موضعی رخ می دهد ناحیه درشت دانه کاملاً بینیتی در مجاورت خط ذوب تشکیل می‌گردد.

ریز ساختار بینیت مقاومت خزشی بهتری در شرایط تنش بالا و زمان کوتاه دارد اما در دمای بالا نسبت به ساختار پرلیتی سریع تر تغییر می یابد. در مقابل ریز ساختار فریت – پرلیت در تنش پایین و دماهای متوسط خواص خزشی بهتری را داراست. چون هر دو ریز ساختار در نهایت به ساختار کروی تبدیل می شوند انتظار می رود در طولانی مدت به استحکام های خزشی یکسانی منتهی شوند. براساس اطلاعات موجود تخمین زده می شود که این یکسان شدن در ۵۰۰۰۰ ساعت و در دمای $^{\circ}C$ ۵۴۰ اتفاق افتد.

استحکام خزشی فولادهای کروم – مولیبدنی اساساً از دو فرآیند بوجود می آید:

۱- مستحکم شدن محلول جامد زمینه (فریت) با عناصر کربن ، مولیبدن و کروم

۲- سخت شدن رسوبی توسط کاربیدها

اگر چه انواع مختلفی از کاربیدها حضور دارند، اما فاز اصلی کاربیدی و مسئول استحکام دهی ، ذرات ریز کاربیدهای MC_2 هستند که M عموماً مولیبدن می باشد. ریز ساختار اولیه فریت – بینیت شامل کاربیدهای FeC_3 – کاربیدهای اپسیلون و کاربیدهای ریز MC_2 است.

از فولادهای مهم در خانواده فولادهای فریتی ، فولادهای سوپر کروم هستند . این فولادها بین ۹ تا ۱۲درصد کروم دارند. کروم باعث افزایش مقاومت خوردگی و اکسیداسیون می گردد. در سالهای اخیر تحقیقات قابل توجهی در مورد فولادهای سوپر

کروم صورت گرفته است. گرچه حجم فولادهای سوپر کروم بکار رفته در نیروگاههای کشور پایین می باشد، اما این فولاد بدلیل انطباق میزان انبساط حرارتی با فولادهای کم آلیاژی و مقاومت اکسیداسیون بهتر جایگزین مناسبی برای فولادهای آستنیتی می باشد. در جدول (۱-۱۳) ترکیب شیمیایی چندین فولاد ۹ تا ۱۲ درصد کروم آورده شده است.

جدول (۱-۱۳) ترکیب شیمیایی چندین فولاد کروم دار

Steel	Composition, % C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Ti	B	Others
9%Cr Steels												
T9	0.12	0.6	0.45	...	9.0	1.0	...	...	...	...	...	...
HCM9M (Ref 15)	0.07	0.3	0.45	...	9.0	2.0	...	...	...	...	...	...
NSCR9 (Ref 16)	0.08	0.2	0.90	...	9.0	2.0	...	0.15	0.05	...	...	...
Tempaloy F-9 (Ref 17)	0.06	0.5	0.60	...	9.0	1.0	...	0.25	0.40	...	0.005	...
EM12 (Ref 18)	0.10	0.4	0.10	...	9.0	2.0	...	0.30	0.40	...	...	...
T91 (Ref 19)	0.10	0.4	0.45	...	9.0	1.0	...	0.20	0.08	...	...	...
9Cr-Mo-W (Ref 20)	0.07	0.06	0.45	...	9.0	0.5	1.8	0.20	0.05	...	0.004	...
9Cr-Mo-W TB9 (Ref 21)	0.08	0.05	0.50	0.1	9.0	0.5	1.8	0.20	0.05	...	...	0.05 N
9Cr-Mo-W NF616 (Ref 22)	≤0.15	≤0.50	≤1.0	...	9.0	0.5	1.8	0.20	0.05	...	0.0002	0.037 N
12%Cr Steels												
HCM12 (Ref 23)	0.10	0.3	0.55	...	12.0	1.0	1.0	0.25	0.05	...	...	...
AMAX12Cr (Ref 24)	0.07	0.3	0.60	...	12.0	1.5	1.0	0.20	0.05	...	...	...
HT9 (Ref 25)	0.20	0.3	0.55	...	12.0	1.0	...	0.25	...	...	...	...
JETHETE M154	0.14	0.2	0.70	2.4	12.0	1.8	...	0.35	...	...	...	0.05 N
TB12	0.08	0.05	0.50	0.1	12.0	0.5	1.8	0.20	0.05	...	0.003	0.05 W
18Cr-8Ni Steel												
TP304H	0.08	0.6	1.6	8.0	18.0	...	...	...	...	...	...	...
Tempaloy A-1 (Ref 26)	0.12	0.6	1.6	10.0	18.0	...	...	...	0.10	0.08	...	...
TP321H	0.08	0.6	1.6	10.0	18.0	...	...	...	...	0.5	...	...
TP316H	0.08	0.6	1.6	12.0	16.0	2.5	...	...	...	...	...	...
TP347H	0.08	0.6	1.6	10.0	18.0	...	...	...	0.8	...	...	...
15Cr-15Ni Steel												
17-14 CuMo (Ref 27)	0.12	0.5	0.7	14.0	16.0	2.0	...	...	0.4	0.3	0.006	3.0 Cu
Esshete 1250 (Ref 28)	0.12	0.5	6.0	10.0	15.0	1.0	...	0.2	1.0	...	0.006	...
Tempaloy A-2	0.12	0.6	1.64	14.1	17.8	1.57	...	...	0.24	0.10	...	...
20-25Cr Austenitic steel												
TP310S	0.08	0.6	1.6	20.0	25.0	...	...	...	...	...	...	...
NF709 (Ref 29)	0.15	0.5	1.0	25.0	20.0	1.5	...	...	0.2	0.1	...	...
HR3C (Ref 30)	0.06	0.4	1.2	20.0	25.0	...	...	...	0.45	...	...	0.2 N
NF707 (Ref 31)	0.08	0.5	1.0	35.0	22.0	1.5	...	...	0.2	0.1	...	...
800H	0.08	0.5	1.2	32.0	21.0	...	...	...	...	0.5	...	0.4 Al
Mod. 800H (Ref 32)	0.08	0.4	0.8	34.0	22.0	1.25	...	...	0.4	...	...	...
Incoloy 807	0.06	0.43	0.97	39.0	20.5	...	4.60	...	0.95	0.30	...	7.6 Co, 0.4 Al
HK4M	0.23	0.56	1.23	25.0	25.0	...	...	...	...	0.39	...	0.35 Al
High-Cr, high-Ni steel												
CR30A (Ref 33)	0.06	0.3	0.2	50.0	30.0	2.0	...	...	...	0.2	...	0.03 Zr
HR6W (Ref 34)	0.08	0.4	1.2	43.0	23.0	...	6.0	...	0.18	0.08	0.003	...
Inconel 617	...	0.40	0.40	54.6	22.0	8.5	...	...	...	0.40	...	12.5 Co, 1.2 Al
Inconel 671 (cladding)	0.05	...	...	51.5	48.0	...	...	...	...	...	...	...

این فولادها حداکثر تا دمای ۵۹۵ °C قابل استفاده می‌باشند. خواص فیزیکی از مزایای با ارزش فولادهای ۱۲٪ کروم مخصوصاً در کاربردهای دما بالا می باشد. انبساط حرارتی کمتر آنها در مقایسه با فولادهای آستنیتی یک فاکتور مهم است. برای مثال یک دیگ بخار با ۳ متر لوله های فولاد آستنینی در دمای ۵۹۵ °C تقریباً ۳۰ سانتیمتر منبسط می گردد که آشکار است این مقدار ازدیاد طول باعث مشکلات عدیده ای می گردد. از طرف دیگر انبساط کم فولادهای سوپرکروم همراه با هدایت

حرارتی بالا باعث تنش های حرارتی کمتر نسبت به فولادهای آستنیتی در شرایط یکسان می گردد. سوپر کروم ها نه تنها نسبت به فولادهای مرسوم آستنیتی مورد استفاده در محدوده دمایی یکسان ،تنش حرارتی کمتر و مقاومت بیشتر نسبت به خرابی دارند بلکه نسبت به فولادهای کم آلیاژ و کربنی نیز مناسب تر هستند. بیشتر کاربردهای فولادهای ۱۲٪ کروم به خواص مکانیکی آنها بستگی دارد. با انجام عملیات حرارتی مختلف محدوده فوق العاده ای از استحکام کششی ۶۲۰-۲۰۷۰ Mpa برای این فولادها فراهم می گردد. روشهای ویژه سختکاری ترمودینامیکی مانند Marstraining,Ausforming استحکام بالاتری ایجاد می نمایند.

۱-۵-۲-۴- فولادهای آستنیتی

در مجموعه لوله های بویلر، مناطقی که دارای بیشترین دمای کاری هستند مانند سوپر هیتر ها و ری هیترهای نهایی معمولاً از فولادهای آستنیتی استفاده می شود. این فولادها معمولاً جزء خانواده Ni 8 – Cr 18 می باشند (جدول۱-۱۴). فولادهای زنگ نزن آستنیتی دارای مقاومت به خوردگی خوب و استحکام کششی و خزشی عالی در دمای بالا می باشند. این فولادها در صورتی که شرایط کاری مناسبی داشته باشند، در سوپرهیتر به مدت ۳۵ سال و یا تا زمانی که کارآیی خوبی داشته باشند، مورد استفاده قرار می گیرند.

جدول(۱-۱۴) ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی برخی فولادهای آستنیتی

Grade	Cr (%)	Ni (%)	C (%) (Max.)	Other	Tensile (psi)	Yield (psi)	Elongation (% in 2 in)	BHN
Ferritic				---				
405	11.5/14.5		0.08	---	60,000	25,000	20	183
410	11.5/13.5		0.15		5,000	30,000	20	217
430	16/18		0.12		5,000	30,000	30	183
Austenitic								
304	18/20	8/10.5	0.08		75,000	30,000	40	183
304L	18/20	8/12	0.03		70,000	25,000	40	183
309	22/24	12/15	0.08		75,000	30,000	40	217
310	24/26	19/22	0.08		75,000	30,000	40	217
316	16/18	10/14	0.08	Mo 2.0/3.0	75,000	30,000	40	217
321	17/19	9/12	0.03	Ti 5 × C, Min.	75,000	30,000	40	183
347	17/19	9/13	0.08	Cb +Ta 10x C, Min	75,000	30,000	40	183

از فولادهای مرسوم آستنیتی، رده های ۳۰۴، ۳۲۱ و ۳۴۷ می باشند. البته این فولادها به رده های کربن بالا (H) و کربن کم (L) تقسیم می شوند. در جدول (۱-۱۵) اختلاف موجود در میزان کربن آلیاژ رده ۳۰۴ آورده شده است.

جدول (۱-۱۵) اختلاف میزان کربن در فولاد ۳۰۴

فولاد	۳۰۴L	۳۰۴	۳۰۴H
درصد کربن	حداکثر ۰/۰۳۵	حداکثر ۰/۰۸	۰/۰۴-۰/۱

در واقع برای کاربرد در دماهای بالاتر از ۵۳۸°C، مطابق استاندارد ASME حداقل کربن ۰/۰۴ درصد می باشد تا بدین ترتیب از استحکام خزشی کافی برخوردار باشد. در سوپرهیتر و ری هیتر رده پر کربن ترجیح داده می‌شود. چرا که استحکام خزشی مناسبی دارد و این عامل پارامتر مهمی است که باید در طراحی در نظر گرفته شود. رده های دیگری همچون 304N و 304L نیز موجود می باشند که حرف N نمایانگر وجود نیتروژن (۰/۱۶ – ۰/۱ درصد) و حرف L نشاندهنده این است که حداکثر میزان کربن ۰/۰۳۵ درصد است.

برخلاف فولادهای فریتی که تغییرات ریز ساختاری برجسته ای دارند، تغییرات ریز ساختاری فولادهای آستنیتی زیاد نمی باشد و فقط شامل موارد زیر است:

- تشکیل کاربیدهای کروم که در نتیجه آن مقاومت به خوردگی کاهش می یابد
- تشکیل ترکیب بین فلزی کروم – آهن (فاز سیگما)
- رشد دانه ها که به صورت تابعی از دما و زمان می باشد

فولادهای آستنیتی نسبت به خوردگی سمت آتش و خوردگی در دمای بالای جریان گاز حساس می باشند زیرا آنها نسبت به ترکهای اکسیدی حساستر از فولادهای فریتی می باشند.

در بویلرهای مازوت سوز، در شرایطی که دمای گاز بالا باشد، فولادهای آستنیتی در مقایسه با فولادهای فریتی، زمینه مساعدتری برای ایجاد ترکهای اکسیدی و پوسته ای شدن دارند. در واقع علت اصلی افزایش سرعت خوردگی در این فولادها، تشکیل مجدد لایه اکسیدی محافظ می باشد.

تلفیق همزمان دو پدیده زیر عامل اصلی مشکلات ایجاد شده برای فولادهای آستنیتی است.

- مستعد بودن این فولادها به ترکهای اکسیدی و پوسته ای شدن

- حمله ترکیبات وانادیم به لایه اکسیدی محافظ این فولادها (که غالباً لایه نازکی است).

همچنین لایه های اکسیدی ایجاد شده به دلیل تنشهای ناشی از انبساط حرارتی بین فلز و اکسید از سطح لوله برداشته می شوند و این امر باعث می گردد که سرعت تشکیل لایه اکسیدی روی این لوله ها افزایش یابد در حالی که لوله های فریتی به ندرت با پوسته ای شدن لایه اکسیدی مواجه اند چرا که ضریب انبساط فلز و اکسید اختلاف کمی داشته و در نتیجه اکسیدهای ایجاد شده پیوستگی و چسبندگی خود را در طول عمر لوله حفظ می کنند. تأثیر مهم ترکیبات وانادیم مستقیماً نیز می تواند سبب خوردگی شود. علاوه بر این برحسب غلظت ترکیبات و منشا موثر اکسیژن، محدوده وسیعی از ترکیبات وانادیم که شامل اکسیدهای وانادیم و سولفات سدیم می باشند، ایجاد می شوند. اگر واناداتهای مذاب به لایه اکسیدی محافظ لوله ها برسند، تجزیه شده و به صورت وانادات های کروم و آهن در می‌آیند و در نتیجه میزان حفاظت لوله ها کاهش می یابد.

۱-۵-۲-۵-مواد مرسوم بکار رفته در ساخت روتور توربینهای بخار

در اواسط سالهای ۱۹۴۰، فولادهای Ni-Mo-V، برای ساخت روتورهای توربین‌های بخار مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به نیاز به استحکام خزشی بالاتر، در اوایل سالهای ۱۹۵۰ میلادی، فولاد جدید Cr-1Mo-0.25V۱ وارد عرصه شد که تا به حال نیز به عنوان ترکیب استاندارد برای روتورهای توربین های بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

امروزه فولادهای مرسوم در روتورهای فورج شده توربین‌های فشار قوی (HP) و فشار متوسط (IP)، فولادهای (۱٪CrMoV)CrMoV و برای روتورهای فشار ضعیف (LP)، از جنس NiCrMoV (3-3.5%NiCrMoV) هستند.

همچنین اخیراً در ساخت تعداد اندکی از روتورها، از فولادهایی با عناصر آلیاژی بالاتر(٪Cr 12-9) نیز استفاده شده است. برای توربینهای بخار که نیازمند استحکام کافی در دماهای بالا هستند، اغلب مواد مقاوم در دمای بالا (نظیر فولاد ٪Cr 12) مورد استفاده قرار می گیرد. از فولاد ٪C12 در بخشهای فشار بالا (بدلیل استحکام در دمای بالای این فولاد) استفاده شده در حالیکه در بخشهای کم فشار، ترجیحاً از فولادهای کم آلیاژی (به واسطه تافنس بالاتر اینگونه فولادها در مقایسه با فولادهای ٪Cr 12) استفاده می شود. در جدول (۱-۱۶)، ترکیب شیمیایی برخی از انواع مرسوم فولادهای روتور ٪Cr 12 ارائه شده است.

جدول (۱-۱۶) ترکیب شیمیایی مواد مورد استفاده در ساخت روتور

Alloy	Developed in	Composition, % C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Ta	N	Al
In use													
X21CrMoV121	Germany	0.23	0.55	0.20	0.55	11.7	1.0	...	0.30	...	...	...	...
11Cr-Mo-V-Nb-N	United States	0.16	0.62	0.25	0.38	11.1	1.0	...	0.22	0.57	...	0.05	...
11Cr-Mo-V-Ta-N	Japan	0.17	0.60	0.06	0.35	10.6	1.0	...	0.22	...	0.07	0.05	...
Developmental													
10Cr-Mo-V-Nb-Ta-N (alloy 3.1)	Japan (Ref 67)	0.09	0.29	0.06	0.30	10.13	0.98	...	0.20	0.1	0.07	0.07	...
10Cr-Mo-V-W-Nb-N (alloy 4.2)	Japan (Ref 67)	0.13	0.49	0.04	0.96	10.40	1.01	0.82	0.20	0.07	...	0.06	...
10Cr-Mo-V-Nb-N (TR1100, TMK1)	Japan (Ref 21 and 68)	0.14	0.50	0.05	0.6	10.20	1.5	...	0.17	0.06	...	0.04	0.002
10Cr-Mo-V-W-Nb-N (TR1150, TMK2)	Japan (Ref 21 and 68)	0.13	0.50	0.05	0.7	10.2	0.4	1.8	0.17	0.06	...	0.05	0.005
11Cr-Mo-V-W-Nb-N (TR1200)	Japan (Ref 21)	0.12	0.50	0.05	0.8	11.2	0.3	1.8	0.20	0.06	...	0.06	0.005
Superclean X21CrMoV121	France (Ref 73)	0.20	0.06	0.03	0.75	11.5	1.0	...	0.30	...	...	...	...
High-nitrogen steels	Germany/ Switzerland (Ref 74)	0.06	0.55	0.20	0.55	10.0	1.45	...	0.22	0.07	...	0.16	...
		0.08	0.55	0.20	0.55	12.6	2.0	...	0.10	0.06	...	0.33	...

۱-۵-۲-۵-۱- مواد جدید بکار رفته در ساخت روتور توربینهای بخار

با افزایش دمای بخار در توربینهای بخار، می توان به بازدهی بالاتری دست یافت که این مهم ، نیازمند بکارگیری آلیاژهایی با ترکیب بهینه است. اینگونه عنوان شده که با بهینه کردن ترکیب شیمیایی و پایدار کردن فازهای کاربیدی در ریز ساختار فولادها، می توان دمای کاری بخار در توربین نهایی بخار را افزایش داد. در این راستا فولاد CrMoWVNb 12 نمونه ای از انواع فولادهایی است که با این هدف طراحی شده و مورد بررسی قرار گرفته است. این فولاد دارای ساختار فریتی بوده و در سال ۱۹۹۸، در ساخت روتور توربین نیروگاه حرارتی Haramachi شرکت Tohoku Electric Power استفاده شده است. فولاد دیگری که برای استفاده تحت شرایط بخار دما بالا (بیشتر از 650 °C) پیشنهاد شده است، فولاد CrWCoMoVNbB می باشد. هدف اصلی در ساخت این فولاد ، افزایش استحکام گسست خزشی بوده است. افزودن عناصر Co و B به فولاد CrMoWVNb 12 و نیز افزایش W (کاهش نسبت Mo به V) نیز در این راستا صورت گرفته است. قابل ذکر است که از این فولادها تحت عنوان مواد روتور توربین‌های بخار التراسوپرکریتیکال یاد می‌شود.

در جدول (۱-۱۷) ترکیب شیمیایی فولادهای بکار رفته در روتور توربینهای بخار برخی از نیروگاههای بخاری کشور ارائه شده است.

جدول (۱-۱۷) ترکیب شیمیایی فولادهای روتور توربین بخار برخی از نیروگاههای حرارتی ایران

نیروگاه منتظر قائم											
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V
HP-IP Rotor	Forged steel	–	۰/۲۷–۰/۳۷	۰/۲۰Min	۰/۷۰–۱/۰۰	۰/۰۱۵Max	۰/۰۱۵Max	۱/۰۰–۱/۳۰	۱/۰۰–۱/۳۰	۰/۵۰Max	۰/۲۱–۰/۲۹
LP rotor	Forged steel	–	۰/۳۵Max	۰/۱Min	۰/۲–۰/۴	۰/۰۱۵Max	۰/۰۱۵Max	۰/۳–۰/۶۰	۱/۵–۲/۰	۳/۲۵–۳/۷۵	۰/۰۷–۰/۱۵

نیروگاه تبریز											
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V	%Cu
HP turbine rotor shaft	KT5000D-S6	۰/۲۶–۰/۳۳	Max ۰/۳۰	۰/۶۵–۰/۸۵	Max ۰/۰۲۰	Max ۰/۰۲۰	۱/۱۰–۱/۵۰	۰/۹۰–۱/۲۰	Max ۰/۶۰	۰/۲۰–۰/۳۰	–
LP rotor shaft	–	۰/۲۸Max	Max ۰/۱۰	۰/۲۰–۰/۴۰	Max ۰/۰۲۰	Max ۰/۰۲۰	۰/۳۰–۰/۵۰	۱/۵۰–۲/۰۰	–۳/۷۵ ۳/۲۵	۰/۰۷–۰/۱۵	Max ۰/۳۵

نیروگاه طوس									
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V
HP turbine rotor shaft	DIN 21CrMoNiV 4 7	−۰/۱۷ ۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۶۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	−۰/۶۵ ۰/۸	−۰/۹ ۱/۲۵	−۰/۵ ۰/۷۵	−۰/۲۵ ۰/۳۵
IP rotor shaft	21 CrMOV 57	−۰/۱۷ ۰/۲۵	−۰/۱۵ ۰/۳۵	۰/۸۵−۰/۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	−۰/۶۵ ۰/۸۰	−۱/۲۰ ۱/۵۰	−	−۰/۲۵ ۰/۳۵

نیروگاه شهید رجایی										
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V
LP rotor	NiCrMoV steel forging	-	۰/۳۵ Max	۰/۱۲ Max	۰/۴۰−۰/۲۰	۰/۰۱۵ Max	۰/۰۱۵ Max	۰/۶۰−۰/۳۰	−۱/۵۰ ۲/۰۰	−۳/۲۵ ۳/۷۵	−۰/۰۷ ۰/۱۵

نیروگاه شهید منتظری اصفهان											
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V	%Cu
HP rotor shaft	P2MA (روسیه)	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۴۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	۰/۹۵	۱/۶۸	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۱
IP rotor shaft	P2MA (روسیه)	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۴۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۱/۰۱	۱/۷	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۰۷
LP rotor shaft	P2MA (روسیه)	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۵۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۹۳	۱/۶۵	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۰۸

نیروگاه شازند											
%Cu	%V	%Ni	%Cr	%Mo	%P	%S	%Mn	%Si	%C	علامت استاندارد	قطعه
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30Cr1Mo1V	HP turbine rotor
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30Cr1Mo1V	IP turbine rotor
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25Cr2Ni4MoV	LP turbine rotor

۱-۵-۲-۶- مواد بکار رفته در ساخت پوسته توربینهای بخار

هدف اولیه انتخاب مواد مورد استفاده در ساخت پوسته توربین، بهبود استحکام خزشی بوده که منجر به تغییر فولادهای مورد استفاده از C-0.5Mo به Cr-0.5Mo۱ و از 0.5Cr-Mo-025V به Cr-1Mo-0.25V۱ شده‌است. در سالهای ۱۹۶۰ و اوایل ۱۹۷۰ استفاده کنندگان این فولادها با موارد متعدد ترک خوردگی ناشی از گرمایش مجدد یا ترک خوردگی ناشی از عملیات آزادسازی تنش در ناحیه HAZ جوش مواجه شدند که این مساله محققان را بر آن داشت که به اهمیت پدیده داکتیلیتی پارگی یا گسست اهمیت دهند. در این دوران فولادهای Cr-0.5Mo-0.25V پا به عرصه گذاشتند.

طراحی پوسته توربین نیز با هدف حذف ترکهای حاصل از ساخت و ترکهای ایجاد شده در حین سرویس دهی بهبود یافت. در سالهای بعد فولاد Cr-1Mo۲,۲۵ با داکتیلیتی خزشی بالاتر، مقاومت خستگی سیکل پایین بالاتر و قابلیت تعمیر بهتر بوسیله جوشکاری وارد عرصه شدند. در طراحی های امروزین از یکی از این دو فولاد بسته به سازنده توربین استفاده می شود.

در اوایل سالهای ۱۹۷۰ فولاد بهبود یافته ۱,۲۵ Cr 0.5Mo با افزودن تیتانیم و بور مورد بررسی قرار گرفت. این فولاد به میزان قابل توجهی استحکام گسست و داکتیلیتی گسست بالاتری نسبت به فولاد استاندارد ۱,۲۵ Cr 0.5Mo دارد.

در جدول (۱-۱۸)، ترکیب شیمیایی و محدوده حرارتی کاربردی نمونه هایی از فولادهای ریختگی مورد استفاده در ساخت پوسته توربینها ارائه شده است.

جدول (۱-۱۸) ترکیب شیمیایی و محدوده حرارتی کاربردی نمونه هایی از فولادهای ریختگی پوسته توربینها

Material	Composition, wt % C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Range of application, °C
Flake-graphite gray cast iron(a)	3.00	1.80	0.70	...	...	...	400 max
Ferritic SGI(a)	3.22	2.94	0.25	...	...	...	...
Carbon steel	0.20 max	0.50 max	1.10 max	...	...	...	...
C-½Mo	0.25 max	0.20-0.50	0.50-1.00	...	0.50-0.70	...	480 max
Cr-½Mo	0.15 max	0.60 max	0.50-0.80	1.00-1.50	0.45-0.65	...	525 max
2¼Cr-1Mo	0.15 max	0.45 max	0.40-0.80	2.00-2.75	0.90-1.10	...	538 max
Cr-Mo-V	0.15 max	0.15-0.30	0.40-0.60	0.70-1.20	0.70-1.20	0.25-0.35	565 max
½Cr-Mo-V	0.10-0.15	0.45 max	0.40-0.70	0.40-0.60	0.40-0.60	0.22-0.28	565 max

(a) Typical composition.

در جدول صفحات بعد ترکیب شیمیایی پوسته توربین بخار برخی از نیروگاههای حرارتی داخل کشور ارائه شده است.

نیروگاه طوس										
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%V	عناصر دیگر%
IP casing	GS-17CrMoV511	۰/۱۵–۰/۲۰	۰/۶۰ max	۰/۹۰–۰/۵۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰	۱/۱۰–۰/۹۰	–۱/۲۰ ۱/۵۰	۰/۳۰–۰/۲۰	Sn max ۰/۰۲۵
LP casing outer shell	DIN GGG 40	۳/۵۵	۲/۵۷	۰/۲۰	۰/۰۰۵	۰/۰۲۰	–	–	–	%Mg ۰/۰۶۰
HP casing outer shell	GS-17CrMoV511	۰/۱۵–۰/۲۰	Max ۰/۶۰	۰/۹۰–۰/۵۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰	۰/۹۰–۱/۱۰	۱/۵۰–۱/۲۰	۰/۱۵ –۰/۰۸	Sn max ۰/۰۲۵
LP Inner casing	GS-17CrMoV511	۰/۱۵–۰/۲۰	Max ۰/۶۰	۰/۹۰–۰/۵۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰	۰/۹۰–۱/۱۰	۱/۵۰–۱/۲۰	۰/۱۵ –۰/۰۸	–

نیروگاه منتظر قائم									
قطعه	نوع آلیاژ	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%V
پوسته HP	-	۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۷۰			۱/۰۵	۱/۲۵	۰/۳۰
Inner casing	-	۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۷۰			۱/۰۵	۱/۲۵	۰/۳۰
HP innercasing	Cr Mo cast steel	۰/۱۷Max	۰/۶۰Max	۰/۴۰–۰/۷۰	۰/۰۶Max	۰/۰۶Max	۰/۹۰–۱/۲۰	۲/۰۰–۲/۷۵	–
LP inner casing	Carbon steel plate	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	–	–	–
HP-IP outer casing	Cr Mo Mn cast steel	۰/۲۰Max	۰/۶۰Max	۰/۵۰–۰/۸۰	۰/۰۶Max	۰/۰۶Max	۰/۴۵–۰/۶۵	۱/۰۰–۱/۵۰	–
Lp outer casing	Carbon steel late	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	–	–	–

نیروگاه تبریز										
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V
HP outer casing	Cr-Mo cast steel	KT5102KS21	۰/۲–۰/۱	۰/۴۶	۰/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۱/۸۰–۱/۳۰	۱/۶۵–۰/۹۰	/۵۰Max ۰	۰/۳۵–۰/۰۵
HP Inner casing	Cr-Mo cast steel	KT5102KS21	۰/۲–۰/۱	۰/۴۶	۰/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۱/۸۰–۱/۳۰	۱/۶۵–۰/۹۰	/۵۰Max ۰	۰/۳۵–۰/۰۵
IP inner casing shell(upper & lower)	-	-	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۵۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	–	۲/۳۹	–	

نیروگاه شهید سلیمی (نکا)										
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	عناصر دیگر
HP turbine Casing	X20CrMoV 121	۰/۱۷–۰/۲۳	۰/۵۰ Max	۱/۰۰Max	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۸۰–۱/۲۰	۱۰/۰–۱۲/۵	۰/۳۰–۰/۸۰	%V۰/۲۵–۰/۳۵
HP turbine Casing	St 35.8	۰/۱۷ Max	۰/۱۰–۰/۳۵	۰/۴۰–۰/۸۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	–	–	–	–
HP turbine Casing	15Mo3	۰/۲۰–۰/۱۲	۰/۳۵ Max	۰/۴۰–۰/۹۰	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۲۵–۰/۵	۰/۳۰ Max	۰/۳۰ Max	%Cu ۰/۳۰ Max %Al ۰/۰۵۰ Max
IP turbine Casing	15Mo3	۰/۲۰–۰/۱۲	۰/۳۵ Max	۰/۴۰–۰/۹۰	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۲۵–۰/۵	۰/۳۰ Max	۰/۳۰ Max	%Cu ۰/۳۰ Max %Al ۰/۰۵۰ Max

نیروگاه شازند

قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	عناصر دیگر
HP turbine Casing	ZG15Cr2Mo1									
IP turbine Casing	ZG15Cr2Mo1									
LP turbine Casing	Q235-B	۰/۱۲–۰/۲۰	max ۰/۳۰	۰/۳۰–۰/۷۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	–	max ۰/۳۰	max ۰/۳۰	Cu max ۰/۳۰
HP Steam Chest	1Cr11MoV	۰/۱۱–۰/۱۸	max ۰/۵۰	max ۰/۶۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۵۰–۰/۷۰	۱۰/۰–۱۱/۵	max ۰/۶۰	Cu max ۰/۳۰ V ۰/۲۵–۰/۴۰

۱-۵-۲-۷- مواد مورد استفاده در ساخت پره‌های توربین بخار

پره‌های توربین بخار، از فولادهای زنگ نزن فورج شده AISI 403، AISI 410 و AISI 422 حاوی ۱۲٪ کروم ساخته می‌شوند. افزودن مولیبدن، تنگستن و وانادیوم (مثلا در نوع AISI 422) منجر به افزایش استحکام خزشی می‌شود. همه ترکیبهای تجاری فولادهای فورج ۱۲٪ کروم مورد استفاده در روتورها را می‌توان برای پره‌های فورج شده نیز بکار برد. فولادهای فورج ۱۲٪ کروم تجاری در دسترس برای شرایط فاز صفر (بخار در دمای phase 0: 565 ºC) مناسب هستند. تحت شرایط فاز یک (بخار در دمای phase I : ۵۹۵ ºC)، ترکیبات بهبود یافته فولاد فورج شده روتور Cr%12 یا Nimonic 80A کاندید مناسبی برای پره‌های Control-stage هستند. در پره‌های بلند مورد استفاده در توربینهای ری هیت، ممکن است نیاز به استفاده از سوپرآلیاژهای پایه نیکل نظیر Nimonic 80A، M252 یا Refractaloy 26 باشد. تحت شرایط فاز دو (بخار در دمای phase II: 650ºC) نیاز به استفاده سرتاسری از سوپرآلیاژ پایه نیکل در پره‌ها می‌باشد. در جدول (۱-۱۹)، ترکیب شیمیایی فولادهای پره‌های توربین‌های بخار برخی از نیروگاههای بخاری کشور ارائه شده است.

جدول (۱-۱۹)، ترکیب شیمیایی فولادهای پره‌های توربین‌های بخار برخی از نیروگاههای بخاری کشور

نیروگاه تبریز														
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V	%Co	%Cb
1st stage blades	Cr-Mo-Cb-V alloy steel	KT5300BS5	۰/۱۵- ۰/۲۰	۰/۲۰- ۰/۶۰	۰/۵۰- ۰/۸۰	Max ۰/۰۱۵	Max ۰/۰۲۰	۰/۸۰- ۱/۱۰	۱۰/۰۰ - ۱۱/۵۰	۰/۳۰- ۰/۶۰	Max۰/۵ ۰	۰/۱۵- ۰/۲۵	Max۲۵ ۰/	۰/۳۵- ۰/۵۵
2nd -13th blades stage	Cr-Mo-W-V alloy steel	KT5301HS20	۰/۲۰- ۰/۲۵	Max ۰/۵۰	۰/۵۰- ۰/۹۰	Max ۰/۰۱۰	Max ۰/۰۲۰	۰/۹۰- ۱/۲۵	۱۱/۰۰- ۱۲/۵۰	۰/۵۰- ۰/۹۰	۰/۹۰- ۱/۲۵	۰/۲۰- ۰/۳۰	Max۱۵ ۰/	-
14th-16th stage blades	12 Cr stainless steel	KT5302AS7	۰/۰۶- ۰/۱۵	Max ۰/۵۰	۰/۲۵- ۰/۸۰	Max ۰/۰۳۰	Max ۰/۰۳۰	Max ۰/۲۰	۱۱/۲۵ - ۱۳/۰۰	Max ۰/۵۰	-	-	-	-

نیروگاه طوس													
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V	%Ti	%Nb
HP rotor blades-1st -3rd stage	X 12 CrNiWTi 1613	۰/۰۸- ۰/۱۵	۰/۵۰ max	۱/۰۰ max	۰/۰۳۰	۰/۰۴۵	۰/۵ max	۱۵/۵- ۱۸/۰	۱۳/۰- ۱۶/۰	۲/۵- ۴/۰	-	۱/۰۰ max	-
HP rotor blades-4th 18th stage	X 22 CrMoV 12 1	۰/۲۰- ۰/۲۶	۰/۱۰- ۰/۵۰	۰/۳۰- ۰/۸۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۸- ۱/۲	۱۱/۰- ۱۲/۵	۰/۳- ۰/۸	۰/۶ max	۰/۲۵- ۰/۳۵	-	۰/۰۵ max
HP fixed blades-3rd stage–1st	X 12 CrNiWTi 1613	۰/۰۸- ۰/۱۵	۰/۵۰ max	۱/۰۰ max	۰/۰۳۰	۰/۰۴۵	۰/۵ max	۱۵/۵- ۱۸/۰	۱۳/۰- ۱۶/۰	۲/۵- ۴/۰	-	۱/۰۰ max	-

–HP fixed blades 4th -18th stage	X 22 CrMoV 12 1	−۰/۲۰ ۰/۲۶	−۰/۱۰ ۰/۵۰	−۰/۳۰ ۰/۸۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	−۰/۸ ۱/۲	−۱۱/۰ ۱۲/۵	−۰/۳ ۰/۸	۰/۶ max	−۰/۲۵ ۰/۳۵	– ۰/۰۵ max
IM rotor blades-6th stage–1st	X 12 CrNiWTi 1613	−۰/۰۸ ۰/۱۵	۰/۵۰ max	۱/۰۰ max	۰/۰۳۰	۰/۰۴۵	۰/۵ max	−۱۵/۵ ۱۸/۰	−۱۳/۰ ۱۶/۰	−۲/۵ ۴/۰	– ۱/۰۰ max	–
IM rotor blades-7-21th stage	X 22 CrMoV 12 1	−۰/۲۰ ۰/۲۶	−۰/۱۰ ۰/۵۰	−۰/۳۰ ۰/۸۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	−۰/۸ ۱/۲	−۱۱/۰ ۱۲/۵	−۰/۳ ۰/۸	۰/۶ max	−۰/۲۵ ۰/۳۵	– ۰/۰۵ max

نیروگاه طوس

قطعه	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V	%Ti	%Nb
IM fixed blades-6th stage–1st	−۰/۰۸ ۰/۱۵	۰/۵۰ max	۱/۰۰ max	۰/۰۳۰	۰/۰۴۵	۰/۵ max	−۱۵/۵ ۱۸/۰	−۱۳/۰ ۱۶/۰	−۲/۵ ۴/۰	–	۱/۰۰ max	–
IM fixed blades-7-21th stage	−۰/۲۰ ۰/۲۶	−۰/۱۰ ۰/۵۰	−۰/۳۰ ۰/۸۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	−۰/۸ ۱/۲	−۱۱/۰ ۱۲/۵	−۰/۳ ۰/۸	۰/۶ max	−۰/۲۵ ۰/۳۵	–	۰/۰۵ max

منتظر قائم

قطعه	نوع آلیاژ	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V
1st and 2nd blade ring	Cr Mo Mn caststeel	۰/۲۰	۰/۶۰Max	۰/۵۰–۰/۸۰	۰/۰۶Max	۰/۰۶Max	۰/۴۵–۰/۶۵	۱/۰۰–۱/۵۰	–	–	–
3rd and 4th blade ring	Cr Mo Mn caststeel	۰/۳	۰/۲–۰/۵	–	۰/۰۶Max	۰/۰۶Max	۰/۴۵–۰/۶۵	۰/۴–۰/۶	–	–	–
HP- IP Rotating blades-Curtis stage and 1st and 2nd reaction row	Stainless steel	۰/۲۰–۰/۵۰	. .	۱/۰۰Max	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۷۵–۱/۲۵	۱۱/۰–۱۳/۰	۰/۵۰–۱/۰۰	۰/۷۵–۱/۲۵	۰/۲۰–۰/۳۰
HP reaction rows	Stainless steel	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۳۵Max	۰/۳۰–۰/۶۰	۰/۰۳Max	۰/۰۳Max	۰/۲۰–۰/۶۰	۱۲/۰–۱۳/۵	۰/۶۰Max	–	–

First IP reaction rows	Stainless steel	۰/۲۰–۰/۵۰		۱/۰۰Max	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۷۵–۱/۲۵	۱۱/۰–۱۳/۰	۰/۵۰–۱/۰۰	۰/۷۵–۱/۲۵	۰/۲۰–۰/۳۰

منتظر قائم

قطعه	نوع آلیاژ	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%Co
HP-IP rotating blades-remainder rows	Stainless steel	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۳۵Max	۰/۳۰–۰/۶۰	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۴	–۰/۶۰ ۰/۲۰	۱۲/۰–۱۳/۵	۰/۶۰Max	۱۸/۰–۲۲/۰
HP-IP stationary blades-all rows	Stainless steel	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۳۵Max	۰/۳۰–۰/۶۰	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۳	–۰/۶۰ ۰/۲۰	۱۲/۰–۱۳/۵	۰/۶۰Max	–
LP rotating blades-1st rows	Stainless steel	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۳۵Max	۰/۳۰–۰/۶۰	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۳	–۰/۶۰ ۰/۲۰	۱۲/۰–۱۳/۵	۰/۶۰Max	–
LP remainder reaction rows	Stainless steel	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۳۵Max	۰/۳۰–۰/۶۰	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۴	–۰/۶۰ ۰/۴۰	۱۲/۰–۱۳/۵	۰/۶۰Max	–
LP stationary blades-2nd + 3th reaction rows	Stainless steel	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۳۵Max	۰/۳۰–۰/۶۰	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۳	–۰/۶۰ ۰/۲۰	۱۲/۰–۱۳/۵	۰/۶۰Max	–
LP remainder reaction rows	Stainless steel	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۳۵Max	۰/۳۰–۰/۶۰	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۴	–۰/۶۰ ۰/۴۰	۱۱/۰–۱۲/۵	۰/۶۰Max	–

نیروگاه شازند

قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	عناصر دیگر
HP moving blade and root	1Cr12WMoV	۰/۱۲–۰/۱۸	max ۰/۵۰	۰/۵۰–۰/۹۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۵۰–۰/۷۰	۱۱/۰–۱۳/۰	۰/۴۰–۰/۸۰	V ۰/۱۸–۰/۳۰ W ۰/۷۰–۱/۱۰

Cu max ۰/۳۰										
V ۰/۱۸–۰/۳۰ W ۰/۷۰–۱/۱۰ Cu max ۰/۳۰	۰/۴۰–۰/۸۰	۱۱/۰–۱۳/۰	۰/۵۰–۰/۷۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	۰/۵۰–۰/۹۰	max ۰/۵۰	۰/۱۲–۰/۱۸	1Cr12WMoV	HP moving blade and root
V ۰/۱۵–۰/۳۰ Cu max ۰/۲۵	max ۰/۳۰	۱/۵۰–۱/۸۰	۰/۲۵–۰/۳۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۴۰–۰/۷۰	۰/۱۷–۰/۳۷	۰/۲۲–۰/۲۹	25Cr2MoVA	HP moving blade and root

۱-۵-۲-۸- مواد مورد استفاده در ساخت دیافراگم و نازل باکس

نازل‌ها، اجزاء ثابتی هستند که وظیفه آنها جهت دادن به جریان بخار تحت زاویه مناسب به سمت پره‌های چرخان می‌باشد. در طرحهای قدیم، ایرفویلهای نازل به صفحات تخت نیم دایره‌ای شکل جوش داده می‌شوند. نازل باکسهای پیشرفته، از دو محفظه فشار نیم دایره‌ای شکل با مسیرهای یکپارچه بزرگ برای عبور بخار، تشکیل شده‌اند. نازل‌ها، یا به صورت ریخته‌گری دقیق تهیه می‌شوند یا به صورت ماشینکاری شده به روش electrodischarge از قطعه فورج شده. مسیر کامل بخار نیز در نهایت در داخل باکس جوش داده می‌شود. نازل باکس‌های پیشرفته از فولادهای فورج Cr%12 ساخته می‌شوند. دیافراگم نازل ها، بسته به ابعادشان به روشهای متعددی ساخته می‌شوند. انواع کوچکتر به صورت نوار پانچ شده‌ای که خانه‌های نازل در آن وارد می‌شوند، ساخته می‌شوند. دیافراگم نازل‌های متوسط از فولاد ریختگی تهیه شده و دیافراگم‌های مراحل نهایی توربین به طریقه جوش دادن مستقیم ایرفویل‌ها به رینگ‌ها و شبکه‌های پیش ساخته تولید می‌شوند. ایرفویل دیافراگم از فولادهای Cr%12 (AISI type 403) و رینگ‌ها از صفحات فولادی کم آلیاژ (وابسته به دمای کاری) ساخته می‌شوند. در جدول(۱-۲۰)، ترکیب شیمیایی برخی از رده‌های آلیاژی مورد استفاده در دیافراگم‌ها و نازل باکس‌ها ارائه شده است.

جدول (۱-۲۰) ترکیب شیمیایی برخی از رده‌های آلیاژی مورد استفاده در دیافراگم‌ها و نازل باکس‌ها در نیروگاههای ایران

نیروگاه منتظر قائم											
قطعه	نوع آلیاژ	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V
Nozzle chamber	Cr Mo steel casting	۰/۱۸	≤۰/۶۰	۰/۷۰- ۰/۴۰	≤۰/۰۶	≤۰/۰۵	۱/۱- ۰/۹۰	۲/۵- ۲	-	-	-
Hp nozzle blockes	Forged steel	۰/۵۰- ۰/۲۰		۱ Max	۰/۰۳	۰/۰۴	۱/۲۵- ۰/۷۵	۱۳/۰- ۱۱/۰	۱/۰۰- ۰/۵۰	۱/۲۵- ۰/۷۵	۰/۳۰- ۰/۲۰

نیروگاه تبریز														
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد (ژاپن)	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V	%W	%Co	%Cb	%Al
Nozzles 1st & 2nd & 9th & 10th stage	Cr-Mo-Cb-V alloy steel	KTS5300AS5	۰/۱۵- ۰/۲۰	۰/۲۰- ۰/۶۰	۰/۵۰- ۰/۸۰	Max ۰/۰۲۵	Max ۰/۰۲۵	۰/۸۰- ۱/۱۰	۱۰/۰۰ - ۱۱/۵۰	۰/۳۰- ۰/۶۰	۰/۱۵- ۰/۲۵	Max ۰/۲۵	Max ۰/۲۵	۰/۳۵- ۰/۵۵	-
Nozzles 3rd-8th & 11th – 16th stage	12 Cr Stainless Steel	KTS5302BS7	۰/۰۶- ۰/۱۵	Max ۰/۵۰	۰/۲۵- ۰/۸۰	Max ۰/۰۳۰	Max ۰/۰۳۰	Max ۰/۲۰	۱۱/۲۵ - ۱۳/۰۰	Max ۰/۵۰	-	-	-	-	
Nozzles 17th &18th stage	13 Cr Stainless steel	JIS. SUS405	Max ۰/۰۸	Max ۱/۰۰	Max ۱/۰۰	Max ۰/۰۳۰	Max ۰/۰۴۰	-	۱۱/۵۰ - ۱۴/۵۰	-	-	-	-	-	۰/۱۰- ۰/۳۰
Diaphragm 1st	Cr-Mo-V	KT5100BS17	۰/۱۰-	۰/۴۸	۰/۸۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۸۰-	۰/۹۰-	Max	۰/۱۵-	-	-	-	-

and 9th stage	cast steel		۰/۲۰			۱/۳۰	۱/۶۵	۰/۵۰		۰/۳۵					
Diaphragm 2nd stage	Cr-Mo-V cast steel	KT5102KS21	−۰/۱۰ ۰/۲۰	۰/۴۶	۰/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	−۱/۸۰ ۱/۳۰	−۰/۹۰ ۱/۶۵	Max ۰/۵۰	–	−۰/۰۵ ۰/۳۵	–	–	–

نیروگاه تبریز															
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد (ژاپن)	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V	%Co	%Cb	%Al
Diaphragm 3rd and 10th stage	Cr-Mo steel plate	ASTM A387	Max ۰/۲۱	−۰/۴۵ ۰/۱۳	−۰/۸۸ ۰/۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	−۰/۶۵ ۰/۴۰	−۰/۸۵ ۰/۴۶	–	–	–	–	–	–
Diaphragm 4th-7th & 11th & 12th stage	Mo steel plate	ASTM A204	Max ۰/۱۸	−۰/۳۲ ۰/۱۳	Max ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	−۰/۶۴ ۰/۴۱	–	–	–	–	–	–	–
Diaphragm 8th stage	–	JIS SB42	Max ۰/۳۰	−۰/۳۰ ۰/۱۵	Max ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۳۰	–	–	–	–	–	–	–	–
Diaphragm 13th-16th stage		JIS SB42	Max ۰/۳۰	−۰/۳۰ ۰/۱۵	Max ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۳۰	–	–	–	–	–	–	–	–
Diaphragm 17th-18th stage		JIS SM41A	Max ۰/۲۳	–	Max ۲/۵× C	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	–	–	–	–	–	–	–	–

نیروگاه طوس									
قطعه	علامت استاندارد (آلمان)	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%V	%Sn
Nozzle box	GS-17CrMoV511	۰/۲۰–۰/۱۵	۰/۶۰ Max	۰/۵۰–۰/۹۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰	۰/۹۰–۱/۱۰	۱/۲۰–۱/۵۰	۰/۰۸ –۰/۱۵	max ۰/۰۲۵

نیروگاه بندر عباس

قطعه	علامت استاندارد (ایتالیا)	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Cr	%Ni
Nozzle	X8CRNI1910UM16901	۰/۰۴–۰/۱۰	۰/۷۵ Max	۲/۰۰Max	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۱۸/۰–۲۰/۰	۸/۰۰–۱۲/۰

نیروگاه شازند

قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	عناصر دیگر
HP fixed blade	1Cr11MoV	۰/۱۱–۰/۱۸	max ۰/۵۰	max ۰/۶۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۵۰–۰/۷۰	۱۰/۰–۱۱/۵	max ۰/۶۰	Cu max ۰/۳۰ V ۰/۲۵–۰/۴۰
IP fixed blade	1Cr13	max ۰/۱۵	max ۱/۰۰	max ۱/۰۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	–	۱۱/۵–۱۳/۵	max ۰/۶۰	–
LP fixed blade	ZG1Cr13	۰/۰۸–۰/۱۵	max ۱/۰۰	max ۰/۶۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	–	۱۲/۰–۱۴/۰	–	–

۱-۵-۲-۹- مواد مورد استفاده در ساخت ولوها

فولادهای Cr-Mo و فولادهای Cr-Mo-V از جمله مواد مرسوم مورد استفاده در ساخت ولو توربینهای بخار، هستند. اخیرا از فولادهای Cr12-9٪ نیز در ساخت ولو توربینهای بخار استفاده شده است. در مورد مشخصات و مزیتهای فولادهای Cr12-9٪ در بخش مربوط به روتورها توضیحاتی ارائه شده است. در جدول (۱-۲۱) برخی از رده‌های فولادهای Cr-Mo و ترکیب شیمیایی آنها ارائه شده است.

جدول (۱-۲۱) ترکیب شیمیایی برخی از رده‌های فولادهای Cr-Mo مورد استفاده در ولو توربینهای بخار

ASME Specification	Nominal composition	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr	%Mo
SA-335P12	1Cr-0.5Mo	Max 0.15	0.30-0.61	Max 0.50	Max 0.045	Max 0.045	0.50-1.25	0.44-0.65
SA-217WC6	1.25Cr-0.5Mo	Max 0.20	0.50-0.80	Max 0.60	Max 0.04	Max 0.045	1.00-1.50	0.45-0.65
SA-387Gr22	2.25Cr-1Mo	Max 0.15	0.30-0.60	Max 0.50	Max 0.035	Max 0.035	2.0-2.5	0.90-1.10
SA-217C12	9Cr-1Mo	Max 0.02	0.35-0.65	Max 1.00	Max 0.04	Max 0.045	8.0-1.0	0.90-1.20

در جدول (۱-۲۲) ترکیب شیمیایی فولادهای ولو مورد استفاده در برخی از توربینهای بخار داخل کشور رائه شده است.

جدول (۱-۲۲) ترکیب شیمیایی فولادهای ولو مورد استفاده در برخی از توربینهای بخار داخل کشور

نیروگاه تبریز													
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V	%Cu
HP steam chest	Cr-Mo cast steel	KT5102KS21	۰/۱- ۰/۲	۰/۴۶	۰/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۱/۸۰-۱/۳۰	۰/۹۰- ۱/۶۵	Max ۰/۵۰	-	۰/۳۵-۰/۰۵	-
Main stop valve	Cr-Mo cast steel	KT5102KS21	۰/۱- ۰/۲	۰/۴۶	۰/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۱/۸۰-۱/۳۰	۰/۹۰- ۱/۶۵	Max ۰/۵۰	-	۰/۳۵-۰/۰۵	-
Combined reheat stop valve	Cr-Mo cast steel	KT5102KS21	۰/۱- ۰/۲	۰/۴۶	۰/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۱/۸۰-۱/۳۰	۰/۹۰- ۱/۶۵	Max ۰/۵۰	-	۰/۳۵-۰/۰۵	-

نیروگاه منتظر قایم									
قطعه	نوع آلیاژ	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%V
Governing valve chest		۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۷۰			۱/۰۵	۱/۲۵	۰/۳۰
Main emergency valves bodies		۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۷۰			۱/۰۵	۱/۲۵	۰/۳۰
reheat emergency valves bodies		۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۷۰			۱/۰۵	۱/۲۵	۰/۳۰
Steam chest	Forged steel	۰/۱۰-۰/۱۵	۰/۵	۰/۳-۰/۶	≤۰/۰۴	≤۰/۰۴	۰/۹۰-۱/۱	-	-
Reheat stop valves	Cr Mo cast steel	۰/۱۸	۰/۶ Max	۰/۴۰-/۷۰	۰/۰۶Max	۰/۰۵Max	۰/۹۰-۱/۱۰	۲/۰۰-۲/۷۵	-
Interceptor valves body	Forged steel	۰/۱۰-۰/۲۰	۰/۵۰-۱/۰۰	-۰/۸۰	۰/۰۴Max	۰/۰۴Max	۰/۴۵-۰/۶۵	۱/۰۰-۱/۵۰	-

					۰/۳۰				

نیروگاه بندر عباس											
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%V	عناصر دیگر
Steam chest	ASTM A182 GR.F11	۰/۱۰–۰/۲۰	۰/۵۰–۷/۰۰	۰/۳۰–۰/۸۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۰/۴۴–۰/۶۵	۱/۰۰–۱/۵۰	–	–	–
Wedge gate valves (Body)	ASTM A216 Gr WCB	۰/۳۰ Max	۰/۶۰ Max	۱/۰۰ Max	۰/۰۴۵	۰/۰۴۰	۰/۲۰ Max	۰/۵۰ Max	۰/۵۰ Max	۰/۰۳ Max	%Cu max ۰/۳۰
Wedge gate valves (Stem)	ASTM A182 Gr F6	۰/۱۵ Max	۱/۰۰ Max	۱/۰۰ Max	Max ۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	–	۱۱/۵–۱۳/۵	–	–	–

نیروگاه نکا(شهید سلیمی)											
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%V	%Ni	%Cu
HP live steam valve	X20CrMoV 121	۰/۱۷–۰/۲۳	۰/۵۰ Max	۱/۰۰ Max	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۸۰–۱/۲۰	۱۰/۰–۱۲/۵	۰/۲۵–۰/۳۵	۰/۳۰–۰/۸۰	–
IP steam valve	10CrMo910	۰/۰۸۰–۰/۱۴	۰/۵۰ Max	۰/۴۰–۰/۸۰	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۹۰–۱/۱۰	۲/۰۰–۲/۵۰	–	–	۰/۳۰ Max

نیروگاه شهید رجایی									
قطعه	نوع آلیاژ	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr
Main stop valve& Governing	-	WHP.D.S1031SBR Rev.D	Max ۰/۱۸	Max ۰/۶۰	۰/۷۰–۰/۴۰	۰/۰۴۰ Max	۰/۰۴۰ Max	۱/۲۰ –۰/۹۰	۲/۷۵ –۲/۰۰
Rehaet stop valve		WHP.D.S1031SBR Rev.D	Max ۰/۱۸	Max ۰/۶۰	۰/۷۰–۰/۴۰	۰/۰۴۰ Max	۰/۰۴۰ Max	۱/۲۰ –۰/۹۰	۲/۷۵ –۲/۰۰
Interceptor valve		WHP.D.S1031SBR Rev.D	Max ۰/۱۸	Max ۰/۶۰	۰/۷۰–۰/۴۰	۰/۰۴۰ Max	۰/۰۴۰ Max	۱/۲۰ –۰/۹۰	۲/۷۵ –۲/۰۰

نیروگاه شازند										
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	عناصر دیگر
HP Governer & Emergency valves	1Cr11MoV	۰/۱۱–۰/۱۸	max ۰/۵۰	max ۰/۶۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۵۰–۰/۷۰	۱۰/۰–۱۱/۵	max ۰/۶۰	Cu max ۰/۳۰ V ۰/۲۵–۰/۴۰
IP Governer & Emergency valves	30Cr1MoV									

۱-۵-۲-۱۰- مواد مورد استفاده در ساخت پیچها

در جدول (۱-۲۳)، ترکیب شیمیایی و خواص فولادهای مرسوم مورد استفاده در ساخت پیچهای دمای بالا و خواص آنها ارائه شده است. برای افزایش دما و فشار توربین لازم است که در ساخت پیچهای پوسته از موادی با خواص creep relaxation بهتر استفاده شود. در شرایط دما و فشار پایین تر فولادهای پر کروم مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حالیکه برای شرایط دما و فشار بالا، آلیاژ پایه نیکل Nimonic80A ایده‌آل است.

جدول (۱-۲۳) فولادهای مرسوم مورد استفاده در پیچ توربینهای بخار و خواص آنها

Steel designations(a)		Nominal composition, %					Typical heat treatment, °C	RT tensile strength, MPa	Strength, MPa			
									Rupture		Relaxation(b)	
BS 1506:1986	CEGB group	C	Cr	Mo	V	Others			(c)	(d)	(c)	(d)
631-850	GP 1 (Cr-Mo)	0.4	1	0.5	...	...	870 OQ + 660	850-1000	234	97	81	...
671-850	GP 2 (Cr-Mo-V)	0.4	1	0.5	0.25	...	950 OQ + 700	850-1000	324	151	83	...
...	GP 3 (3Cr-Mo-V)	0.3	3	0.5	0.75	...	...	...	...	....	...	...
...	GP 4 (Mo-V)	0.2	...	0.5	0.25	...	...	...	...	...	...	...
...	GP 5 (1Cr-Mo-V)	0.2	1	1	0.75	...	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)
681-820	GP 6 (1Cr-Mo-V)	0.2	1	1	0.75	Ti, B	980 OQ + 700	820-1000	418	280	141	70

(a) BS = British Standard. CEGB = Central Electricity Generating Board. (b) Stress relaxation for 0.15% strain. (c) Values at 10^4 h, 500 °C. (d) Values at 10^4 h, 550 °C. (e) Superseded by Durehete 1055.

Specification	Grade	Typical composition, %					Heat treatment, °C	RT tensile strength(a), MPa	Rupture(a)(b), 10^4 h, at temperature (°C) of:		
		C	Cr	Mo	V	Others			500	550	600
United States:	B7	0.4	1	0.2	...	...	T ≥ 593	≥790	NA	NA	NA
A193-84a	B7M	0.4	1	0.2	...	...	T ≥ 620	≥690	NA	NA	NA
	B16	0.4	1	0.6	0.3	...	T ≥ 650	≥760	NA	NA	NA
Germany:	21CrMoV57	0.2	1.2	0.7	0.3	...	930 OQ + 720	700-850	271	170	...
DIN 17240	40CrMoV47	0.4	1.2	0.6	0.3	...	930 OQ + 700	850-1000	271	170	...
	X22CrMoV121	0.2	12	1	0.3	0.5 Ni	1050 AC + 680	900-1050	368	222	108
France:	25 CD 4	0.25	1	0.2	...	...	880 OQ + ≥600	600-750	176	79	...
NF A 35 558	20 CDV 5.07	0.2	1.3	0.7	0.25	...	930 OQ + ≥600	700-850	271	170	...
	Z20 CDNbV11	0.2	11	0.7	0.2	0.4 Nb	1120 AC + ≥670	880-1030	392	274	157
Russia	20KhIMIFITR	0.2	1.2	1	0.9	Ti, B	1000 Q + 700	NA	NA	NA	NA
Australia	Comsteel 029	0.2	1	1	0.6	Ti, B	990 OQ + 700	820-1000	NA	NA	NA

(a) NA = not available. (b) All values in MPa.

جدول (۱-۲۴) برخی از فولادهای مورد استفاده جهت ساخت پیچها در نیروگاههای ایران را نشان می‌دهد.

نیروگاه تبریز												
قطعه	نوع آلیاژ	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	%W	%V	%Ti
Bolts-up to 400ºC temperature	Alloy steel	-۰/۴۵ ۰/۳۵	-۰/۳۵ ۰/۲۰	۰/۷۵-۱/۰۰	Max ۰/۰۴	Max ۰/۰۴	۱۵ -۰/۲۵ ۰/	-۱/۱۰ ۰/۸۰	-	-	-	-
Bolts from 400ºC to 480ºC	Alloy steel	-۰/۴۵ ۰/۳۵	-۰/۳۵ ۰/۲۰	-۰/ . . ۰/۴۵	Max ۰/۰۴	Max ۰/۰۴	-۰/۶۵ ۰/۵۰	-۱/۱۵ ۰/۸۰	-	-	-۰/۳۵ ۰/۲۵	-
Bolts from 480ºC to 530ºC	Alloy steel	-۰/۲۵ ۰/۲۰		۱/۰۰Max	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۴	۷۵ -۱/۲۵ ۰/	-۱۳/۰ ۱۱/۰۰	-۱/۰۰ ۰/۵۰	-۱/۲۵ ۰/۷۵	-۰/۳۰ ۰/۲۰	-
Bolts from 530ºC to 550ºC	Alloy steel	۰/۰۸	-۱/۵۰ ۰/۵۰	۰/۴-۱/۰	۰/۰۳	۰/۰۳	-۳/۵۰ ۲/۵۰	-۲۰/۰ ۱۶/۰	-۳۹/۰ ۳۵/۰	-	-	-۲/۹۰ ۲/۳۰

جدول (۱-۲۴) برخی از فولادهای مورد استفاده جهت ساخت پیچها در نیروگاههای ایران

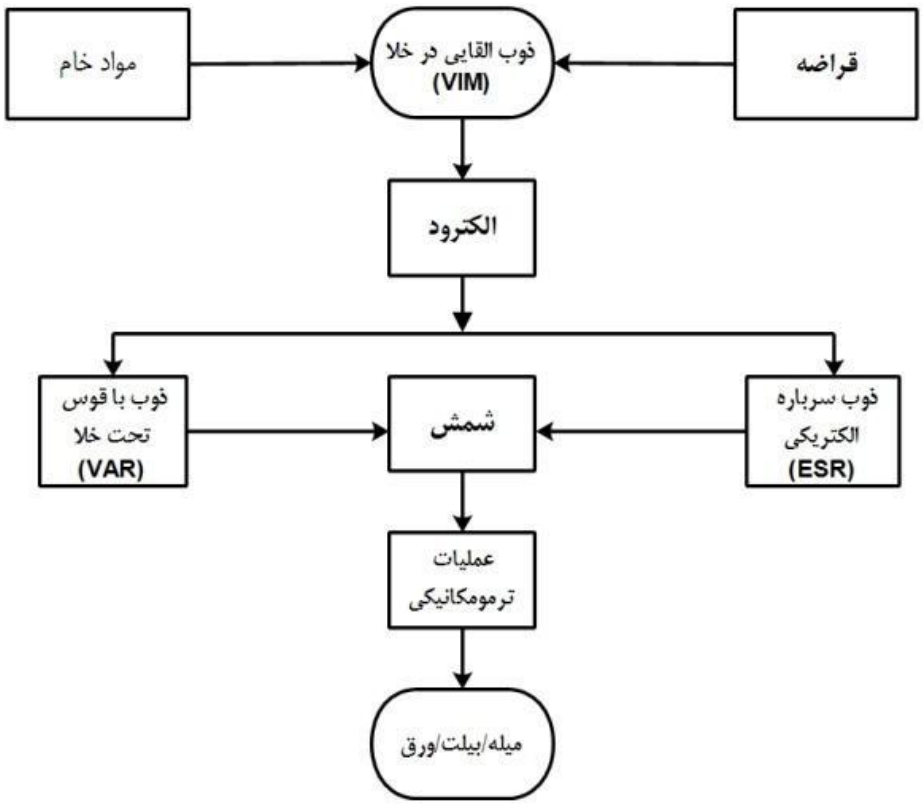
نیروگاه شازند										
قطعه	علامت استاندارد	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Mo	%Cr	%Ni	عناصر دیگر
High temperature steel bolts	20Cr1Mo1VNbTiB									

نیروگاه شازند						
نام قطعه	حداقل استحکام تسلیم (Kg/mm^2)	حداقل استحکام کششی نهایی (Kg/mm^2)	حداقل تنش ٪۰/۲proof در دمای طراحی (Kg/mm^2)	تنش متوسط برای گسست در 10^5 ساعت در دمای طراحی (Kg/mm^2)	تنش متوسط برای ازدیاد طول ٪۰/۲ در 10^5 ساعت در دمای طراحی (Kg/mm^2)	دمای طراحی (^oC)
High temperature steel bolts	۶۸۰۰–۸۵۰۰	۸۰۰۰–۹۵۰۰	۴۸۹۶	۲۳۴۶	۲۰۰۹	۵۳۷

۱-۶-فنآوری‌های اصلی مورد استفاده در ساخت مواد و قطعات دما بالا

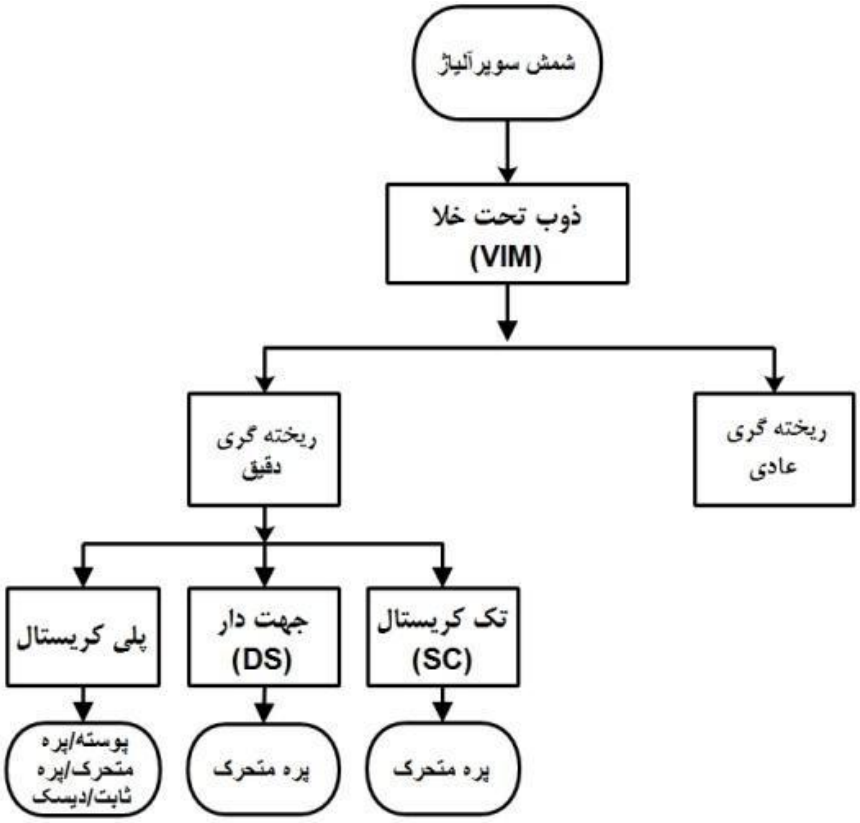
۱-۶-۱-فن‌آوری ساخت سوپرآلیاژها

انواع سوپرآلیاژها بسته به نوع آنها بصورت شمش، ورق، میله و انواع کار شده تولید می‌شوند. فرایند تولید سوپرآلیاژها در نمودار (۱-۱۵) نشان داده شده است.



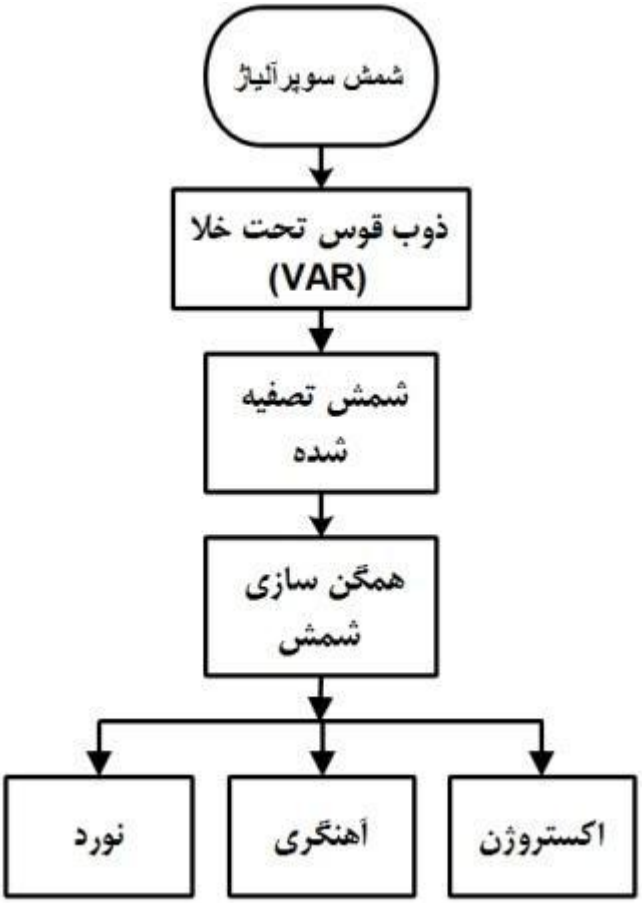
شکل (۱-۱۵) فلوچارت تولید سوپرآلیاژ

فرایند تولید قطعات به روش ریخته‌گری در شکل (۱-۱۶) نشان داده شده است.



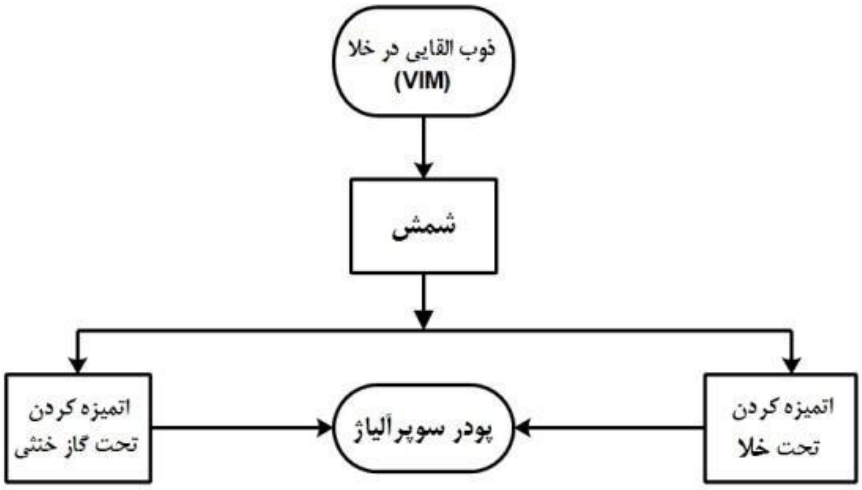
شکل (۱-۱۶) نحوه تولید قطعات ریخته‌گری سوپرآلیاژ

شمش سوپرآلیاژ را می‌توان با استفاده از روشهای مختلف شکل‌دهی بصورت کار شده نیز مورد استفاده قرار داد. شماتیک تولید قطعات کار شده در شکل (۱-۱۷) آورده شده است.

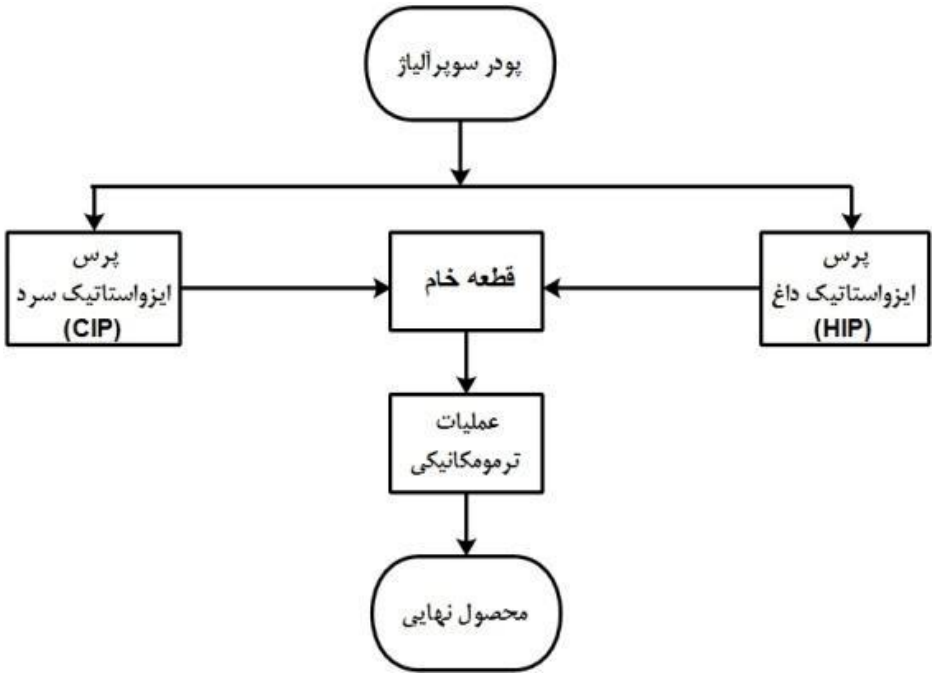


شکل (۱-۱۷) فرایند تولید قطعات کار شده سوپرآلیاژ

امروزه برخی از قطعات سوپرآلیاژ با استفاده از فرایند متالورژی پودر ساخته می‌شوند. برای تولید قطعات ابتدا پودر سوپرالیاژ با روشهایی که در نمودار (۱-۱۸) نشان داده شده است تولید شده و سپس قطعه متالورژی پودر با استفاده از مراحلی که در شکل (۱-۱۹) نشان داده شده تولید می‌شود.



شکل (۱-۱۸) نحوه تولید پودر سوپرآلیاژ



شکل (۱-۱۹) نحوه تولید قطعات سوپرآلیاژ با استفاده از روش متالورژی پودر

در ادامه برای بررسی دقیق‌تر فن‌آوریهای مورد نیاز برای تولید مواد و قطعات داغ برخی از مهمترین این فن‌آوریها را به اجمال مورد بررسی قرار خواهیم داد.

۱-۶-۱-۱-ذوب القایی در خلا ((Vacuum induction melting(VIM)

در فرایند ذوب القایی تحت خلا در مقایسه با فرایندهای ذوب در هوا، مقدار اکسیژن و نیتروژن مذاب به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد. در نتیجه سوپرآلیاژهای تولید شده با VIM اکسیدها و نیتریدهای کمتری داشته به علاوه عناصر دارای فشار بخار بالا به ویژه سرب و بیسموت که ممکن است از طریق قراضه وارد شده باشند، در طی فرایند ذوب به این روش حذف می شوند. مجموع این عوامل باعث بهبود خواص خستگی و گسیختگی خزش سوپرآلیاژهای تولید شده با VIM می شود.

۱-۶-۱-۱-۱-تشریح فرایند VIM

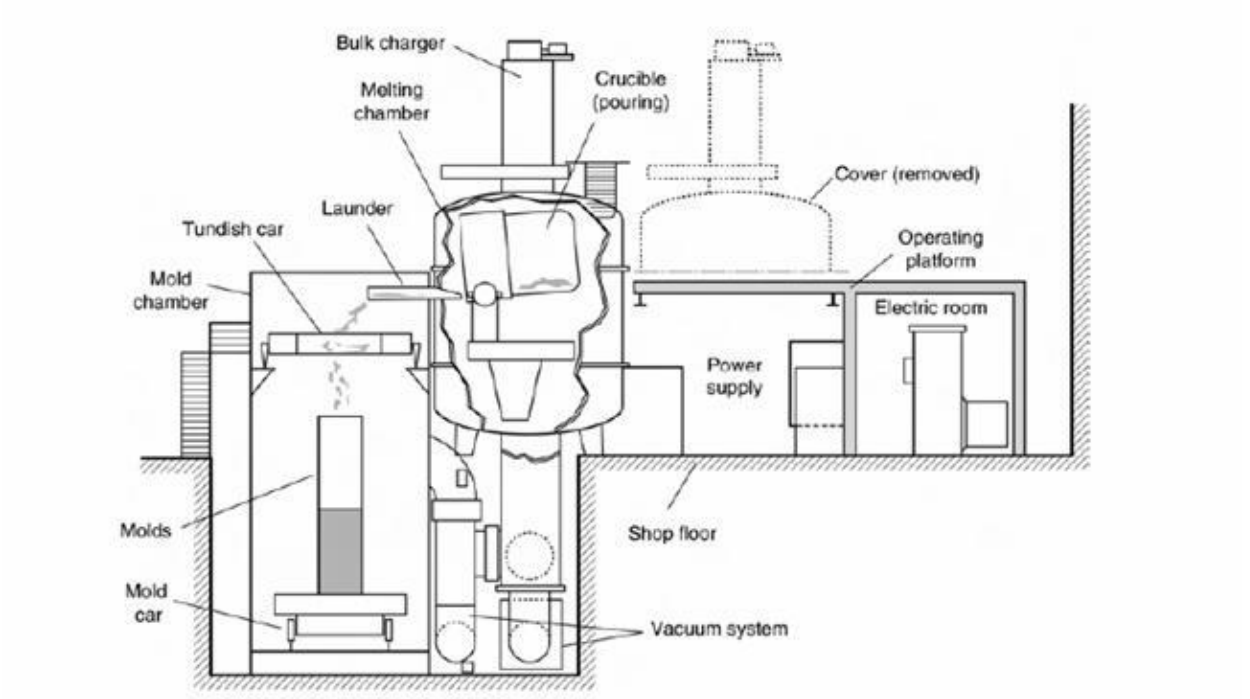
بار کوره عموما دارای سه بخش است : بخش مواد خام که قبلا در خلا ذوب نشده اند. بخش دیرگداز که شامل عناصر خالصی است که اکسیدهای پایدار تشکیل می دهند و تمایل دارند قابلیت انحلال اکسیدها و نیتریدهای موجود در مواد خام را افزایش دهند. بخش آخر بار شامل قراضه های داخلی و خارجی است که قبلا در خلا ذوب شده اند. به خاطر اینکه امکان دارد قراضه ها در طی تولید آلودگی پیدا کرده باشند، لازم است دقت کافی در جدایش و آماده سازی آنها قبل از وارد شدن به فرایند VIM انجام گیرد. پس از کامل شدن ذوب یک نمونه ترکیب شیمیایی از آن گرفته می شود. براساس ترکیب شیمیایی نمونه، افزودنی های لازم به ذوب اضافه می شود تا ترکیب شیمیایی آن به حد مورد نظر برسد. با توجه به اینکه دراین فرایند تغییرات قابل توجهی در ترکیب شیمیایی صورت نمی گیرد، لذا باید در تنظیم ترکیب شیمیایی ذوب به دست آمده دقت کرد تا در صورت نیاز بتوان مجددا آن را تکرار نمود. پس از به پایان رسیدن مرحله اضافه کردن مواد افزودنی، دمای ذوب به دمای مناسب برده شده و به درون قالب ها ریخته گری می شود.

مذاب با وجود اینکه در خلا تولید شده ولی مقدار قابل توجهی سرباره ایجاد شده از اکسیژن زدایی، گوگردزدایی و ذرات نسوز کوره دارد.

۱-۶-۱-۱-۲-کوره القایی خلا

کوره دارای یک پوسته فولادی متصل به سیستم ایجاد خلا سریع است. کوره ها از سقف یا بدنه باز می شوند. ظرفیت بوته یک تا ۶ تن مطابق استاندارد GE است. نسوز دیواره بوته یکپارچه نیست. در تجهیزات قدیمی از یک فرکانس استفاده می شد

اما تجهیزات جدید با فرکانس های مختلفی کارکرده و ذوب را سریعتر اماده می کنند. دراکثر کوره های ذوب القایی در خلا یک محفظه بارگذاری تحت خلا در بالای بوته نصب شده است. موادی که بعدا به ذوب اضافه می شوند از طریق این محفظه به درون بوته ریخته می شوند. نحوه کار بدین شکل است که مواد اضافه شونده درون یک طرف کف ریز قرار داده می شوند و سپس ظرف کف ریز و محتویات آن درداخل محفظه قرار می گیرند. درب محفظه بسته و درآن خلا ایجاد می شود. سپس دریچه هایی که محفظه بارگذار تحت خلا را از کوره ذوب در خلا جدا می کنند، باز می شود. ظرف کف ریز تا نزدیکی سطح مذاب پایین می رود و کف آن باز می شود، تامواد به داخل بوته ریخته شوند. کوره های قدیمی ذوب القایی در خلا با یک محفظه ساخته می شدند. دراین نوع کوره ها قالب ریخته گری در داخل کوره ذوب القایی قرار می گرفت. یکی از معایب کوره های قدیمی این بود که پس از هربار پر شدن قالب باید کوره باز می شد تا قالب پر شده را خارج کنند و قالب جدید کارگذاشته شود. درکوره های جدید یک محفظه تحت خلا جداگانه برای قالب ها وجود دارد. شماتیک کوره VIM در شکل (۱-۲۰) آمده است.



شکل (۱-۲۰) شماتیک کوره VIM

اغلب برای اطمینان از گوگرد زدایی کامل، منیزیم به صورت نیکل – منیزیم به مذاب اضافه می شود. دراین صورت گوگرد موجود در سوپرآلیاژکارشده نهایی به صورت MgS خواهد بود. این ترکیب کروی بوده و به نحو قابل ملاحظه ای انعطاف پذیری را افزایش می دهد. عنصر منیزیم دارای فشار بخار بالایی است و تحت خلا جزیی یا کامل نمی توان در مذاب باقی بماند و تبخیر می شود. به همین دلیل آرگون به محفظه خلا وارد می کنند، تا فشار محیط افزایش یافته و تبخیر منیزیم کنترل شود.

۱-۶-۱-۱-۳-عملیات تصفیه با VIM

VIM، پلت فرمی برای انجام گاززدایی، حذف ناخالصی های فرار از طریق تبخیر و کنترل دقیق ترکیب شیمیایی را فراهم می کند حتی برای عناصر خیلی فعال و قابل اکسیداسیون از قبیل Ti و Hf و Y و غیره. اکسیژن می تواند به سهولت از طریق واکنش کربن – اکسیژن حذف شود. پیشرفت واکنش به طور پیوسته با کمک یک اسپکترومتر جرمی خطی و چک کردن سرعت نشت گرم، می تواند بررسی شود. انتخاب مناسب آستر دیرگداز بوته، همزدن و پاکسازی موثر همچنین کنترل خوب تحت خلا فاکتورهای کلیدی برای دستیابی به مقدار اکسیژن کم در محصولات است. حذف نیتروژن از اهمیت بحرانی درذوب سوپرآلیاژها برخورداراست زیرا آلیاژها به طور ثابت حاوی عناصر قوی نیتریدزا هستند. با نبود عناصر نیتریدزا، می توان حذف سریع نیتروژن رابطور خاص در حین carbon boil انتظار داشت. زمان نگهداری و همچنین پاکسازی طولانی می تواند برای دستیابی به نیتروژن پایین استفاده شود اما این امر می تواند آلودگی مذاب ناشی از سایش دیرگداز ها را نتیجه دهد. دفع نیتروژن از مذاب به وجود عناصر فعال سطح از قبیل گوگرد و اکسیژن بستگی دارد. کاهش هردوعنصر به بهتر دفع شدن نیتروژن از مذاب کمک می کند. هنگامی که واکنش فلز / سرباره تحت شرایط VIM نشدنی باشد، حذف قابل توجه گوگرد نمیتواند در حین فرآیند حاصل شود. همان طور که قبلا بیان شد، افزودن Mg و Ca و Ce و.. به سمت ته مذاب انجام می شود تا حمام گوگرد زدایی شود. درغیراین صورت گوگرد به طور عمده از طریق انتخاب دقیق مواد اولیه یا خالص سازی آنها قبل از ذوب در خلا کنترل می‌شود. در حالی که عناصر آلیاژی نظیر Bi و Pb و Se و Te به طور زیادی توسط تبخیر حذف می شوند، عناصری از قبیل As و Sn و Sb تحت تاثیر قرار نمی گیرند.

هم زدن موثر و کارآمد می تواند برای به حداقل رساندن گرادیان غلظتی در نزدیک سطح مذاب و بهبود حذف توسط تبخیر استفاده شود. سرعت تبخیر می تواند توسط کاهش فشار بالای مذاب یا فوق گداز مذاب افزایش یابد. روش آخر مناسب نیست چون منجر به افزایش واکنش با آستر بوته می شود.

۱-۶-۱-۲-استراتژی های تولید سوپرآلیاژهای با خلوص بالا

دستیابی به اکسیژن پایین، گوگرد و نیتروژن (ppm۱۰) همچنین کنترل عناصر مزاحم در حد خیلی پایین (<۱ – ۱۰ ppm) نیازمند کار زیادی است. کنترل نیتروژن به طور ویژه چالشی برای سوپرآلیاژ هایست که حاوی عناصر نیتریدزا از قبیل : Ti و Hf و Al و..هستند. بعضی عناصر به طورخاص، Ti و Hf و Al و.. به طور زیادی قابلیت اکسید شدن دارند و در آخر سیکل ذوب اضافه می شوند.

نیترید این عناصر حل نمی شود و تمایل دارد به صورت ذرات ریز در مذاب معلق باقی بماند. فیلترهای فومی دیرگداز بر پایه زیرکونیا به طورمعمول در حذف این ذرات به وسیله به دام انداختن موثر هستند. بنابراین شناسایی منابع مواد اولیه که حاوی نیتروژن پایینی هستند از اهمیت بالایی برخورداراست. در غیر این صورت، مواد اولیه به طور تجاری در دسترس، در معرض ذوب چندگانه قرار می گیرند. به دلیل فراوانی گوگرد در طبیعت این عنصر در مواد اولیه به مقدار زیادی وجود دارد. عناصر مزاحم که به وسیله تبخیر قابل حذف نیستند بایستی با دقت در انتخاب مواد اولیه کنترل شوند. آنالیز مفصل همه ناخالصی ها با استفاده از تکنیک های پیشرفته نظیر : GDMS , ICPMS , ICPS همراه با بالانس جرمی مناسب مواد اولیه قبل از ذوب بایستی انجام شود تا ناخالصی ها تشخیص داده شوند. نهایتا، بهینه کردن پارامترهای مذاب اهمیت دارد پارامترهایی از قبیل : سرعت هم زدن، سرعت پاکسازی و مدت آن، طراحی تاندیش و نوع فیلتر برای تولید مناسب سوپرآلیاژها اهمیت دارد.

افزودن Ca و Mg یا فلزات نادرخاکی باعث گوگردزدایی مذاب می شود. بهترین فرج پذیری هنگامی دیده میشود که مقدار کلسیم در محدوده ۰/۰۲۵ – ۰/۰۱۷ درصد باشد. اما در مقدار کلسیم بالای ۰/۰۳۵ درصد به بالا پارگی گرم شدیدی دیده میشود که این رفتار را به تشکیل فیلمی از ترکیبات بین فلزی نیکل – کلسیم در مرزدانه ها نسبت داده اند.

دوفرایند مهم در فرایند ذوب القایی رخ می دهد : ۱ – کاهش اساسی در غلظت نیتروژن و اکسیژن مذاب با گاززدایی و سیستم خلا حاصل می شود که به جلوگیری از اکسایش عناصر فعال همچون Zr , Ti , Al و Hf کمک می کند. ۲ – عناصر

با نقطه ذوب پایین همچون سرب و بیسموت به دلیل فشارهای بخارشان با تبخیر از مذاب خارج می شوند. همزدن الکترومغناطیسی حذف چنین عناصری را تسریع می بخشد.

درعمل ماده ریختگی ذوب القایی تحت خلا برای کاربرد مستقیم در موتورتوربین گازی مناسب نیست زیرا مقدار جدایش آن آنقدر زیاد است که کارمکانیکی – حرارتی شمش غیرممکن خواهد بود. ثانیا شمش حاصل از ذوب القایی در خلا از نظر مکانیکی سالم نیست، برای اینکه دارای ترک و تخلخل انجمادی است. پس بعد از انجام ذوب القایی در خلا عملیات های ذوب مجدد الزامی است.

۱-۶-۱-۳-ذوب مجدد

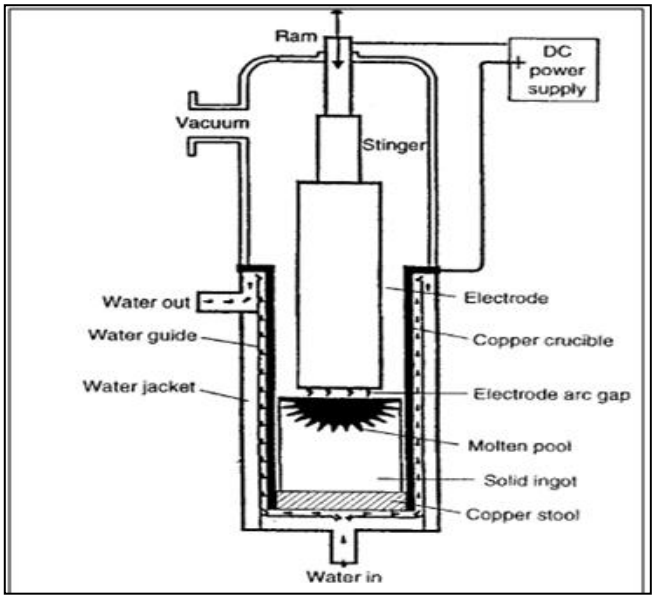
ریخته گری استاتیکی فرایندی است که برای ریخته گری حجم زیادی از فلز مذاب به درون قالب انجام می‌شود. کنترل انجماد توسط طراحی قالب و تغذیه فلز برای حذف مک صورت می گیرد. در قطعات بزرگ ریختگی سرعت انجماد پایین است و عیب جدایش مثبت شکل می گیرد. به همین خاطر تولید سوپرآلیاژها به روش های EAF/AOD (کوره قوس الکتریکی و سیستم دمش اکسیژن – آرگون) یا VIM معمولا با ریخته گری استاتیکی آلیاژ در الکترودها برای استفاده در عملیات ذوب بعدی تحت شرایط کنترل شده انجام می شود. دو فرایند عمده برای ذوب مجدد وجود دارد که عبارتند از VAR , ESR و EBCHR. در هردو فرایند الکترود دریک بوته آبگرد قرار داده می شود.

سطح الکترود تا درجه حرارت ذوب گرم می شود. قطرات فلز مذاب چکیده از الکترود در بوته جمع شده و به سرعت منجمد می شوند. با مصرف شدن الکترود، سطح ذوب شونده با بوته نزدیکتر می شود تا فاصله یکنواختی بین سطح ذوب شونده و محل انجماد فلز مذاب برقرار شود.

۱-۶-۱-۳-۱-تشریح فرایند ذوب مجدد در خلا با قوس الکتریکی (Vacuum Arc Remelting(VAR))

در روش VAR الکترود در محفظه خلا که در آن بوته آبگرد قرار دارد، ذوب مجدد می شود. یک جریان برق مستقیم از میان الکترود و پایه بوته عبور می کند. با بیرون کشیده شدن الکترود قوسی بین پایه بوته و نوک الکترود ایجاد می شود. حرارت ایجاد شده توسط قوس سطح انتهایی الکترود را ذوب می کند و قطرات فلز مذاب بر روی پایه مسی ریخته و منجمد میگردد. با افزایش حجم فلز روی پایه مسی یک تعادل بین شمش جامد، ناحیه خمیری و ناحیه مذاب ایجاد می شود. به خاطر

اینکه در شرایط تعادلی انتقال حرارت از طریق دیواره های جانبی سریعتر از انتقال حرارت توسط شمش و پایه مسی است، نواحی خمیری و مذاب در نزدیکی دیواره ها نسبت به مرکز شمش نازک تر هستند. ضخامت ناحیه خمیری در مرکز شمش VAR، به وسیله میزان انتقال حرارت، قطر بوته و سرعت ذوب شدن سطح الکترود کنترل میگردد. سرعت ذوب الکترود را با توجه به مقدار جریان عبوری از میان الکترود تعیین می کنند. عوامل کنترل کننده دیگری که در ساختار انجماد نقش مثبت دارند، فاصله بین سطح ذوب شونده و سطح حوضچه مذاب و فاصله الکترود از بوته هستند. زمانی که سطح الکترود ذوب شود، قطرات مذاب فورا تحت تاثیر وزن خود سقوط می کنند و به همین دلیل VAR فرایندی است که در ان فوق گداز وجود ندارد. همچنین قابلیت انتقال حرارت بالا، روش VAR را به روش تجاری برای تولید شمش هایی با قطر بالا از آلیاژهایی که تمایل به جدایش دارند، تبدیل کرده است. به علاوه وجود قطرات ریز مذاب در محیط خلا، امکان حذف عناصر دارای فشار بخار بالا مانند سرب و بیسموت که در روش VIM امکان حذف کامل آنها نبود را فراهم می سازد. متاسفانه عناصر مفید دارای فشار بخار بالا مانند منیزیم نیز به این طریق حذف می شوند. قوس الکتریکی منشا تعدادی از عیوب است. یکی از این عیوب عبارت است از جدایش منفی که اثرات آن به اندازه جدایش مثبت برروی خواص آلیاژ مخرب نیست. شماتیک کوره VAR در شکل (۱-۲۱) آمده است.

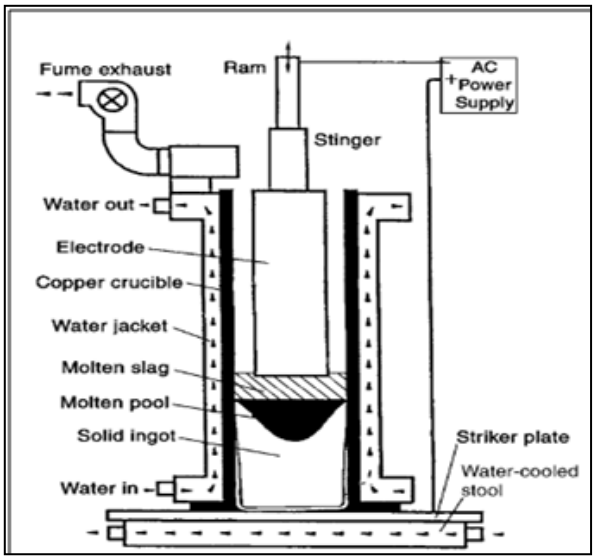


شکل (۱-۲۱) شماتیک کوره VAR

۱-۶-۱-۳-۲-تشریح فرایند ذوب مجدد با سرباره الکتریکی (Electroslag Remelting(ESR))

ذوب مجدد با سرباره الکتریکی در خلا انجام نمی گیرد. منبع حرارتی که الکترود را ذوب می کند، سرباره مذاب متشکل از CaF_2 و افزودنی های اکسیدی دیگر است. دراین روش از جریان متناوب استفاده می کنند. جریان الکتریکی از میان الکترود، پوشش سرباره، شمش در حال انجماد و پایه مسی عبور می کند. در روش VAR قطرات مذاب از میان خلا می گذرند ولی در روش ESR از میان سرباره مذاب عبور می کنند. تماس فلز با سرباره در طی زمان عبور آن از میان سرباره اجازه می دهد که واکنش هایی بین این دو صورت گیرد. در اثر واکنش فلز مذاب با CaF_2 به مقدار بسیار زیادی گوگرد زدایی انجام می شود. کاهش مقدار عناصر سودمند دارای فشار بخار بالا نیز به اندازه روش VAR نیست. در ESR شمش تمیزتر و کم گوگرد تر از روش VAR تولید می شود. عمق غوطه وری الکترود در سرباره نقش مشابه طول قوس در روش VAR را دارد. در اینجا قطر الکترود و قطر بوته تعیین کننده عمق غوطه وری است.

سرعت ذوب شدن مشابه روش VAR توسط توان ورودی تعیین می شود و با کنترل جریان می توان سرعت ذوب را کنترل کرد. فرایند VAR بر خلاف روش ESR، حجم زیادی سرباره دارد و به همین دلیل فرایند ESR حساسیت شدیدی به تغییرات توان ورودی ندارد. به خاطر وجود سرباره به عنوان منبع حرارتی در ESR روابط بین ضخامت ناحیه خمیری و فاصله از دیواره بوته آبگرد تغییر یافته است. در اولین تقریب می توان گفت که در یک سرعت ذوب ثابت و قطر بوته یکسان، عمق حوضچه مذاب ESR نسبت به VAR بیشتر است. یعنی ESR در مقایسه با VAR نسبت به تشکیل جدایش مثبت حساس تر است، به بیان دیگر حداکثر قطر شمش قابل دسترس با ESR نسبت به VAR کمتر می‌باشد. یک مزیت دیگر ESR توانایی آن برای تولید اشکال ساده است. حجم زیادی از سوپرآلیاژهای ورقه ای یا صفحه ای شکل را می توان به صورت الکترودهای تختال ریخته گری کرد و سپس آنها را در داخل قالب های ESR به صورت شمش های تختال بزرگتری درآورد. روش VAR معمولا برای تولید شمش های گرد استفاده می شود. در شکل (۱-۲۲) شماتیک روش ESR آورده شده است.



شکل (۱-۲۲) شماتیک روش ESR

کیفیت الکترود:

۱ – ترکیب شیمیایی:

یک عامل عمومی تاثیر گذار بر کیفیت ذوب مجدد در فرایندهای ESR و VAR کیفیت الکترود است. کیفیت الکترود با ترکیب شیمیایی، تمیزی (مقدار اکسید و نیترید) و بی عیبی (عاری بودن از مک و ترک) مشخص می شود، ولی مهمترین عامل ترکیب شیمیایی الکترود است. در فرایند VAR به استثنای کاهش عناصر تبخیر شونده تغییری در ترکیب شیمیایی الکترود به وجود نمی آید (در الکترودهای نیتروژن دار مقداری کاهش نیتروژن به خاطر تشکیل نیتریدها به وجود می آید) درفرایند ESR مقدار گوگرد کاهش پیدا می کند و ممکن است تغییرات جزیی در ترکیب شیمیایی به خاطر واکنش عناصر Ti , Al , Zr , Si با اجزای سرباره صورت گیرد.

۲ – تمیزی :

تمیزی الکترود اهمیت زیادی دارد، به ویژه درفرایند VAR که در نظر گرفتن اکسیدها و نیتریدهای وارد شده به داخل حوضچه مذاب اهمیت دارد، زیرا ممکن است باعث کاهش اثر قوس الکتریکی ذوب کننده و نیز آشفته کردن قوس شوند. این مساله در الکترودهای ESR وجود ندارد.

۳ – مک :

مک در روش VAR باید مورد مطالعه قرار گیرد. الکترودهایی با مک های مرکزی به هنگام ذوب مجدد در خلا ترجیحا از محل مک ذوب می شوند. در نتیجه سطح ذوب شونده کاملا تخت باقی نمی ماند. مشکل دوم امکان جدا شدن دندریت های مجزا از هم در ناحیه مک دار و افتادن آن در در داخل حوضچه مذاب است. در این صورت دندریت بدون آنکه ذوب مجدد شده باشد، در ساختار حضور می یابد. ترکیب شیمیایی چنین ناحیه ای ترکیب دندریت اولیه و فقیر از عنصر آلیاژی خواهد بود. این مسائل در فرایند ESR نیز وجود دارد، ولی عبور مواد ذوب شده و ذوب نشده از میان سرباره باعث شده که محصولات ESR حساسیت کمتری نسبت به مک های الکترود داشته باشد.

۴ – ترک

آخرین ویژگی تاثیرگذار الکترود بر کیفیت ذوب مجدد، وجود ترک های افقی است. در سوپرآلیاژهای پرآلیاژ تنشهای حرارتی ناشی از سرد کردن یا گرم شدن الکترودها درفرایند ذوب مجدد، ممکن است ترک های افقی به وجود آورد. در فرایندهای VAR یا ESR زمانی که جبهه ذوب به یک ترک می رسد، به خاطر وجود ترک انتقال حرارت در محل ترک کاهش می یابد، در نتیجه دمای مواد قبل از ترک افزایش یافته و این ناحیه سریعتر ذوب می شود. پس از عبور جبهه ذوب از ترک با ماده سردتر مواجه می شود، و در نتیجه سرعت ذوب کاهش می یابد. در هردو فرایند VARو ESR باید تغییراتی در توان الکتریکی به وجود آورد تا سرعت ذوب ثابت بماند. به این طریق می توان از ناپیوستگی انجماد جلوگیری کرد. تنها راه جلوگیری از سرعت ذوب تولید الکترودهای بدون ترک است.

۱-۶-۱-۳-۳- عملیات ذوب مجدد در VAR

آماده سازی الکترود تاثیر مهمی در کیفیت عملیات VAR دارد. وجود اکسیدها در الکترود VAR نامطلوب است، زیرا ذرات اکسید را وارد سیستم می کند. بعضی از اکسیدها در دماهای بالا پایدار نیستند. ترکیبات اکسیدی تبخیر شونده یونیزه می شوند و قوس الکتریکی را ناپایدار می کنند. در نتیجه پیوستگی فرایند از کنترل خارج می شود. به همین خاطر اکسیدهای سطحی الکترودهارا با سنگ زنی حذف می کنند. هوای کوره با پمپ خارج شده و سطح خلا اندازه گیری می شود. سطح خلا ایجاد شده متغیر است. تنها اثر شناخته شده خلا بالا بهبود مقاومت قوس در برابر ناپایداری است. قوس الکتریکی بین الکترود و پایه مسی ایجاد می شود. برای برقراری قوس پایدار توان ذوب (شدت جریان الکتریکی) افزایش می یابد.

کنترل ذوب مجدد در VAR : سه عامل اصلی موثر در فرایند ذوب عبارتند از : قطر شمش و الکترود، طول قوس الکتریکی و سرعت ذوب. قطر شمش و الکترود لقی بین بوته و الکترود را تعیین می کند. اگر لقی بین این دو به خاطر انتخاب نادرست فاصله یا خارج از مرکز بودن الکترود کافی نباشد، بخشی از جریان الکتریکی از الکترود به دیواره بوته منتقل خواهد شد. انتخاب قطر شمش میزان انتقال حرارت و در نتیجه سرعت ذوب را کنترل می کند. در نتیجه برای ممانعت از جدایش مثبت در شمش، در انتخاب شمش باید دقت کرد. طول قوس فاصله بین سطح ذوب شونده الکترود و سطح فوقانی شمش منجمد شده می باشد. طول قوس مورد استفاده، ۱۲,۵ – ۲,۵ میلی متر است. سرعت ذوب شدن الکترود به شدت جریان الکتریکی بستگی دارد.

۱-۶-۱-۳-۴-عملیات ذوب مجدد در ESR

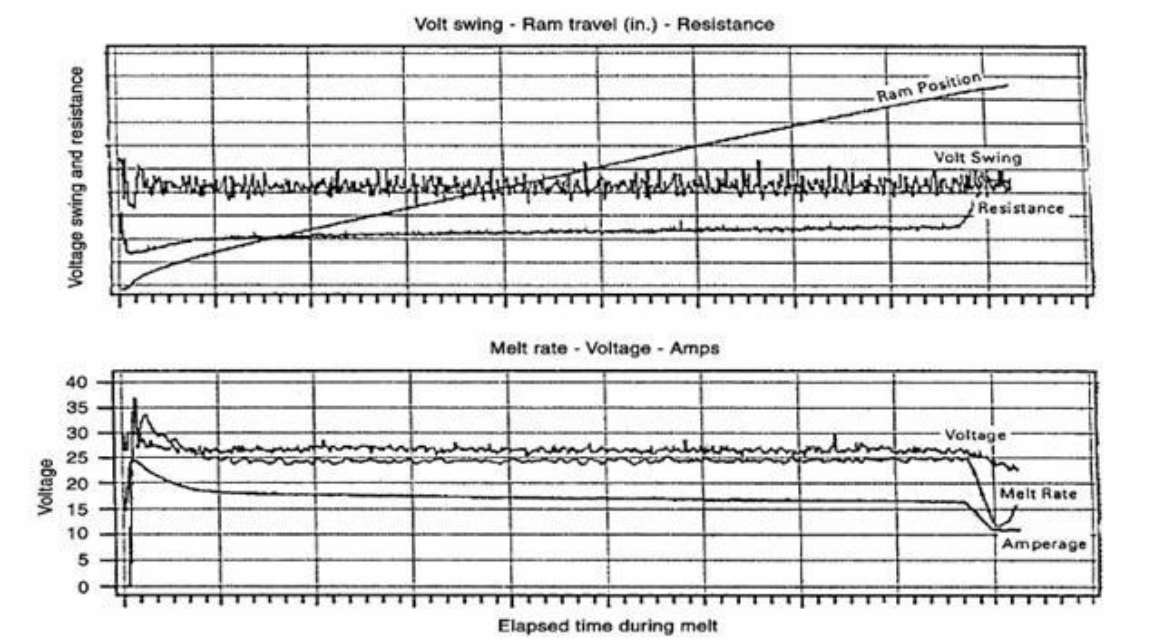
برخلاف کوره VAR آماده سازی الکترودهای ESR از نظر کیفیت فرایند و عملیات خیلی حساس نیست، زیرا اکسیدهای سطح الکترود به سرباره منتقل می شوند. به همین خاطر سطح الکترودهای ESR سنگ زنی نمی شوند، به استثنا مواردی که در آن استفاده کننده نهایی طبق مشخصات خود و برای اطمینان از عدم وارد شدن آلودگی آهن ناشی از قالب های ریخته گری الکترود، درخواست سنگ زنی سطح الکترودها را کرده باشد. در اینجا دو روش برای شروع عملیات ذوب وجود دارد. شروع سرد و شروع گرم. در شروع سرد، سرباره و ذرات ریزی از آلیاژ (معمولا براده های ماشین کاری) در روی صفحه شروع قرار داده می شود. الکترود به داخل مخلوط سرباره و فلز رانده شده و سپس عقب کشیده می شود، تا یک قوس ایجاد شود. توان بالایی برای ذوب در مرحله شروع به کار گرفته می شود. قوس ایجاد شده مخلوط سرباره و براده های آلیاژ را ذوب می کند. دراین موقع سرالکترود پایین آورده شده و در داخل سرباره غوطه ور می شود. از این به بعد ذوب الکترود توسط سرباره صورت می گیرد. همچنین توان الکتریکی شروع ذوب باید بالا باشد تا از جوش خوردن صفحه شروع کننده به شمش جوانه زده اطمینان حاصل شود. در شروع گرم، سرباره در بیرون کوره توسط قوس در بوته گرافیتی ذوب می شود. سپس سرباره از طریق یک سوراخ در کف بوته به آن وارد می شود. الکترود پایین آورده می شود و در سرباره مذاب غوطه ور می شود و ذوب شدن آغاز می گردد. اگرچه توان الکتریکی بالایی برای ذوب شدن مورد نیاز نیست، ولی در آغاز برای اطمینان از ذوب شدن شمش جوانه زده و صفحه آغازین و انتقال الکتریکی کامل، ازتوان بالا استفاده می شود.

همانند فرایند VAR استفاده از توان بالا در شروع عملیات ذوب از نظر برقراری تعادل در انتقال حرارت توسط پایه و ایجاد شرایط پایدار ذوب در لحظات شروع فرایند ذوب، مفید است.

کنترل ذوب مجدد در ESR: سه متغیر اصلی تعریف کننده یک فرایند ذوب عبارت اند از :

- قطر شمش و الکترود
- عمق غوطه وری الکترود در سرباره
- سرعت ذوب

انتخاب قطر شمش و الکترود مقدار لقی بین بوته و الکترود را تعریف می کند. عموما فکر می شود که غوطه وری الکترود، عمق نفوذ الکترود در سرباره است. روش تعریف شده ای برای اندازه گیری مقدار غوطه وری وجود ندارد، ولی طبق مشاهدات تجربی پیشنهاد شده است که این مقدار بیش از ۶۰۴ میلی متر نباشد. درجه غوطه وری بر کیفیت شمش تولید شده تاثیر دارد. ESR یک فرایند با جریان AC است وغوطه وری الکترود به علاوه ضخامت پوشش سرباره را می توان به عنوان مقاومت این جریان در نظرگرفت. تغییر وزن سرباره در سیستم یا تغییر ترکیب شیمیایی آن، امپدانس مدار و نیز آمپراژ و ولتاژ مورد نیاز برای برقراری توان ورودی داده شده (دریک ساعت ذوب ثابت) را تغییر می دهد. ضخامت پوشش سرباره تعیین کننده اصلی است و میزان غوطه وری الکترود ۱۰تا ۲۰ درصد امپدانس را تشکیل می دهد. اندازه گیری تغییرات این مقاومت یا تغییرات ولتاژ مربوط به آن می تواند برای کنترل غوطه وری الکترود در سرباره مذاب مورد استفاده قرار گیرد. سرعت ذوب الکترود متغیر مهم دیگری است که کنترل می شود. سرعت ذوب به جریان الکتریکی ذوب بستگی دارد ولی بعضی از فرایندهای VAR درجریان ثابت انجام می گیرند، تا سرعت ذوب بهتر کنترل شود. متغیر بعدی در ESR که کیفیت مذاب را کنترل می کند، انتخاب نوع و حجم سرباره مورد استفاده است. مقاومت پوشش سرباره مذاب به مقاومت سرباره و ضخامت پوشش سرباره که جریان الکتریکی از میان آن باید عبور کند، وابسته است. شکل (۱-۲۳) تعدادی از متغیرهای اصلی اندازه گیری شده در فرایند ESR را نشان می دهد.



شکل (۱-۲۳) پارامترهای اندازه گیری شده در روش ESR

تغییرات ولتاژ در اثر تغییرات آمپراژ است. مانند فرایند VAR اگر در انتهای ذوب شدن، الکترود کاملا مصرف شده باشد، یا توان به یکباره قطع شده باشد، مک های انقباضی ایجاد شده که گاه طول آن به چندین سانتی متر هم می رسد. این مک ها باید در مرحله بعدی عملیات تولید حذف شوند. برای کم کردن مقدار ماده ای که باید بریده و دور انداخته شود، بهتر است در انتهای مرحله ذوب قبل از اینکه الکترود تمام شود، جریان الکتریکی به تدریج کاهش داده شود، تا اینکه جریان کاملا قطع شود، دراین صورت مک های انقباضی تشکیل نمی شوند.

انتخاب سرباره :

همه سرباره های ESR دارای CaF_2 هستند. اکسیدها ممکن است برای افزایش مقاومت الکتریکی (ایجاد سهولت در ذوب فلز) و یا برای اصلاح ترکیب شیمیایی ذوب به واسطه واکنش هایی که بین آنها می تواند صورت گیرد، به سرباره اضافه شوند.

۱-۶-۲-تولید قطعات سوپرآلیاژی به روش ریخته‌گری

برای تولید یک قطعهٔ سوپرآلیاژی به روش ریخته گری به خصوص پرهٔ توربین که مهمترین قطعه سوپرآلیاژی است، چهار مرحله باید انجام شود:

۱- تهیهٔ نقشه و مشخصات فنی

۲- ساخت قالب و ریخته گری دقیق

۳- ماشینکاری قطعات ریخته شده

۴-پوشش دهی

این چهار مرحله برای تولید پره، به خصوص پره های متحرک ردیف اول و دوم باید انجام شوند. البته پره های ثابت ممکن است بخش پوشش‌دهی را نداشته باشند. همچنین پره های متحرک در ردیفهای سوم و بالاتر در بعضی موتورها ممکن است از طریق فرایند فورجینگ تولید شده و پوشش نداشته باشند. همچنین برای ایجاد هر صنعت، سه عامل تجهیزات، نیروی انسانی ماهر و دانش فنی، لازم است که با توجه به این سه عامل، میتوان به بررسی وضعیت کشور در مورد مراحل چهارگانهٔ فوق و نیز مشکلات آنها پرداخت.

۱-۶-۲-۱-ریخته‌گری دقیق

در سال ۱۹۳۲ با بکارگیری چسبهای اتیل سیلیکات هیدورلیز شده، ریخته گری سوپر آلیاژهای با دمای بالا برای تولید قطعات توربین های هوایی مورد توجه قرار گرفت و در میان انواع روشهای شکل دهی روش ریخته گری دقیق، بعنوان روشی برتر برای تولید قطعات آلیاژی مقاوم در دمای بالا در مقیاس صنعتی مطرح شد. در اواخر دهه ۴۰ و اوائل دهه ۵۰ میلادی تکنولوژی تولید پوسته های سرامیکی بهبود یافت و اکنون در صنایع ریخته گری دقیق بطور معمول بکار می رود.

دقت ابعادی و صافی سطح بالا و توانایی ایجاد جزئیات دقیق و ریزه کاریهای هندسی در قطعات از قابلیتهای مهم ریخته گری دقیق می باشد. این عوامل در ریخته گری آلیاژهای خاص مانند سوپر آلیاژها، قطعات ظریف و پیچیده از اهمیت بالایی برخوردارند.

روند توسعه توربین های گازی در جهت افزایش راندمان کاری ، نیازمند افزایش درجه حرارت گازهای ورودی به توربین ها بوده و این امر طراحان را به سمت روشی برای ریخته گری آلیاژهای دیرگداز ویژه برای قطعات توربین سوق داده است. براین اساس روش مورد استفاده بایستی قابلیت های زیر را داشته باشد:

الف- تولید انبوه قطعات با تلرانس ابعادی بسیار پایین.

ب- ریخته گری سوپر آلیاژهای با نقطه ذوب بالا.

ج- تولید قطعات با خواص متالورژیکی عالی.

د- کاهش هزینه قطعات تولیدی نسبت به سایر روشهای موجود.

این موارد منجر به بکارگیری روش ریخته گری دقیق در تولید این قطعات شد و از همان ابتدا صنایع هوایی و نظامی به این صنعت روی آوردند.

۱-۶-۲-۱-۱- انواع روش‌های ریخته‌گری دقیق

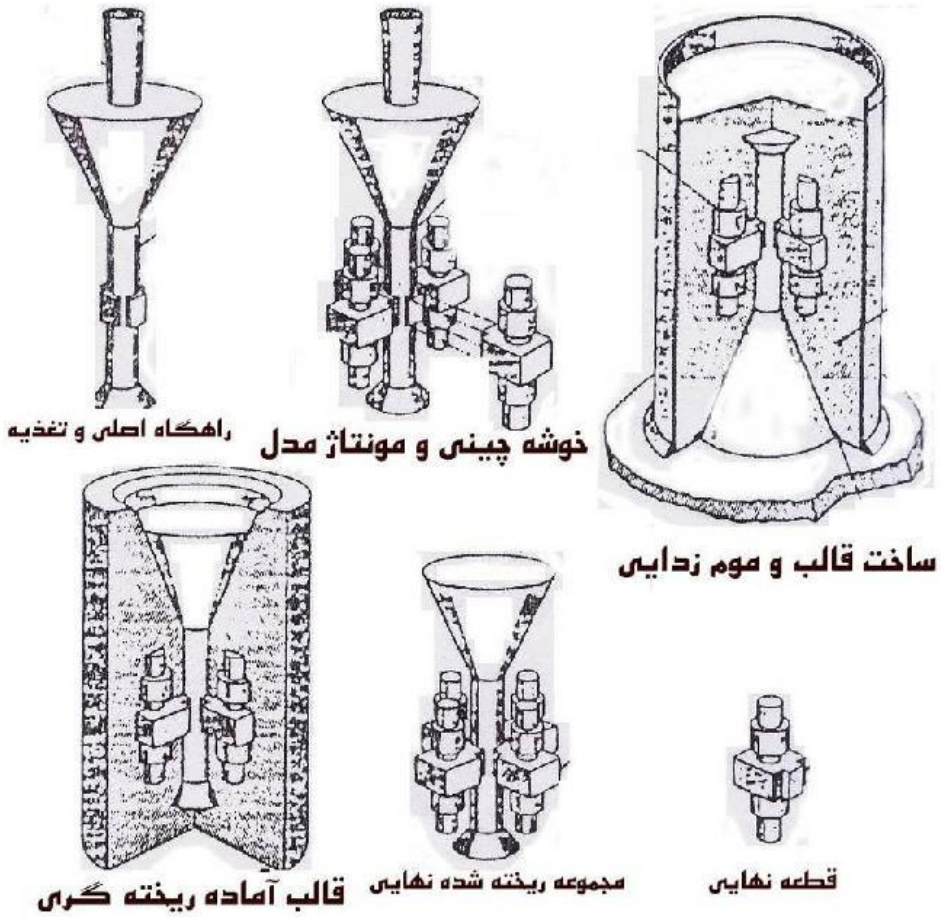
فرآیند ریخته‌گری دقیق برمبنای چگونگی ساختار قالب سرامیکی به دو صورت ریخته‌گری دقیق توپر[1] و پوسته‌ای[2] تقسیم بندی می شود.

ریخته گری دقیق توپر: شکل(۱-۲۴) فرآیند ریخته گری دقیق توپر را نشان می دهد. در این فرآیند قالب مدل با ریخته گری (از روی یک نمونه یا مدل اصلی اولیه) یا ماشینکاری تهیه شده و بعد از قرار دادن ماهیچه ها در محل خود، موم یا پلاستیک مذاب به درون قالب فلزی تحت شرایط کنترل شده تزریق می شود. بعد از انجماد و سرد شدن و خروج مدل مومی از قالب راهگاههای اصلی و فرعی مونتاژ شده و خوشه سازی مدل ها انجام می شود. پس از تهیه خوشه ابتدا یک پوشش اولیه از دوغاب سرامیکی حاوی مواد دیرگداز (و در صورت لزوم مواد جوانه زا) بر روی خوشه اعمال نموده و بعد از خشک شدن و ایجاد پوسته اولیه، خوشه را در داخل درجه قرار می دهند و درجه را با مواد دیرگداز پر می کنند تا در فرصت زمانی کافی خود را بگیرد. سپس کل درجه حاوی خوشه و مواد دیرگداز پرکننده را وارونه کرده و طی مدت زمان ۱۵-۱۲ ساعت در دمای C°

[1]-Solid Investment casting

[2]-Shell Investment casting

۲۰۵-۱۷۷عملیات ذوب مدل و پخت اولیه قالب انجام می شود. برای پخت کامل قالب و حذف موم یا پلاستیک باقی مانده درون قالب، دما با سرعت تقریباً ۶۰ C/ h تا 1100 C افزایش یافته و ۴ ساعت در این دما می ماند. بعد از آماده سازی مذاب و رساندن آن به دمای لازم, قالب پیش گرم شده و ریخته گری انجام می شود. در نهایت با روشهای مکانیکی و چکش‌های بادی مواد سرامیکی قالبها حذف و قطعات از خوشه جدا شده و سیستم راهگاهی نیز با برشکاری برداشته می شود و عملیات نهایی روی قطعات انجـام می‌گیرد.



شکل(۱-۲۴) نمایش شماتیک فرآیند ریخته گری دقیق توپر

ریخته گری دقیق پوسته‌ای: شکل (۱-۲۵) فرآیند ریخته گری دقیق پوسته ای را نشان می دهد. در این فرآیند ابتدا قالب مدل از طریق ریخته گری یا ماشین کاری تهیه می شود. سپس ماهیچه‌ها (در صورت نیاز) در محل مورد نظر قرارداده

شده و تمهیدات لازم برای جلوگیری از تغییر مکان ماهیچه‌ها بعمل می آید و موم یا پلاستیک مناسب برای تولید مدل با فشار و دمای تحت کنترل به درون قالب تزریق می‌شود. در ادامه راهگاههای اصلی/فرعی و خوشه مدل با تعداد مشخص و در راستای تعیین شده ، مونتاژ می‌شود. بعد از مونتاژ راهگاه اصلی و تغذیه ها، دوغاب سرامیکی اولیه که عمدتاً، حاوی مواد جوانه زاست و دارای ذرات با دانه بندی ریزتری نسبت به دوغاب های بعدی است به سطح اعمال می شود. پس از اعمال پوشش دوغابی[1]، خوشه در بستری از مواد دیرگداز[2] قرار می گیرد و این عمل بصورت تناوبی تکرار می شود تا پوسته ای از مواد دیرگداز با ضخامت مناسب ایجاد شود. سپس موم یا پلاستیک از درون قالب پوسته ای حذف می شود. پس از پخت قالب، فلز مورد نظر درکوره ذوب شده و به دمای فوق گداز لازم می رسد، و ریخته گری مذاب فلز در داخل قالب پیشگرم شده انجام می گیرد. معمولاً در طول سرد شدن و انجماد مذاب، پوسته سرامیکی ترک خورده و می شکند. در نهایت در صورت استفاده از ماهیچه های سرامیکی در قطعه ، این ماهیچه ها را بکمک روش انحلال شیمیائی و یا روشهای مکانیکی حذف نموده و سپس عملیات تمیز کاری و ماشین کاری نهایی[3] بر روی قطعات انجام می شود. در جدول(۱-۲۵) مزایا و معایب دو روش ریخته گری دقیق توپر و پوسته ای با همدیگر مقایسه شده اند.

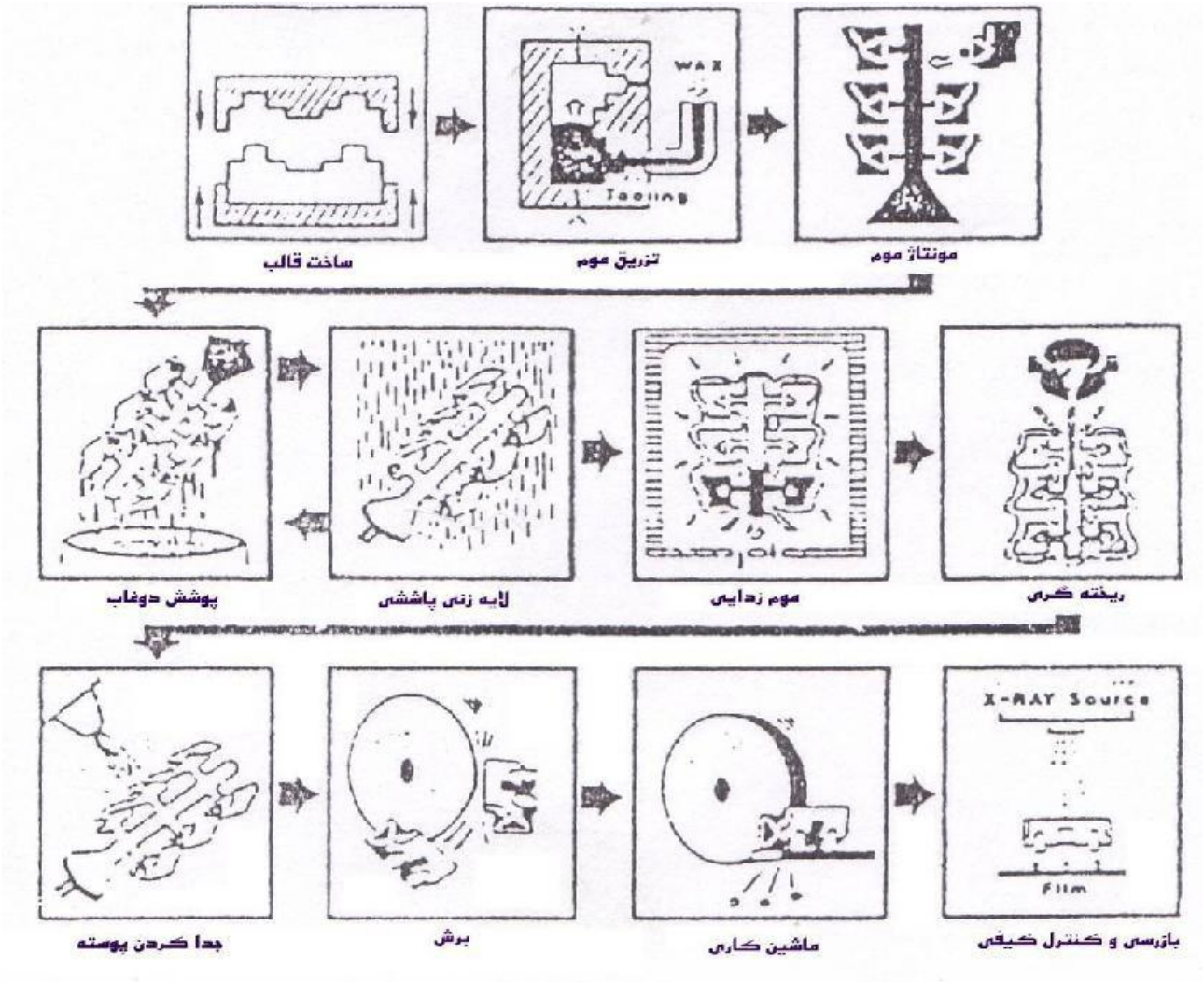
۱-۶-۲-۱-۲- ذوب ریزی

از مراحل حساس در فرآیند ریخته‌گری دقیق، ذوب و ریخته‌گری مذاب آلیاژ درون قالب سرامیکی می‌باشد. دستیابی به تکنولوژی ایجاد محیط خلاء در دهه ۵۰ نیاز به حضور عناصری مانند Si و Mn را به عنوان اکسیژن‌زدا[1] حذف کرده و به این دلیل حضور آخالهای غیر فلزی و نیز گازهای O_2 و N_2 محبوس شده در مذاب به حداقل رسیدند. ضمن اینکه برای سوپرآلیاژهایی که تحت خلاء ذوب می‌گردند امکان افزودن عناصر اصلاح کننده مرزدانه‌ها مانند بُر(B) بوجود آمده و اضافه کردن مقادیر لازم از فلزات فعالی مانند Al و Ti به مذاب سوپرآلیاژها برای بهبود خواص مکانیکی میسر شد. جدول (۱-۲۶) سیر تکاملی تکنولوژی ساخت و اصلاح آلیاژها را برای استفاده در ریخته‌گری دقیق در دهه‌های مختلف نشان می‌دهد.

1- Slurry coating

2- Stuccoing

3- Finishing



شکل (۱-۲۵) نمایش شماتیک فرآیند ریخته گری دقیق پوسته ای

جدول (۱-۲۵) مقایسه دو روش ریخته گری دقیق توپر و پوسته ای

	روش ریخته‌گری	توپر	پوسته ای
	خواص متالورژیکی	ضخامت زیاد پوشش اطراف قالب توانایی تغییر در سرعت سرد و گرم کردن و تغییرات مطلوب در ساختار را محدود می کند.	توانایی ایجاد انجماد جهت دار وتک کریستال، سرعت سرد کردن بالا، قابلیت ایجاد دانه بندی ریزتر و خواص مطلوبتر، امکان تغییر درجه حرارت قالب مطابق نیاز.

[4]- Dioxidizer

	روش ریخته‌گری	توپر	پوسته ای
	دامنه تولید	به خصوص در زمینه ابعاد برای درجه محدودیت وجود دارد.	دامنه تولید از چند گرم تا بیش از ۵ کیلوگرم قابل تغییر بوده و ابعادی چندانی برای قطعات ریختگری وجود ندارد.
	قیمت تولید	به علت مصرف زیاد مواد قالب قیمت محصول نهایی بالاست.	مواد قالب حدود یک دهم میزان مواد مصرفی در روش توپر است.
	زمان تولید	مدت زمان لازم برای خودگیری قالب و سیکلهای تولیدی بالاست و گاهی تا چندین روز طول می کشد.	زمان تولید کمتر از روش توپر است .

جدول (۱-۲۶) پیشرفتهای تکنولوژی ساخت و مواد مصرفی در ریخته گری دقیق

	دهه	تکنولوژی ساخت	تکنولوژی مواد
۱	۱۹۴۰	– ذوب در هوا – ریخته گری در هوا – قالبهای دقیق	مواد استحکام یافته با رسوبات کاربیدی و ایجاد محلول جامد
۲	۱۹۵۰	– ذوب خلأ – ریخته گری خلأ	آلیاژهای نیکل (آلیاژ In 713)
۳	۱۹۶۰	– قالبهای پوسته ای/ جوانه زاها – ماهیچه ها ومسیرهای هوا خنک – قطعات پیچیده	افزودن Ta و W (مانند آلیاژهای B-1900, Rene80) افزایش پایداری فازها (آلیاژ In100) و مقاومت در برابر سولفیداسیون (آلیاژ In 738)
۴	۱۹۷۰	انجماد جهت دار فرآیند HIP	افزودن Hf (مانند آلیاژ Mar-M200)
۵	۱۹۸۰	تک کریستالها امکان تولید قطعات بزرگ	اصلاح کننده های مرزدانه ای (مثل آلیاژهای RN4 و M454)

قالبهای پوسته ای دقت بیشتری را نسبت به انواع قبل داشته و استفاده از مواد دیرگداز مانند ZrO_2, Al_2O_3 در ترکیب قالبهای سرامیکی، سازگاری قالب با فلزات را بهبود بخشیده و واکنشهای سطحی مذاب را کم نموده است. ضمن اینکه دقت ابعادی بدست آمده بسیار بالا رفته است.

در مورد سوپر آلیاژهای مورد استفاده در ریخته گری دقیق عملیات ذوب دو مرحله ای است. مرحله اول آلیاژسازی سوپرآلیاژ از عناصر تشکیل دهنده آن می‌باشد. در مرحله دوم از ذوب مجدد شمش‌های آماده (از مرحله اول) تحت شرایط کنترل شده اتمسفری برای ریخته‌گری استفاده می‌شود.

سلامت قطعه بدست آمده از ریخته گری دقیق به طراحی و ساخت صحیح قالب, مدل و راهگاهها، کنترل ترکیب آلیاژ مورد استفاده، زمان ذوب و درجه حرارت فوق گداز، نحوه ریخته گری و انجماد مذاب، سرعت سرد شدن و انجماد، درجه حرارت پیشگرم قالب، استفاده از اصلاح کننده ها و روش های شیمیائی و مکانیکی مورد استفاده برای کنترل دانه بندی بستگی دارد. تغذیه گذاری صحیح و جهت انجماد نیز در سلامت قطعه مؤثر است.

۱-۶-۲-۱-۳- ذوب و ریخته‌گری دقیق سوپر آلیاژ های پایه نیکل

آلیاژهای پایه نیکل به دلیل استحکام‌دهی توسط رسوب سختی و نقطه ذوب بالا به همراه خواص مکانیکی، خوردگی و اکسیداسیون مناسب بصورت گسترده برای ساخت قطعات توربین های گازی بکار می روند. قابلیت های ریخته‌گری این آلیاژها نسبت به آلیاژهای پایه کبالت کمتر است. در گذشته اندازه قطعات ریخته شده از آلیاژهای پایه نیکل، کوچک و حدود یک کیلوگرم و یا کمتر بود اما با پیدایش فرآیندهای پیشرفته ریخته‌گری و عملیات HIP (برای اصلاح کیفی قطعات ریختگی از طریق کاهش تخلخلهای داخلی)، امکان تولید قطعات بزرگ (حتی با قطر بزرگتر از ۱۵۰سانتیمتر) به روش ریخته‌گری دقیق فراهم شده است. اصول طراحی سیستم راهگاهی برای ریخته گری آلیاژهای پایه نیکل با سایر سوپر آلیاژها یکسان بوده و وزن مذاب ریخته شده برای هر قطعه بسته به وزن سیستم راهگاهی و تغذیه گذاری برای پرکردن قالب به ۴-۱/۵ برابر وزن قطعه نهایی می رسد.

با پیشرفت روش های تولید شمش های اولیه و استفاده از تکنولوژیهای پیشرفته نظیر روش ذوب القایی تحت خلا ((VIM، روش ذوب با قوس الکتریکی تحت خلاء (VAR) و.... امکان تولید شمش‌های بسیار تمیز و همگن از نظر شیمیایی امکان پذیر شده است. البته ذوب مجدد شمش‌های پایه نیکل بدلیل آنکه دارای عناصر فعال در ترکیب شیمیایی خود هستند تحت خلاء و یا حفاظت گاز آرگـون انجام می‌گیرد.

تخلخل ها بیشتر به دلیل گازهای حل شده و یا عدم توانایی تغذیه مناطق بین دندریت ها و جبران انقباض طی انجماد بوجود می آیند. میکرو تخلخل ها نیز بیشتر بدلیل انقباض طی انجماد در آلیاژهایی با دامنه انجماد وسیع (محدودهٔ خمیری) تشکیل می شوند.

شارژ کوره ذوب: برای تهیه مذاب آلیاژهای پایه نیکل جهت ریخته گری دقیق نازلها از شمش اصلی[1] استفاده می شود و برای به حداقل رساندن ورود آخالها به داخل قطعه ریختگی بایستی از فیلترهای پایه زیرکونیایی در داخل قالب ریخته گری استفاده نمود. در ریخته گری آلیاژهای پایه نیکل مقادیر Al و Ti بایستی در بالاترین حد تلرانسی ترکیبی آلیاژ حفظ شوند تا از اثرات مفید آنها در افزایش استحکام حداکثر استفاده بعمل آید. بدلیل کاهش درصد مقادیر Al و Ti در آلیاژهای ریختگری شده، کاربرد برگشتی ها بعنوان ذوب اولیه برای ریخته‌گری آلیاژهای نیکلی از جمله IN939 مجاز نمی‌باشد.

درصد پایین گازهای جذب شده در مذاب باعث افزایش قابلیت ریخته گری شده و آخالهای غیرفلزی و تخلخل های گازی و انقباضی را کاهش می دهد. وجود گوگرد بالا در شارژ آلیاژهای ریختگی باعث افزایش تمایل به پارگی داغ و ترشوندگی نامطلوب آلیاژها و نسوزها در حین ذوب و ریخته‌گری می‌شود و لذا کنترل گوگرد شمش مورد استفاده امری ضروری است.

عملیات ذوب: ذوب و ریخته‌گری سوپر آلیاژهای پایه نیکل در خلاء انجام می شود که این امر برای جلوگیری از حذف عناصر آلیاژی فعال (Al,Ti) انجام می گیرد. در صورت استفاده از شمش تمیز و خلاء کافی طی ذوب و ریخته‌گری و نیز کنترل پارامترهای ریخته‌گری می‌توان میزان اکسیژن قطعات را در زیر PPm ۲۰حفظ کرد.

درجه حرارت مذاب درحین عملیات ذوب می تواند با استفاده از یک ترموکوپل غوطه وری کنترل شود هر چند استفاده از پیرومتر نوری راحت تر است ولی سرباره سطحی مذاب می تواند باعث ایجاد خطا در کنترل درجه حرارت باشد و لذا در کاربرد پیرومتر می بایستی از محل تلاطم مذاب که فاقد پوسته های سطحی است اندازه گیری دما انجام گیرد.

محدوده ذوب آلیاژهای پایه نیکل در حدود فولادهای زنگ نزن می باشد و درجه حرارت ذوب‌ریزی آنها به ندرت به بالاتر از ۱۶۵۰ C° می رسد. با انتخاب یک فوق گداز مناسب بالای دمای لیکوئیدس آلیاژ (برای مثال حدود ۱۲۰° C) درجه حرارت

1-Master heat

ریخته گری حدود ۱۵۶۰ C° و یا حتی کمتر قابل قبول خواهد بود. دمای دقیق را خواص نهایی مورد نظر و دانه بندی تعیین می کند.

ترکیب شیمیایی مذاب و خلاء: بعد از ایجاد محیط خلاء در دهه ۵۰ میلادی سیلسیم و منگنز به عنوان مواد مانع از اکسیداسیون سوپر آلیاژها از ترکیبات حذف شدند. وجود خلاء بسیاری از آخالهای غیر فلزی مانند N_2,O_2 را نیز حذف کرد. در زمان کوتاه ذوب و ریخته‌گری تغییرات مهمی در ترکیب آلیاژ پدید نیامده و نیازی به افرودنی ها نیست اما باید خلاء لازم حداقل در حدود $10^{-2}mbar$ وجود داشته باشد. کاهش خلاء باعث ایجاد آخالهای غیر فلزی به علت حضور اکسیژن و نیتروژن خواهد شد و بعلاوه عناصر فعال مانند آلومینیم و کروم طی ذوب اکسید شده و از مذاب حذف خواهند شد. این تغییر ترکیب شیمیایی خواص نهایی را تحت تاثیر قرار می دهد. کیفیت مذاب را پوسته‌های اکسیدی، محصولات واکنش مذاب با نسوز بوته و سایر آخالها به همراه تمیزی شمش اولیه تعیین می‌کند.

در صورت نگهداری طولانی مدت مذاب برخی فلزات مانند کروم و منگنز از بین خواهند رفت. تغییرات ترکیب در حدود مجاز هم می توانند دارای اثرات مهمی باشد. حضور ناخالصی ها و عناصر باقی مانده نیز اثرات قابل توجهی بر خواص مکانیکی سوپر آلیاژهای ریختگی دارد. همواره استفاده از شمش اولیه منطبق با درصدهای عناصر استاندارد و فاقد آلودگی به همراه خلاء بالاتر کمک زیادی به سلامت قطعه نهایی می کند [۷۳].

بوته های مورد استفاده برای ذوب: مطالعات ذوب سوپر آلیاژها نشان داده است که تشکیل آخالهای اکسیدی تا حد زیادی تابع مواد نسوز بوته کوره القایی می باشد. در این رابطه مشخصات شیمیایی نسوز از جمله درصد MgO و Al_2O_3 وZrO_2 دارای اهمیت می باشد. .میزان تخلخل نسوز و میزان پخت آن از عوامل دیگری هستند که روی اکسید شدن عناصر سوپر آلیاژ اثر می گذارند.

سرباره گیری: تشکیل سرباره با کنترل دقیق فرآیند ذوب و محدود کردن زمان نگهداری مذاب قبل از ریخته گری می تواند کاهش یابد. به این منظور و برای اجتناب از تشکیل مجدد لایه سرباره سطحی و عدم نیاز به سرباره گیری مجدد، بایستی عملیات سرباره زدایی حین ذوب ریزی انجام شود. استفاده از شمش اولیه تمیز، تمیزکاری بوته قبل از قراردادن شمش و حذف آلودگی های احتمالی سطح شمش به همراه خلاء در حد $10^{-4}torr$ به تمیزی بیشتر ذوب و حداقل نمودن سرباره کمک می کند.

فیلتراسیون مذاب: از آنجائیکه عملیات ریخته گری مطلوب همواره نیازمند ذوب تمیز و حفظ تمیزی آن در طول عملیات است لذا نقش فیلترها در ریخته گری اهمیت پیدا می کند. بکارگیری فیلترها اگر چه باعث کاهش تلاطم مذاب و محبوس شدن هوای موجود در راهگاهها می شود ولی نرخ پرشدن قالبها را نیز کاهش می دهد. درهر حال بایستی توجه کرد که استفاده از فیلترها بخصوص در ریخته گری سوپرآلیاژهای پایه نیکل ممکن است نیازمند انتخاب فوق گداز بالاتری باشد تا امکان پرشدن مقاطع نازک و نقاط دور دست قالب وجود داشته باشد. در عین حال فیلترها آخرین موانع بر سر راه آخالهای غیرفلزی محسوب می شوند و در صورتیکه مراحل اولیه فرآیند ذوب بطور صحیح انجام شود استفاده از فیلترها به تمیزی قطعه کمک خواهد کرد.

اضافه کردن جوانه زا: برای کنترل انجماد هم محور در قطعات از پارامترهای مختلفی استفاده می شود. استفاده از دوغاب اولیه حاوی مواد جوانه زا بعنوان لایه اول پوشش سرامیکی، انتخاب درجه حرارت ریخته گری و درجه حرارت پیشگرم مناسب برای قالب سرامیکی، ضخامت قالب سرامیکی، نحوه قرارگیری قطعات در خوشه های ریخته گری دقیق، موقعیت راهگاه‌ها، عایق بندی قالب سرامیکی و سرعت بارریزی از جمله پارامترهایی هستند که با کنترل آنها می توان دانه بندی قطعات ریختگی را کنترل نمود.

آلیاژهای پایه نیکل به کنترل اندازه دانه بندی با عملیات جوانه زنی پوسته ای به نحو مطلوبی جواب می دهند. اضافه کردن ۶-۲ درصد آلومینات کبالت، متاسیلیکات کبالت یا اکسید کبالت و کنترل درجه حرارت ریخته گری این آلیاژ کاهش قابل ملاحظه ای را در اندازه دانه بندی سطحی قطعات ریختگی ایجاد می کنند. البته میزان کاهش اندازه دانه بندی با مقدار ماده جوانه زای مورد استفاده متناسب است.

پیشگرم قالب سرامیکی: پیشگرم قالب سرامیکی بر قابلیت ریخته‌گری و کیفیت قطعات تولید شده موثر است. محدوده دمای پیشگرم برای سوپرآلیاژهای پایه نیکل معمولاً بین ۷۶۰-۱۱۵۰° C و درجه حرارت ریخته‌گری نیز بین ۱۵۹۵° C-۱۴۲۵متغیر است. تعیین دقیق پارامترهای ریخته‌گری معمولاً به ساختار نهایی مورد نظر و کیفیت لازم برای قطعات ریخته شده و نیز نوع آلیاژ بستگی دارد. ذکر این نکته لازم است که با کاهش درجه حرارت پیشگرم قالب بدلیل کاهش اندازه دانه، عمر خزشی قطعات بهبود می‌یابد.

۱-۶-۳-ساخت پره

فناوری ساخت پره توربین بسیار پیچیده بوده و چون قطعات ساخته شده از این دست جزء قطعات استراتژیک به شمار می‌آیند، دانش فنی آن در اختیار کشورهای محوری است، این مسئله یکی از عواملی است که باعث شده قیمت قطعات پره توربین با این نوع آلیاژها گران بوده و دارای ارزش افزوده بالایی باشد.

به عنوان مثال اگر ماده اولیه یک پره توربین دارای قیمتی در حدود ۲۰ دلار باشد، قیمت پره ساخته شده به روش ریخته‌گری دقیق حدود ۴۰۰ دلار و بالاتر خواهد بود. به علت شرایط سخت کاری و فرسودگی قطعات پره توربین و نیاز آن به تعمیر و تعویض همواره، به پره‌های جدید نیاز است. به همین دلیل ساخت قطعات از این دست باعث صرفه جویی ارزی شده و در صورت صادرات ارز آور نیز خواهد بود.

اصولا جهت ساخت پره‌های توربین گازی از ریخته‌گری استفاده می‌شود. ریخته‌های سوپرآلیاژهای پایه نیکل عمدتا به روش ریخته‌گری دقیق تولید می‌شوند. در گذشته اکثر قطعات آلیاژهای پایه نیکل کوچک و درحدود ۱ کیلوگرم بودند. امروزه با اصلاح روش‌های ذوب و ریخته‌گری و ترمیم توسط جوشکاری و استفاده از روش HIP قطعات ریخته‌گری بزرگ و پیچیده به مرحله تولید رسیده و جایگزین قطعات آهنگری و جوشکاری در موتورهای توربینی گردیده‌اند.

۱-۶-۳-۱-پره های با انجماد جهت دار

در اوایل دهه ۹۰ میلادی، با توجه به آنکه تکنولوژی ساخت سوپر آلیاژهای پلی کریستال ریختگی، تقریباً به حد تکامل و اشباع خود رسیده بود، تلاشهای کمی در مورد توسعه سوپر آلیاژهای پایه نیکل ریختگی معمولی (پلی کریستال) صورت پذیرفت. از طرف دیگر با توجه به آنکه در توربین های جدید تر، دمای ورودی به توربین در حال افزایش بود بنابراین عمده طراحان و سازندگان توربین های جدید رو به پره های ثابت و متحرک انجماد جهت دار یافته آوردند. ضمن آنکه روند تلاشهای بعدی نیز ساخت پره ها از آلیاژهای تک کریستال[۱] بود. در سالهای گذشته شرایط کار توربین های گازی زمینی (دما / تنش) بگونه ای بود که خوردگی داغ نوع II یکی از ملاکهای اساسی جهت انتخاب مواد بشمار می آمد.

---

۱ - Single Crystal = SC = SX

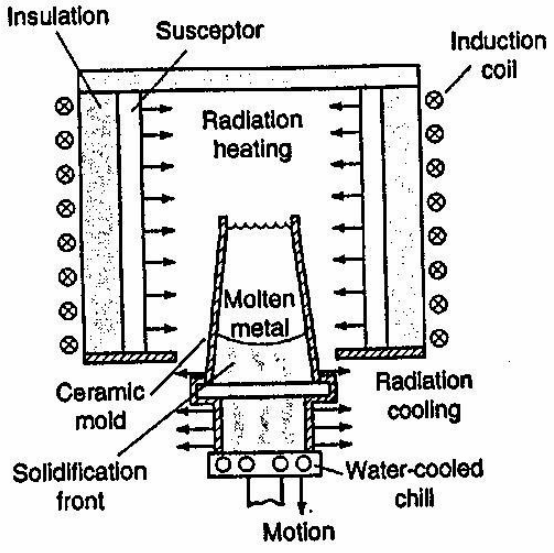
متاسفانه بیشتر آلیاژهای پلی کریستال قدیمی نتوانسته اند پره های DS مناسبی را تولید نمایند. آلیاژهای DS جدید کمی هم توانسته اند کلیه مشخصات لازمه را همراه با قابلیت ریخته گری مناسب از خود به نمایش گذارند. این آلیاژهای جدید می بایستی ضمن آنکه مقادیر نسبتاً بالایی از کروم را در ترکیب خود دارا باشند، عناصر Ti و Al آنها نیز باید تا حد امکان بالا باشد، بگونه‌ای که ضمن تامین مقاومت به خوردگی مناسب (حضور کروم)، تحمل دمای حداقل ۳۰-۱۰۰°C بیشتر از IN738LC در شرایط تنشی(۱۴۰-۲۰۰ MPa) از خود به نمایش گذارند.

جدول (۱-۲۷) ترکیب شیمیایی تعدادی از سوپر آلیاژهای با دانه های جهت دار (DS) را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۲۷) ترکیب شیمیایی تعدادی از آلیاژهای DS مورد استفاده در ساخت پره های توربین گازی

Alloy	Nominal composition, wt %													
	C	Cr	Co	Mo	W	Nb	Re	Ta	Al	Ti	B	Zr	Hf	Ni
First generation														
MAR-M 200 Hf	0.13	8.0	9.0	...	12.0	1.0	...	...	5.0	1.9	0.015	0.03	2.0	bal
René 80H	0.16	14.0	9.0	4.0	4.0	...	...	...	3.0	4.7	0.015	0.01	0.8	bal
MAR-M 002	0.15	8.0	10.0	...	10.0	...	...	2.6	5.5	1.5	0.015	0.03	1.5	bal
MAR-M 247	0.15	8.0	10.0	0.6	10.0	...	...	3.0	5.5	1.0	0.015	0.03	1.5	bal
PWA 1422	0.14	9.0	10.0	...	12.0	1.0	...	...	5.0	2.0	0.015	0.10	1.5	bal
Second generation														
CM 247 LC	0.07	8.0	9.0	0.5	10.0	...	...	3.2	5.6	0.7	0.015	0.010	1.4	bal
CM 186 LC	0.07	6.0	9.0	0.5	8.4	...	3.0	3.4	5.7	0.7	0.015	0.005	1.4	bal
PWA 1426	0.10	6.5	10.0	1.7	6.5	...	3.0	4.0	6.0	...	0.015	0.10	1.5	bal
René 142	0.12	6.8	12.0	1.5	4.9	...	2.8	6.35	6.15	...	0.015	0.02	1.5	bal

تحت شرایط کرنش های الاستیک و پلاستیک مقدار کمتری تنش به پره وارد شده و لذا استحکام خزشی، داکتیلیتی و نیز استحکام خستگی حرارتی پره بسیار بهبود خواهد یافت. شکل (۱-۲۶) شماتیکی از فرآیند ریخته گری پره های DS را نشان می دهد.



شکل (۱-۲۶) شماتیک فرآیند ریخته‌گری پره های توربین گازی و انجماد آنها به روش جهت دار

نکته بسیار مهم در مورد آلیاژهای مورد استفاده جهت ساخت پره ها به روش انجماد جهت دار، امکان ساخت پره هایی با طول نسبتاً بزرگ (تا حدود ۶۰ سانتی متر) از این آلیاژ ها است. برای ایجاد چنین شرایطی بایستی حالتی را فراهم آورد که کل گرمای موجود در مذاب از یک طرف قطعه ریختگی خارج گردد و بر این اساس هم باید یک شیب حرارتی مناسب داشت و هم سرعت بیرون کشی قطعه از کوره (یا نقطه گرم) بسیار کنترل شود. در مورد سوپر آلیاژهای پایه نیکل شیب حرارتی Cm °C / ۷۲–۳۹و نرخ بیرون کشی ۳۰Cm/hr مناسب تشخیص داده شده است. مهمترین عیوب تشکیل شده حین ساخت پره های توربین از آلیاژهای DS شامل دانه های هم محور، دانه های با جهت گیری نامناسب (غیر از [۰۰۱])، ترک خوردن مرز دانه ها، انقباض و ایجاد حفرات ریز در آنها می باشد که در این میان ترک خوردن مرز دانه ها حین انجماد پره های DS بسیار با اهمیت است. این عیب ناشی از تفاوت در ضرایب انبساط حرارتی سوپر آلیاژ و ماهیچه های سرامیکی مورد استفاده در ساخت پره های سوراخدار می باشد و جهت جلوگیری از این عیب در حدود ۲ – ۰/۸ درصد وزنی Hf به ترکیب سوپر آلیاژ اضافه می شود.

اولین کارهای تحقیقاتی در زمینه استفاده از تکنولوژی انجماد جهت دار در ساخت پره های توربین های گازی، در حوالی دهه ۶۰ میلادی و در شرکت P&W صورت گرفت. آنها در ابتدا سعی کردند که از آلیاژهای پلی کریستال معمولی نظیر IN 100 و MAR - M 200 جهت ساخت پره های DS استفاده نمایند اما نتایج اولیه با شکست مواجه گردید. شرکت Martin Metals اولین شرکتی بود که به اهمیت حضور Hf در پره های DS پی برد. با توجه به تمایل زیاد این عنصر به واکنش با اکسیژن محیط و نیز قالب سرامیکی حداکثر مقدار مجاز این عنصر در حدود ۲ درصد تعیین گردید. پس از آن سوپرآلیاژهایDS دیگری توسط شرکتهای مختلف ابداع گردید که تمامی آنها برای ساخت پره های توربین های هوایی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج رضایت بخشی بهمراه داشتند. از جمله این آلیاژ ها می توان به RENE 80H , MAR-M002 و MAR - M247 اشاره نمود که توسط شرکتهای GE، Rolls - Royce و Garrett ابداع گردیدند. جدول (۱–۲۸) ترکیب شیمیایی تعدادی از این سوپر آلیاژها را نشان می دهد.

جدول (۱-۲۸) ترکیب شیمیایی تعدادی از سوپر آلیاژهای DS و پلی‌کریستال جهت ساخت پره توربین گازی

	C	Cr	Co	Mo	W	Re	Ta	Cb	Al	Ti	B	Zr	Hf	Ni
IN 738 LC	.010	16.0	8.4	1.7	2.5	-	1.7	0.7	3.6	3.4	.010	.05	-	BASE
IN 939	.15	22.5	19.0	-	2.0	-	1.4	1.0	1.9	3.7	.010	.10	-	BASE
IN 792	.14	12.7	9.0	2.0	4.2	-	4.2	-	3.4	4.1	.015	.05	1.0	BASE
René 80	.17	14.0	9.5	4.0	4.0	-	-	-	3.0	5.0	.015	.03	-	BASE
MM 002	.15	9.0	10.0	-	10.0	-	2.5	-	5.5	1.5	.015	.05	1.5	BASE
CM 247 LC (8,9)	.07	8.1	9.2	.5	9.5	-	3.2	-	5.6	0.7	.015	.015	1.4	BASE
CM 186 LC (10)	.07	6.0	9.0	.5	8.0	3.0	3.0	-	5.7	0.7	.015	.005	1.4	BASE
MAR M 247	.15	8.0	10.0	.6	10.0	-	3.0	-	5.5	1.0	.015	.03	1.5	BASE
GTD 111	.10	14.0	9.4	1.5	3.7	-	3.0	-	3.0	5.0	.010	.01	.15	BASE

با توجه به تغییر روشهای خنک کردن پره های توربین های گازی به مرور زمان و تغییر شکل و پیچیدگی ایرفویل پره های جدیدتر، استفاده از آلیاژهای DS قدیمی نمی توانست شکل پره های جدید همراه با سیستم های خنک کنندگی پیچیده را در آنها ایجاد نماید. بنابراین لازم گردید تا قابلیت ریخته گری آلیاژهای DS مورد استفاده در ساخت پره های جدید تر از طریق اصلاح ترکیب شیمیایی آنها بهبود یابد. با توجه به آزمایشات متعدد مشخص گردید که عناصر زیرکونیم و سیلیسیم موجود در ترکیب سوپر آلیاژهای پایه نیکل می توانند تاثیر نامطلوبی بر قابلیت ریخته گری DS آنها داشته باشند و از جمله عوامل ضعف مرز دانه ها می باشند. بعلاوه مشخص شد که جهت دستیابی به یک پره ریخته شده به روش DS عاری از عیوبی نظیر ترک در مرز دانه‌ها، کنترل دقیق عنصر Ti همراه با گوگرد موجود در ترکیب آن بسیار الزامی است و بر این اساس آلیاژهای DS نسل دوم با کنترل بهتر میزان عناصر زیر کونیم، تیتانیوم، سیلیسیم و کربن عرضه گردیدند که از آن جمله می توان به سوپر آلیاژهای CM247LC DS و CM 186 LCDS اشاره نمود. لازم به ذکر است که با افزودن عنصر Re بـه تـرکیب سوپرآلیاژ CM 186 LCDS امکان دستیابی به آلیاژ DS فراهم گردید که خواص خزشی آن به خوبی با بسیاری از سوپرآلیاژهای تک کریستال نسل اول برابری می کند در حالیکه قیمت آن بسیار ارزانتر است. علاوه بر بهبود ترکیب شیمیایی آلیاژ، سعی گردید تا با بهبود فرآیند انجماد قطعات DS، کیفیت پره‌های حاصله بهتر گردد، لذا با توجه به ضعف های روش معمولی بریجمن جهت ساخت پره های توربین های گازی بزرگ، استفاده از روش سرد کردن و انجماد پره ها در یک حمام فلز

مذاب (LMC) [1] پیشنهاد گردید که امروزه تعدادی از کشورهای پیشرفته از این روش جهت ساخت پره های توربین های گازی بزرگ از سوپر آلیاژهای DS استفاده می نمایند. همچنین با توجه به تمایل واکنش فراوان عنصرHf موجود در ترکیب آلیاژهای DS با سرامیک و ماهیچه های مورد استفاده در قالب پره، و نیز گران بودن قیمت این عنصر، امروزه کوششهای بسیار وسیعی در حال انجام است تا بتوان از سوپر آلیاژهای DS با استحکام بالا و فاقد عنصر Hf در ترکیب شیمیایی آنها (نظیر DS - GTD 111) جهت ساخت انواع پره های توربین گازی استفاده نمود که از جمله این فعالیت ها می توان بـــه اقدامات انجام گرفته در شرکتهای ABB و انستیتو تحقیقاتی مواد و هوا فضا در کشور چین اشاره نمود [۸۷ و ۹۲]. مدلسازی فرآیند های ریخته گری و انجماد پره های ساخته شده از سوپر آلیاژهای DS در چند ساله اخیر پیشرفت های وسیعی یافته است. اگر چه عموماً برای بهینه سازی فرآیند ریخته گری پره های DS به منظور دستیابی به یک مقدار قابل قبول از قراضه ها و دور ریزها، مدت زمانی در حدود ۲-۱ سال لازم می باشد، اما با استفاده از مدلسازی این فرآیندها صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه ها و زمان بعمل خواهد آمد [۴].

اگر چه تعداد سوپر آلیاژهای پایه نیکل DS که قابلیت مناسبی جهت ساخت پره های توربین های گازی هوایی از خود نشان داده اند بسیار زیاد است، اما تنها تعداد نسبتاً محدودی از آنها در ساخت پره های گردان توربین های گازی زمینی استفاده شده اند. همانگونه که قبلاً اشاره شد سوپر آلیاژ DS مورد استفاده توسط شرکت GE جهت ساخت پره‌های گردان توربین های گازی زمینی GTD111 - DS می باشد که قابلیت خود را بخوبی نشان داده و از آن در ساخت بسیاری از مدلهای پیشرفته توربین های گازی استفاده می شود.

با توجه به اینکه Pallotta سوپرآلیاژ DS مورد استفاده در ساخت پره های گردان توربین های شرکت وستینگهاوس را از نوع X - 750 DS عنوان می‌کند اما McQuiggan از شرکت وستینگهاوس، سوپرآلیاژ DS مورد استفاده در ساخت پره های گردان ردیف ۱ و ۲ توربین های مدل G این شرکت را آلیاژ MAR - M002 دانسته است. همچنین اگر چه با توجه به همکاری بسیار نزدیک شرکتهای زیمنس و میتسوبیشی با وستینگهاوس ممکن است به نظر برسد که پره های DS مورد

1-Liquid Metal Cooling

استفاده در توربین های مشابه مربوط به این شرکتها نیز از آلیاژهای فوق الذکر باشد اما در مراجع اشاره شده که جنس پره‌های مورد استفاده در توربین‌های سری G میتسوبیشی CM247LCDS می‌باشد.

با توجه به گستردگی بسیار زیاد سوپرآلیاژهای DS مورد استفاده در ساخت پره های توربین های گازی، در پروژه بسیار گسترده ای که در اروپا با نام COST501 انجام پذیرفت، تعدادی از مواد بسیار مناسب و پیشرفته جهت ساخت پره های توربین های گازی زمینی پیشنهاد گردیده اند و خواص آنها با سوپر آلیاژهای پرمصرف و معمولی کنونی نظیر IN738 و IN939 مقایسه شده است. با توجه به پارامترهای بسیار متعددی که در حین بهینه سازی سوپر آلیاژها جهت ساخت پره های توربین وجود دارد دو معیار اصلی برای انتخاب مناسب ترین سوپر آلیاژهای DS جهت ساخت پره های گردان توربین های گازی عبارتند از:

الف) قابلیت ریخته گری مناسب آلیاژ بصورت DS شامل دسترسی و ایجاد ساختار دانه ای مطلوب در پره‌های ریختگی، عدم واکنش با قالب، عدم ایجاد آخالها و ...

ب) بهبود در استحکام گسیختگی خزشی آلیاژ حداقل به میزان ۳۰ درصد نسبت به سوپر آلیاژ متداول IN738LC.

نمونه‌های سوپر آلیاژ DS انتخاب شده جهت بررسی شامل مواد موجود در جدول (۱-۲۹) می باشد. این مواد براساس مدارک و منابع موجود انتخاب گردیدند وسعی گردیده است که مناسب ترین موادی که قبلاً کارایی خود را در توربین های زمینی نشان داده‌اند (بصورت آلیاژهای معمولی پلی کریستال)، جهت این کار انتخاب گردند. در این رابطه سوپر آلیاژ IN 792DS اصلاح شده سوپر آلیاژ IN 792، آلیاژ IN 6203 DS اصلاح شده سوپر آلیاژ IN 939، آلیاژ NFP 1916DS اصلاح یافته آلیاژ IN 738 و آلیاژ CM247LC DS اصلاح یافته سوپر آلیاژ پلی کریستال MAR - M 247 می باشند [۴۰ و ۷۶].

جدول (۱-۲۹)ترکیب شیمیایی آلیاژهای DS مورد بررسی در پروژه COST 501

material	Ni	Cr	Al	Ti	Mo	W	Ta	Co	Nb	Zr	B	C	Hf
IN 792 DS	bal.	12.5	3.5	4.1	2	4	4	9	-	0.02	0.02	0.08	1.00
IN 6201 DS	bal.	20	2.4	3.6	0.5	2.3	1.5	20	1.0	0.05	0.8	0.03	-
IN 6203 DS	bal.	22	2.3	3.5	-	2	1.1	19	0.8	0.10	0.010	0.15	0.75
CM 247 LC DS	bal.	8.4	5.5	1.0	0.6	10	3	10	-	0.05	0.015	0.15	1.5
NFP 1916 DS	bal.	13.2	3.7	5.0	-	1.9	5.1	4.1	-	0.016	0.016	0.07	-

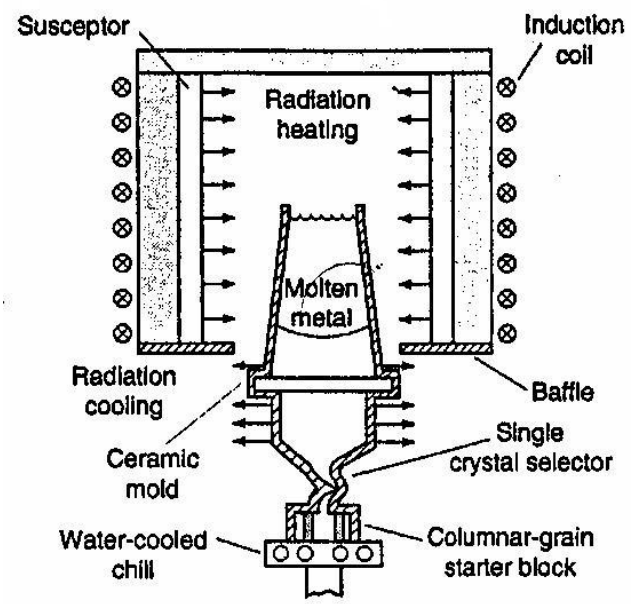
در اولین آزمایشات انجام شده مشخص گردید که آلیاژ CM247LC DS قابلیت ریخته گری و انجماد DS مطلوبی داشته و دو آلیاژ IN 6203 DS و NFP 1916 DS قابلیت ریخته گری متوسطی دارند که البته مشکلاتی در زمینه ریخته گری و انجماد این آلیاژهای DS نظیر تلفات Hf، نوع دانه بندی حاصله، ترک خوردن در مرز دانه ها و ... به وجود آمد که لزوم توجه بیشتر به این حالت را متذکر گردید. با توجه به آنکه تحت هر گونه شرایط ریخته گری آلیاژ IN 6201 DS دارای دانه های هم محور حین ریخته گری و انجماد می شد و واکنش عناصر موجود در این آلیاژ با قالب بسیار زیاد بود، لذا عملاً از مرحله ادامه بررسیها حذف گردید. آزمایشات متعدد بعدی نیز نشان داد که عملاً سوپر آلیاژ NFP 1916 DS حین انجماد مشکلات فراوانی خواهد داشت که مهمترین آنها ترک خوردن مرز دانه های آلیاژ می باشد. بنابراین، این آلیاژ نیز از ادامه مراحل پروژه COST 501 حذف گردید. بررسیهای خواص مکانیکی این سوپرآلیاژ ها نیز نشان داد که اگر چه تمامی سوپر آلیاژهای CM247LCDS، IN792 DS و IN 6203 DS دارای مقاومت خزشی بهتری نسبت به آلیاژ IN738LC می‌باشند اما در مورد آلیاژ IN6203DS این افزایش مقاومت نسبت به سایر آلیاژها کمتر است وحتی بررسیهای گسترده تر نشان داد که عملاً تفاوت چندان زیادی بین مقاومت خزشی این آلیاژ و آلیاژ IN 738LC وجود ندارد.

نتایج حاصل از اندازه گیری استحکام کششی، استحکام تسلیم و درصد ازدیاد طول نمونه های تهیه شده از سه سوپر آلیاژ CM247LCDS , IN6203 DS و IN762 DS مورد بررسی قرارگرفته است. مشاهده شده که با افزایش دمای آزمایش، بیشتر بودن خواص استحکامی آلیاژها در جهت طولی نسبت به جهت عرضی آنها کاهش می‌یابد. همچنین در محدوده های دمایی بالاتر، آلیاژ CM247LC DS بیشترین مقادیر استحکام کششی و آلیاژ IN6203 DS کمترین استحکام کششی را داراست که در زمینه انعطاف پذیری عکس این حالات مشاهده می‌شود.

۱-۶-۳-۲-پره‌های تک‌کریستال (SC)[1]

با توجه به روند رو به گسترش استفاده از توربین های گازی با راندمان بالاتر در سالهای اخیر، دمای احتراق و ورودی گازها به توربین افزایش بیشتری یافته است و لذا باعث گردیده که پره های گردان (و حتی ثابت) توربین‌های پیشرفته تر از نوع DS نیز فراتر رفته و با استفاده از سوپر آلیاژهای تک کریستال ساخته شوند. در این فرآیند مذاب سوپر آلیاژ مورد نظر در یک قالب

پیشگرم شده مناسب که توسط المانهای حرارتی گرم نگه داشته می‌شود ریخته شده و با استفاده از مبرد و هسته های اولیه شرایط لازم برای تشکیل پره های تک کریستال فراهم می گردد. شکل (۱-۲۷) شماتیکی از این فرایند را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲۷) شماتیک فرایند ریخته گری و انجماد سوپر آلیاژهای SC

سوپر آلیاژهای تک کریستال نسبت به سوپر آلیاژهای DS قابلیت تحمل دمای بالاتری دارند که دلایل آنرا می‌توان بصورت زیر بیان نمود.

۱-فرآیند انجماد جهت دار (DS) می تواند باعث تشکیل کاربید های درشتی از نوع MC در تعدادی از آلیاژها گردد که این کاربیدها به نوبه خود باعث ایجاد ترکهای ریز و سرعت زیاد خستگی این آلیاژها در بارهای تناوبی می گردند.

۲-اگر به هر دلیلی تعدادی از دانه ها در امتداد مناسب خود قرار نگیرند، در محل برخورد این دانه ها با سطح آزاد پره، ترکهای خزشی بسرعت تشکیل شده و رشد می نمایند.

1- Single Crystal

۳-در صورت حذف مرزدانه ها می توان عناصر استحکام بخش به این مرزها (نظیر کربن، بور، زیرکونیم و هافنیم) را از ترکیب آلیاژ خارج نمود و با حذف این عناصر امکان تشکیل کاربیدهای MC در ساختار آلیاژ کاهش یافته و این امر ضمن افزایش استحکام خستگی آلیاژ نقطه ذوب آلیاژ (ذوب موضعی) را افزایش خواهد داد. با افزایش این نقطه ذوب، امکان بالا بردن دمای عملیات حرارتی و حلالیت کامل رسوبات γ' موجود در ساختار ریختگی (که دارای ابعاد درشتی می باشند) نیز فراهم آمده و آنگاه با کنترل بهینه عملیات حرارتی و سرد شدن آلیاژ امکان دسترسی به حجم زیاد ذرات γ' در ساختار و بهبود خواص خزشی آلیاژ میسر میگردد.

۴-در صورت حذف مرز دانه ها، ترکیب شیمیایی آلیاژ را می توان به نحو مناسب تری انتخاب نمود بگونه‌ای که حد بهینه خواص مکانیکی توام با مقاومت به خوردگی و اکسایش در آلیاژ فراهم آید. این امر حتی می‌تواند قابلیت ریخته گری آلیاژ را بهبود بخشد.

طراحان و سازندگان توربین های گازی و قطعات آنها نیز در واقع از همین نکات استفاده کرده اند و ترکیب شیمیایی سوپر آلیاژهای تک کریستال را بر این اساس مقداری متفاوت از سوپر آلیاژهای DS انتخاب نموده اند. جدول (۱-۳۰) ترکیب شیمیایی تعدادی از سوپر آلیاژهای SX مورد استفاده در ساخت پره های توربین های گازی را نشان می دهد. در آلیاژهای SX اضافه کردن رنیم نیز کمک زیادی به افزایش استحکام آلیاژ از طریق بهینه سازی ذرات γ' نموده است بگونه ای که افزایش رنیم تا حد ۳ درصد وزنی به سوپر آلیاژهای اولیه (نسل اول) منجر به ایجاد نسل دوم سوپر آلیاژهای تک کریستال شد که امروزه جهت استفاده در توربین‌های گازی زمینی بیشترین پتانسیل را دارا می باشند.

جدول (۱-۳۰) ترکیب شیمیایی تعدادی از سوپر آلیاژهای SX مورد استفاده در پره های توربین های گازی

Alloy	Composition, wt %												Density, g/cm³
	Cr	Co	Mo	W	Ta	Re	V	Nb	Al	Ti	Hf	Ni	
First generation													
PWA 1480	10	5	...	4	12	...	...	...	5.0	1.5	...	bal	8.70
PWA1483	12.8	9	1.9	3.8	4	...	...	...	3.6	4.0	...	bal	...
René N4	9	8	2	6	4	...	...	0.5	3.7	4.2	...	bal	8.56
SRR 99	8	5	...	10	3	...	...	...	5.5	2.2	...	bal	8.56
RR 2000	10	15	3	...	...	...	1	...	5.5	4.0	...	bal	7.87
AM1	8	6	2	6	9	...	...	...	5.2	1.2	...	bal	8.59
AM3	8	6	2	5	4	...	...	...	6.0	2.0	...	bal	8.25
CMSX-2	8	5	0.6	8	6	...	...	...	5.6	1.0	...	bal	8.56
CMSX-3	8	5	0.6	8	6	...	...	...	5.6	1.0	0.1	bal	8.56
CMSX-6	10	5	3	...	2	...	...	...	4.8	4.7	0.1	bal	7.98
CMSX-11B	12.5	7	0.5	5	5	...	...	0.1	3.6	4.2	0.04	bal	8.44
CMSX-11C	14.9	3	0.4	4.5	5	...	...	0.1	3.4	4.2	0.04	bal	8.36
AF 56 (SX 792)	12	8	2	4	5	...	...	...	3.4	4.2	...	bal	8.25
SC 16	16	...	3	...	3.5	...	...	...	3.5	3.5	...	bal	8.21
Second generation													
CMSX-4	6.5	9	0.6	6	6.5	3	...	...	5.6	1.0	0.1	bal	8.70
PWA 1484	5	10	2	6	9	3	...	...	5.6	...	0.1	bal	8.95
SC 180	5	10	2	5	8.5	3	...	...	5.2	1.0	0.1	bal	8.84
MC2	8	5	2	8	6	...	...	...	5.0	1.5	...	bal	8.63
René N5	7	8	2	5	7	3	...	...	6.2	...	0.2	bal	...
Third generation													
CMSX-10	2	3	0.4	5	8	6	...	0.1	5.7	0.2	0.03	bal	9.05
René N6	4.2	12.5	1.4	6	7.2	5.4	...	...	5.75	...	0.15	bal	8.98

در رابطه با پره های تک کریستال، اولین فعالیت ها در حوالی دهه ۶۰ میلادی و بصورت موازی با پره های DS در شرکت Pratt & Whitney انجام گرفت. متاسفانه نتایج اولیه در این رابطه نشان داد که تک کریستالهای ساخته شده از جنس MAR - M 200 دارای سطوحی از استحکام خزشی، استحکام خستگی، حرارتی و مقاومت به خوردگی می باشند که بیشتر از مقادیر متناظر در مورد آلیاژ MAR - M200DS نمی باشد. تنها تفاوت در این در حالت، افزایش استحکام و داکتیلیتی آلیاژ تک کریستال در جهت عرضی نسبت به آلیاژ DS بود. حتی پس از آنکه ثابت شد که خواص عرضی سوپر آلیاژهای DS را می توان با اضافه کردن مقادیر مناسب هافنیم به ترکیب سوپر آلیاژ بهبود بخشید، فعالیت های مربوط به آلیاژهای تک کریستال بطور کامل متوقف گردید. پس از این مرحله هنگامی که در اواسط دهه ۷۰ میلادی کشف شد که خواص خزشی تک کریستالهای پایه نیکل توسط کسر حجمی ذرات γ' در ساختار آنها کنترل می شود، فعالیت های مجددی بر روی ساخت سوپر آلیاژهای تک کریستال آغاز گردید چرا که در مورد سوپر آلیاژهای معمولی (پلی کریستال) و DS، حتی اگر عملیات انحلال آنها بسیار نزدیک به دمای ذوب انجام می گرفت، ذرات γ' موجود در ساختار ریختگی تنها به مقدار نسبتاً کمی در ساختار حل شده و به عبارت دیگر مقدار نسبتاً زیادی از ذرات γ' درشت در ساختار ریختگی (بصورت ذرات γ' مجزا یا بصورت یوتکتیک

های $\gamma - \gamma'$) باقی می ماند. بنابراین پایین بودن دمای ذوب این نوع سوپر آلیاژها، عملاً عملیات حرارتی کامل آنها را با مشکل مواجه می نمود. با ایجاد ساختارهای تک کریستال این امکان فراهم آمد تا با کاهش عناصر استحکام بخش به مرز دانه ها نظیر کربن، زیرکونیم و بور نقطه ذوب آلیاژ بالاتر رفته و بدین ترتیب شرایط لازم جهت عملیات حرارتی انحلال کامل سوپر آلیاژهای تک کریستال فراهم آید.

پره های تک کریستال اولین بار توسط شرکت Pratt & Whitney در سال ۱۹۸۲ میلادی در موتورهای توربین های هوایی بوئینگ ۷۶۷ و ایرباس A310 مورد استفاده قرار گرفتند. آلیاژ مورد استفاده PWA1480 بود که یک سوپر آلیاژ تک کریستال نسل اول (نظیر CMSX -2، Rene N4 و ...) می باشد که فاقد عنصر رنیم در ترکیب شیمیایی خود می باشد. پس از این زمان نیز کلیه سازندگان اصلی توربین های هوایی، سوپر آلیاژهای SC جدیدی توسعه داده و در توربین های ساخت خود استفاده نموده اند که از آن جمله می توان به آلیاژهای Rene N4 ساخت شرکت GE، SRR99 و RR2000 ساخت شرکت رولزرویس، آلیاژهای AM1 و AM3 ساخت ONERA در فرانسه، CMSX-2 و CMSX-3 در شرکت Cannon-Muskegon و SC-16 بوسیله ONERA اشاره کرد. این آلیاژهای نسل اول که همگی فاقد عنصر رنیم در ترکیب خود می باشند، تقریباً خواص خزشی معادل با یکدیگر دارند اما رفتار خوردگی و نیز قابلیت ریخته گری و دانسیته متفاوتی دارند. با اصلاح ترکیب شیمیایی آلیاژهای تک کریستال از طریق افزودن عنصر رنیم در حد ۳ درصد وزنی، سوپر آلیاژهای تک کریستال نسل دوم ابداع گشتند که از آن جمله می توان به آلیاژهای CMSX-4، PWA1484، SC180 و Rene N5 اشاره کرد. مزیت اصلی این سوپر آلیاژها، افزایش قابل ملاحظه استحکام خزشی آنها (حدود ۳۰ °C) در مقایسه با سوپر آلیاژهای نسل اول می باشد [۷۶ و ۷۴]. با افزودن ۶-۵ درصد وزنی رنیم به ترکیب سوپر آلیاژهای تک کریستال، سوپر آلیاژهای نسل سوم توسعه یافتند که از آن جمله می توان به CMSX-10 اشاره نمود.

عموماً بیشترین مقادیر استحکام خزشی در مورد سوپر آلیاژهای تک کریستال نسل سوم حاصل می شود ولی نکته بسیار مهم در مورد آنها، عدم پایداری ساختاری آنها حین سرویس می باشد و این امر بخصوص در مورد پره‌های توربین های بزرگ (زمینی) حائز اهمیت است چرا که طراحی این پره ها عموماً برای عمرهای طولانی تر (نسبت به پره های هوایی) انجام می‌گیرد و در این مدت سرویس طولانی، باید آلیاژهایی انتخاب گردد که تا حد امکان از تشکیل فازهای ناخواسته و علی

الخصوص فازهای TCP [1] در آن جلوگیری شده و به عبارت بهتر پایداری ساختاری مناسب حین کار در دمای بالا را دارا باشد. بنابراین مناسب نیست که از چنین سوپر آلیاژهای تک کریستال نسل سومی برای ساخت پره های توربین های بزرگ زمینی استفاده نمود] ۸۶ [. برای مثال با اضافه کردن ۶ درصد وزنی رنیم به ترکیب سوپر آلیاژهای تک کریستال، فازهای TCP تشکیل شده می تواند باعث تسریع شدید در شکست خزشی آن گردد. علاوه بر این به دلیل واکنش شدید این عنصر با قالب های ریخته گری و نیز جدایش شدید آن در قطعات ریخته گری بزرگ و تاثیر مخرب آن در عملیات حرارتی های بعدی قطعات، نمی‌توان مقدار این عنصر را در ترکیب آلیاژ تا حد زیادی بالا برد. بنابراین در حال حاضر بیشتر فعالیت های مربوط به ساخت سوپر آلیاژهای SX جهت پره‌های توربین های زمینی بزرگ و متوسط برای آلیاژهای حاوی حدود ۳ درصد وزنی رنیم انجام می گیرد.

اگر چه بسیاری از انواع مختلف سوپر آلیاژهای تک کریستال جهت ساخت پره های کوچک توربین های جت هوایی ابداع شده اند اما امروزه تلاش فراوانی می شود تا با توسعه [2] تکنولوژی آنها، امکانات ساخت پره های بزرگتر مورد استفاده در توربین های زمینی نیز فراهم گردد. با اینحال مشکلات متعددی در زمینه استفاده از سوپر آلیاژهای تک کریستال در ساخت پره های توربین های گازی زمینی موجود می باشد که عبارتند از :

۱–ترکیب شیمیایی سوپر آلیاژهای توسعه یافته جهت ساخت پره های توربین های هوایی بگونه‌ای است که عملاً مقادیر کمی کروم جهت حفاظت در برابر خوردگی و اکسایش وجود دارد. بنابراین در صورت نیاز به استفاده از آلیاژهای SC در ساخت پره های توربین های زمینی می بایستی توجه بیشتری به ساخت و توسعه آلیاژهای مقاوم‌تر در برابر خوردگی معطوف گردد.

۲–مشکلات ناشی از Scale - up کردن پره ها و آلیاژهای مورد استفاده در توربین های هوایی برای کاربرد در توربینهای گازی زمینی شامل :

۲–۱– اساساً تکنولوژی تولید قطعات SC بر پایه وجود یک شیب حرارتی مناسب در محدوده $7^{\circ}C/mm$ می‌باشد که این مقدار دو برابر شیب مورد نیاز در ساخت قطعات DS می باشد. هر چه ابعاد پره های ریختگی بزرگتر باشد دسترسی به

1- Topoligically Closed-Packed

2- Scale – up

چنین شیب حرارتی زیادی مشکلتر می شود و در صورتی که شیب حرارتی کمتر از مقدار مورد نظر باشد، نقائص ریختگی نظیر دانه های هم محور و ... در ساختار آلیاژ ایجاد می گردد. حتی اگر بتوان از حضور عیوبی نظیر نقائص فوق الذکر در آلیاژ ریخته شده تحت شیب های حرارتی کمتر ممانعت بعمل آورد، خواص مکانیکی این آلیاژ نسبت به آلیاژهای بهینه کمتر خواهد بود و این به دلیل تاثیر این شیب های حرارتی برروی فواصل بین دندریتی است. در حقیقت شیب حرارتی کم منجر به افزایش فواصل بین دندریتی شده که این امر هنگام عملیات حرارتی، انحلال ذرات درشت γ' را مشکل نموده ولذا ساختار مناسب ایجاد نمی گردد. دلیل دیگر این امر ایجاد تخلخلهای میکروسکپی بیشتر در چنین نمونه هایی است که استحکام خستگی آلیاژ را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۴ و ۹۷]. البته در صورت کاهش نرخ رشد و حرکت جبهه مذاب می توان تعدادی از این نقائص را تا حدی جبران نمود اما این امر هزینه تولید را چند برابر می کند.

۲-۲- بدلیل نیاز به سوپر هیت های فوق العاده بالا (دمای بالای $^{\circ}C$ ۱۵۰۰)، جهت تامین شیب های حرارتی و نیز زمان طولانی تماس آلیاژ با قالب، واکنش عناصر مذاب با قالب بسیار زیاد بوده و کیفیت مناسب حاصل نخواهد آمد. علاوه بر این ماده قالب بایستی در طی این مدت استحکام کافی را جهت تحمل وزن مذاب دارا باشد. یکی از نکات قابل ملاحظه در این رابطه لزوم نزدیکی ضرایب انبساط حرارتی قالب و فلز می باشد چرا که در غیر اینصورت عیوب مختلفی در فرآیند ایجاد می گردد. همه این مسائل باعث بحرانی شدن طراحی و لزوم کاربرد قالب های مخصوص می گردد و این امر بخصوص برای پره های بزرگ توربین های زمینی بیشتر حاد می گردد.

علاوه بر موارد فوق الذکر، در مورد پره های کوچک هوایی، در بسیاری از موارد تعداد نسبتاً زیادی (۲۴ - ۶ عدد) پره بطور همزمان در یک قالب ساخته می شوند و این امر در مورد پره های توربین های زمینی با حجم و وزن زیاد ممکن نمی باشد و هنوز تجربیات کافی در این زمینه بدست نیامده است.

با توجه به کلیه این مسائل بهنگام طراحی یک آلیاژ ریختگی تک کریستال جهت کاربرد در شرایطی که هم استحکام خزشی مناسب و هم رفتار خوردگی بهینه‌ای از آن انتظار می رود (پره های توربین های گازی زمینی)، مهمترین مشخصات مورد نیاز به شرح ذیل می باشد:

الف) قابلیت ریخته گری مناسب : که به معنی عاری بودن قطعه ریختگی از عیوبی نظیر " " Freckels، Sliver " " و ... می باشد. علاوه بر این تطبیق این آلیاژ و قطعه ریختگی با تکنولوژیهای موجود در زمینه ریخته گری و ماهیچه گذاری نیز از اهمیت فراوانی برخوردار است.

ب) قابلیت عملیات حرارتی مناسب : که به معنی وجود یک محدوده دمایی نسبتاً وسیع و قابل قبول برای عملیات حرارتی انحلال آلیاژ می باشد. این امر بخصوص با در نظر گرفتن پتانسیل بالقوه تغییر ترکیب شیمیایی قطعات ریختگی بزرگ از نواحی تحتانی تا فوقانی قطعه اهمیت زیادی دارد.

ج) پایداری حرارتی مناسب : که به معنی انتخاب بهینه ترکیب شیمیایی آلیاژ می باشد بگونه ای که امکان ایجاد فازهای مضر و علی الخصوص فازهای TCP که حین سرویس در دمای بالا ایجاد می گردند را تا حد امکان کاهش دهد.

د) استحکام خزشی مناسب

و) مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون مناسب و یا قابلیت پوشش دهی بسیار مطلوب

همانند سوپرآلیاژهای DS، سوپر آلیاژهای SC متعددی نیز تا کنون ابداع گردیده که هر یک ویژگیهای متفاوتی را ارائه داده اند. اگر چه تعداد بسیار زیادی از آلیاژهای تک کریستال در ساخت توربین های هوایی استفاده گردیده اند، اما با توجه به شرایط حاد خوردگی و لزوم توجه بیشتر به عمر پره های توربین های زمینی تنها تعداد کمی از این آلیاژهای SC جهت استفاده در توربین های زمینی مناسب تشخیص داده شده‌اند.

۱-۶-۴-فرایندهای شکل دهی قطعات و مواد دما بالا

برخی از مهمترین روشهای مورد استفاده برای شکل‌دهی مواد دما بالا مثل انواع فولادها و سوپرآلیاژها را به صورت زیر می‌توان درنظرگرفت.

کارگرم: فولادها و بسیاری از سوپرآلیاژهای پایه نیکل با قابلیت پیرسختی می توانند تحت عملیات کارگرم توسط نورد و یا آهنگری قرار گیرند. محدوده بالایی دمای کار گرم توسط دمای ذوب، اندازه دانه و غیره و محدوده پایینی این دما توسط انعطاف پذیری و سفتی ماده تعیین می شود.

کار سرد: فولادها و آلیاژهای پایه نیکل کارشده موجود بصورت ورق را می توان بصورت شکل های بسیار پیچیده با قابلیت تغییرفرم پلاستیک زیاد شکل دهی نمود. استحکام پایین آلیاژ اینکونل ۶۰۰ و نایمونیک ۷۵ سبب بروز مشکلاتی در شکل دهی آنها می شود. آلیاژها با استحکام بالا و در شرایط آنیل قابلیت تغییرفرم و کارسرد بالایی را دارند.

با توجه به اهمیت زیاد فرایند آهنگری و نورد در تولید قطعات داغ نیروگاهی، در ادامه برخی از ویژگیهای این فرایندها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱-۶-۴-۱-آهنگری مواد دما بالا

در طی چند دهه اخیر، صنعت آهنگری نوع آوری های تکنولوژیکی متعددی را به ثبت رسانده است. کاربرد طراحی، تولید و مهندسی به کمک کامپیوتر خصوصا در آهنگری آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت به دلیل کیفیت بالاتر محصولات و هزینه های کمتر تولید، رضایت بخش می باشد. از طرف دیگر پیشرفت های آلیاژی اخیر به افزایش دمای سرویس منجر شده است که به مفهوم قابلیت آهنگری پایین تر این آلیاژها می باشد. همچنین تولید قطعات نزدیک به شکل نهایی به منظور کنترل دقیق شکل نهایی مورد تقاضا است. ماشین کاری این آلیاژها بسیار دشوار و هزینه‌بر بوده و در برخی از موارد در حدود ۴۰٪ از هزینه های تولید را شامل می شود. پیچیدگی این فاکتورها باعث میشود تا کامپیوتر سهم بیشتری در صنعت آهنگری آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت داشته باشد. کامپیوتر میتواند فرایندهای آهنگری را تجزیه و تحلیل کرده، سیلان فلز را پیش بینی نموده و مصرف انرژی، طراحی عملکرد و روش تولید را بهینه نماید.

اهنگری آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت به صورت گسترده ای در صنایع قدرت، شیمی و هسته ای همانند اجزا ساختار یک هواپیما، موشک، اجزا تورین گازی مانند شفت ها، تیغه ها، اتصالات و پره ها به کار میرود. از آنجائیکه این آلیاژها دارای استحکام بالایی در دماهای بالا هستند، در مقایسه با اغلب آلیاژها، دشوارتر آهنگری میشوند. آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت قابلیت آهنگری پایین تری از فولادهای زنگ نزن دارند. عموما این آلیاژها میتوانند در دو گروه اصلی دسته بندی شوند:

۱. آلیاژهای مستحکم محلول جامد مانند آلیاژ X(UNS N06002)
۲. آلیاژهای مستحکم γ' مانند Waspaloy(UNS N07001)

گروه دوم در مقایسه با گروه اول بسیار دشوارتر آهنگری میشوند.

۱-۶-۴-۲- روش های آهنگری

سه فاکتور بحرانی در هر روش آهنگری، کرنش، آهنگ کرنش و دمای قطعه کار در طول آهنگری می باشد. صرف نظر از روش مورد استفاده، آهنگری آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت باید به عنوان بخشی از یک فرایند ترمومکانیکال کلی انجام شود. در برخی از حالات، فرایندهای آهنگری به منظور بهبود تنش گسیختگی، خزش و عمر خستگی کم چرخه صورت میگیرد. بنابراین مقصود از آهنگری این آلیاژها، پالایش دانه یکنواخت، سیلان دانه کنترل شده و بی عیب بودن ریزساختار می باشد. این اهداف اغلب به روش های ذوب، طراحی قالب های شمش ریزی و روش های در هم شکستن شمش ها و یا تختال ها بستگی دارد.

برای دستیابی به اندازه دانه مطلوب و مشخصات سیلان دلخواه لازم است تبلور مجدد در هر مرحله کنترل شود. تبلور مجدد همچنین به حذف کاربیدهای مرزدانه ای که به گسترش در طی سرمایش یا گرمایش استاتیکی تمایل دارند، منجر میشود.

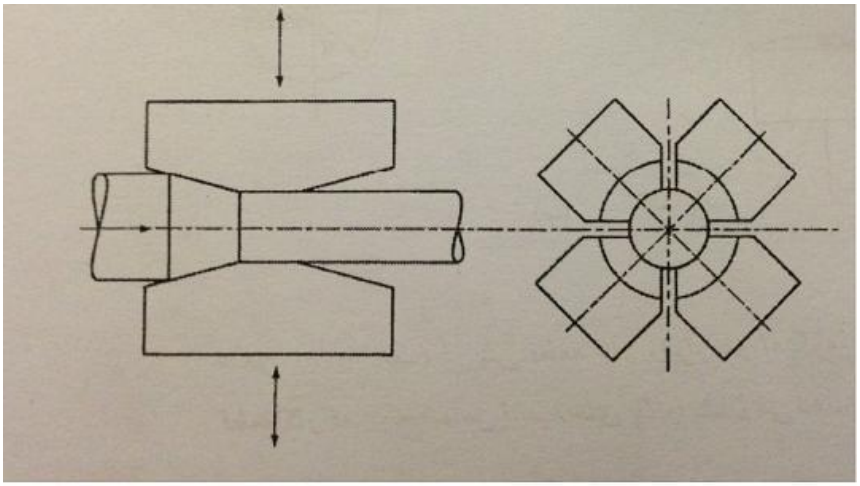
آهنگری قالب باز: آهنگری قالب باز میتواند برای تولید پیش فرم های قطعات بزرگ همانند چرخ ها و شفت های توربین گازی مورد استفاده قرار بگیرد. بسیاری از این پیش فرم ها در آهنگری قالب بسته کامل میشوند. آهنگری قالب باز به ندرت برای تولید اشکال با وزن کمتر از ۹ kg استفاده میشود.

آهنگری قالب بسته: آهنگری قالب بسته به صورت گسترده ای برای آهنگری آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت استفاده میشود. به هر حال فرایند به صورت کلی با فرایندهای قالب بسته در تولید اشکال مشابه از فولادهای کربنی و یا آلیاژی متفاوت می باشد. برای مثال، پیش فرمهای تولید شده توسط آهنگری، نورد و یا اکستروژن به صورت گسترده ای در آهنگری قالب بسته آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت به کار میروند. به دلیل دشواری بیشتر آهنگری این آلیاژها در مقایسه با آهنگری قطعات هم شکل و هم اندازه از فولادهای کربنی و آلیاژی، ساخت قالب‌ها نیز دشوارتر می باشد.

آهنگری کله زنی: آهنگری کله زنی گرم در برخی از مواقع به عنوان تنها عملیات آهنگری و در اغلب موارد برای تولید پیش فرمهای آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت به کار میرود. در آهنگری کله زنی گرم آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت، حداکثر طول آهنگری شده در حدود دو برابر قطر قطعه کله زنی می باشد.

آهنگری شعاعی:آهنگری شعاعی اغلب برای تولید محصولات متقارن، مانند لوله توپ استفاده میشود. ماشین های آهنگری شعاعی (شکل ۱-۲۸) با اصول آهنگری شعاعی سرد یا گرم با سه، چهار و یا شش چکش برای تولید محصولات توپر یا توخالی با مقاطع دایره، مربع، مستطیل یا پروفیل استفاده میشوند. ماشین های مورد استفاده برای لوله های توپ از نوع افقی

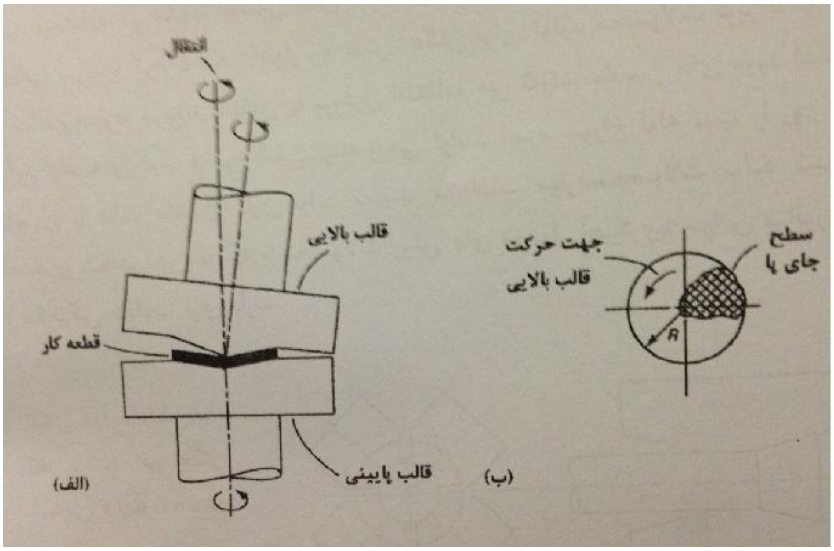
بوده و میتوانند اندازه ی سوراخ لوله ی توپ را روی یک ماندرل با دقت ماشین کاری، تولید نمایند. در اغلب موارد، محصولات تولید شده در آهنگری شعاعی در مقایسه با محصولات روش های معمول آهنگری، خواص متالورژیکی و مکانیکی مطلوب تری دارند.



شکل (۱-۲۸) آرایش قطعه کار و ابزار در آهنگری شعاعی

آهنگری چرخشی

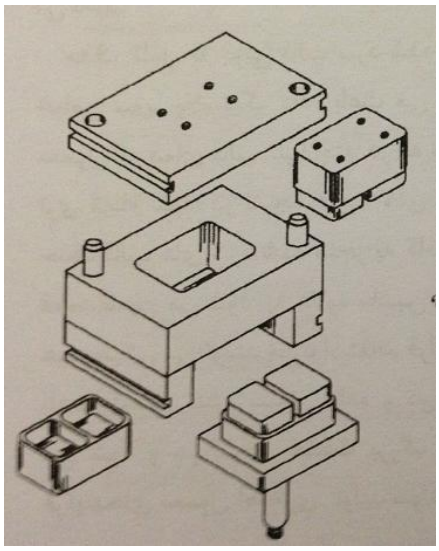
آهنگری چرخشی یک فرایند آهنگری با دو قالب میباشد که تنها قسمت کوچکی از قطعه کار در هر لحظه با یک روش مداوم تغییر فرم میدهد. همانطوریکه در شکل (۱-۲۹) نشان داده شده است، محور قالب بالایی نسبت به محور قالب پایینی در یک زاویه ی کوچک منحرف شده است و باعث میشود که نیروهای آهنگری تنها در سطح کوچکی از قطعه کار اعمال شوند. هنگامی که یک قالب نسبت به قالب دیگر میچرخد، سطح تماس میان قالب و قطعه کار که جای پا نامیده میشود به صورت پیوسته در سراسر قطعه کار پیشرفت نموده تا شکل نهایی قطعه کار حاصل شود. زاویه ی انحراف میان دو قالب تاثیر عمده ای روی اندازه جای پا و در نتیجه میزان نیروی آهنگری به کار رفته روی قطعه کار دارد. نیروی مورد نیاز در آهنگری چرخشی کمتر از یک دهم نیروی مورد نیاز در دیگر روش های معمول آهنگری می باشد.



شکل (۱-۲۹) (الف) آرایش قطعه کار و ابزار در آهنگری چرخشی، (ب) نمای بالای قطعه کار که سطح تماس قالب (جای پا) را نشان میدهد

آهنگری دقیق

آهنگری دقیق یک فرایند نسبتا جدید می باشد که به دلیل ماهیت هندسی ظریف تر و دقیق تر محصولات تمام شده و نیز حذف اضافه اندازه های ماشین کاری و تلرانس های ابعادی بسته تر، از دیگر روش های آهنگری متمایز می باشد. این فرایندها عموما روی فلزات سبک مانند آلومینیوم و تیتانیوم و در کاربردهایی که وزن، استحکام و شکل داخلی قطعات، فاکتورهای پراهمیتی هستند، با افزایش هزینه ها و زمان تحویل، صورت میگیرند. در آهنگری دقیق تلرانس بسته با استفاده از مغزی های قالب، دقت بهینه در حفرات قالب و کنترل دقیق دمای فرایند و فشار در طول آهنگری به دست می آید. در این فرایندها، طرح های قالب اصلاح شده کاربرد گسترده ای یافته اند. یکی از این طرح ها که در شکل (۱-۳۰) نشان داده شده است به قالب های کامل معروف می باشد. در این روش، سطح خارجی حفره آهنگری کاملا در میان قالب، ماشین کاری شده است. یک پانچ بالایی و پایینی وارد حفره قالب شده و قطعه کار احاطه شده را کاملا آهنگری میکنند. پانچ بالایی با ضربه پرس تحریک میشود و قطعه کار کامل شده با بالا رفتن پانچ بالایی که متصل به مکانیزم ضربه قاطع (Knockout Mechanism) می باشد، از قالب خارج میشود.



شکل (۱-۳۰) طرح قالب های کامل در آهنگری دقیق

آهنگری پودر

آهنگری پودر فرایندی برای آهنگری گرم پیش فرم زینتر شده تا دانسیته تئوری ۱۰۰٪ می باشد. آهنگری متالورژی پودر در ابتدا برای تولید قطعات فولادی و سوپرآلیاژهایی که قابلیت کارپذیری پایینی دارند، مورد استفاده قرار میگرفته است. بعدها روش متالورژی پودر برای تولید اشکال متقارن با سوراخهای بزرگ و نیز قطعاتی که در روش های دیگر نیاز به عملیات ماشین کاری بالایی دارند، مورد استفاده قرار گرفته است.

آهنگری همدما و قالب گرم

آهنگری همدما و قالب گرم یک فرایند آهنگری گرم بوده که قالب ها در دمای مشابه قطعه کار (آهنگری همدما) و یا در دمای نزدیک آن (آهنگری قالب گرم) میباشند. این فرایندها اصولا برای تولید مواد گرانبها مانند تیتانیوم و سوپرآلیاژهای پایه نیکل استفاده میشوند تا یک ریزساختار ریز دو فازی پایدار در طی کارگرم حاصل شود. چنین ریزساختاری اغلب به سوپرپلاستیسیته منسوب می باشد. سوپرپلاستیسیته یک مشخصه مطلوب برای پر نمودن قالبها در فرایندهای آهنگری حجیم و افزایش طول مطلوب در فرایندهای شکل دادن ورق می باشد.

حذف کامل یا جزئی قالب سرد شده در آهنگری همدما یا قالب گرم، علاوه بر ایجاد خواص سوپر پلاستیک ماده باعث میشود تا آهنگری در مقایسه با دیگر فرایندهای معمول که دمای قالب تنها چند درجه بالاتر از دمای محیط میباشد، در تلرانس

بسته تری انجام شود. در نتیجه هزینه های ماشین کاری و ماده کاهش می یابد. به هر حال حذف قالب های سرد شده منجر به کاهش تعداد قالب های قطعه سازی برای تولید یک قطعه معین میشود. بعلاوه ماشین های با سرعت های پایین کوبه مانند پرس های هیدرولیکی میتوانند مورد استفاده قرار بگیرند. آهنگ کرنش پایین تر در این فرایند ها باعث کاهش تنش سیلان ماده و در نتیجه فشار پایین تر مورد نیاز برای آهنگری میشود و در نتیجه قطعات بزرگ میتوانند با تجهیزاتی با ظرفیت کوچکتر از فرایندهای معمول آهنگری تولید شوند.

۱-۶-۴-۳- آلیاژهای آهنگری

جدول (۱-۳۱) معمولی ترین آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت و دماهای آهنگری و آهنگ های کرنش مربوطه را لیست نموده است.

جدول (۱-۳۱) دماهای آهنگری و آهنگ آهنگری برای آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت

آلیاژ	طراحی UNS	دمای آهنگری (a) کله زنی و درهم شکستن °C	°F	آهنگری تمام کاری °C	°F	آهنگ آهنگری (b)
آلیاژهای بر پایه آهن		دمای آهنگری				
A-286	S66286	1095	2000	1040	1900	1
Alloy 556	R30556	1175	2150	1175	2150	3
Alloy 800	N08800	1150	2100	1040	1900	1
آلیاژهای بر پایه نیکل						
Astroloy	N13017	1120	2050	1120	2050	5
Alloy X	N06002	1175	2150	1175	2150	3
Alloy 214	...	1160	2125	1040	1900	3
Alloy 230	...	1205	2200	1205	2200	3
Alloy 600	N06600	1150	2100	1040	1900	1
Alloy 718	N07718	1095	2000	1040	1900	2
Alloy X-750	N07750	1175	2150	1120	2050	2
Alloy 751	N07751	1150	2100	1150	2100	
Alloy 901	N09901	1150	2100	1095	2000	2
M-252	N07252	1150	2100	1095	2000	3
Alloy 41	N07041	1150	2100	1120	2050	4
U-500	N07500	1175	2150	1175	2150	3
U-700	...	1120	2050	1120	2050	5
Waspaloy	N07001	1160	2125	1040	1900	3
آلیاژهای بر پایه کبالت						
Alloy 25	...	1230	2250	1230	2250	3
Alloy 188	R30188	1205	2200	1175	2150	3

(a) دماهای پایین تر برای قطعات آهنگری خاص برای پیروی از مشخصات مناسب یا بدست آوردن ساختار همگن استفاده می شود.
(b) بر اساس ملاحضات قسمت آلیاژهای آهنگری در همین بخش، ۱ بیشترین قابلیت آهنگری و ۵ کمترین قابلیت آهنگری.

دو مشخصه اساسی که به میزان زیادی رفتار آهنگری آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت را تحت تاثیر قرار میدهد، تنش سیلان و داکتیلیته می باشد. از آنجائیکه این آلیاژها به گونه ای طراحی شده اند تا در برابر تغییر فرم در دماهای بالا مقاوم باشند، دور از انتظار نمی باشد که به سختی کارگرم شده و داکتیلیته محدودی داشته و تنش های سیلان آنها بالا باشد. به

علاوه هر عنصر آلیاژی که کیفیت سرویس را بهبود دهد، معمولا کارپذیری این آلیاژها را کاهش میدهد. این آلیاژها معمولا پس از حلالیت رسوب ها کار میشوند. تجمع بالاتر عناصر آلیاژی محلول (۴۰ الی ۵۰٪ کل) منجر به افزایش تنش سیلان، افزایش دمای تبلور مجدد و کاهش دمای سالیدوس و بنابراین باریک نمودن رنج دمای کاربردی در شکل دادن گرم میشود. از آنجائیکه داکتیلیته به عنوان میزان کرنش تا شکست تعریف میشود، داکتیلیته این آلیاژها به دمای تغییر فرم، آهنگ کرنش، تاریخچه قبلی ماده، ترکیب شیمیایی، میزان جدایش، تمیزی و حالت تنش صورت گرفته توسط فرایند تغییر فرم بستگی دارد.

محدودیت های دمایی برای آهنگری آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت بر پایه نیکل به صورت گسترده ای توسط فعل و انفعالات ذوب و رسوب گذاری معین میشود. در تمام آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت، احتمالا یک منطقه دمایی واسطه با داکتیلیته کم، در طی آهنگری فلز در میان دماهای تغییر فرم بالا و پایین وجود خواهد داشت. منطقه با داکتیلیته کم اغلب در دمای حدود ۵۰٪ دمای ذوب اندازه گیری شده بر حسب مقیاس کلوین رخ خواهد داد.

آلیاژهای بر پایه آهن: عموما ماده اولیه آهنگری آلیاژهای بر پایه آهن با توجه به اندازه قطعه، به صورت مقاطع مربع پرس آهنگری شده و یا مقاطع دایره ای نورد گرم می باشد. شمش های ریختگی در برخی از مواقع مورد استفاده قرار میگیرند. ناخالص های آلیاژی تاثیر محسوسی روی قابلیت آهنگری آلیاژ دارند. آلیاژهای محتوی تیتانیوم و آلومینیوم میتوانند جدایش های نیتریدی و کربونیتریدی را توسعه دهند که به صورت رشته هایی در میله های کار شده حضور یافته و روی قابلیت آهنگری آلیاژ موثر خواهند بود. این نوع از جدایش تقریبا با کاربرد ذوب تحت خلا حذف خواهد شد. بنابراین آلیاژهای بر پایه آهن میتوانند به تنوع گسترده ای از اشکال با تغییرات سطح مقطع بزرگ با قابلیت آهنگری مشابه فولادهای زنگ نزن نوع AISI304 آهنگری شوند. دما تاثیر مهمی روی قابلیت آهنگری دارد. رنج دمایی بهینه برای آهنگری A-286 و آلیاژهای بر پایه آهن مشابه، بسیار باریک می‌باشد.

آلیاژهای بر پایه نیکل: آلیاژهای بر پایه نیکل به صورت انواع میله ها و شمشال ها در اندازه های متفاوت برای آهنگری در دسترس می باشند. این آلیاژها معمولا توسط یکی از روش های زیر ذوب میشوند:

۱. ذوب در هوا و در ادامه ذوب القایی تحت خلا یا ذوب قوسی با الکترودهای مصرفی تحت خلا
۲. ذوب القایی تحت خلا و در ادامه ذوب قوسی با الکترودهای مصرفی تحت خلا
۳. ذوب قوسی با الکترودهای مصرفی تحت خلا

در مقایسه با روش های ذوب قوسی معمول، این سه روش ذوب با کاهش میزان جدایش، به بهبود قابلیت آهنگری شمش ها منجر میشود. به هر حال اغلب شمش ها همواره دارای جدایش بوده که بر قابلیت آهنگری آلیاژ تاثیر گذار است. تولید شمش ها توسط ذوب القایی تحت خلا به سوی مرکز شمش منجمد شده و از آنجائیکه عناصر آلیاژی و ناخالصی ها در مرکز شمش متمرکز میشوند، در مقایسه با روش های دیگر تولید شمش زمان انجماد طولانی تری دارند. در شمش های تولید شده در روش ذوب قوسی با الکترودهای مصرفی عموما میزان جدایش کمتر می باشد.

آلیاژهای بر پایه نیکل عموما قابلیت آهنگری پایین تری از آلیاژهای بر پایه آهن دارند و تقریبا تمام آلیاژهای بر پایه آهن برای تولید یک شکل معین به نیروی کمتری نیاز دارند. Astroloy (UNS N13017) و Alloy U-700 دو آلیاژ بر پایه نیکل با دشواری آهنگری می‌باشند. برای یک درصد معین تغییرات سطح مقطع کله زنی در دمای آهنگری ۱۰۹۵ درجه سانتیگراد، این آلیاژها در حدود دو برابر انرژی مورد نیاز برای آلیاژ بر پایه آهن A-286 نیاز دارند.

آهنگری آلیاژهای بر پایه نیکل به کنترل دقیق شرایط متالورژیکی و عملیاتی نیاز دارد. خصوصا لازم است در کنترل دمای فلزکاری توجه ویژه ای صورت بگیرد. لازم است تا اطلاعات مربوط به زمان انتقال، زمان حرارت دادن، دمای تمام کاری و درصد تغییرات سطح مقطع با دقت یادداشت شود. قطعات بحرانی معمولا شماره گذاری میشوند و به صورت دقیق یادداشت ها بر روی قطعات نصب میشوند.

آلیاژهای بر پایه نیکل به تغییرات موضعی در ترکیب شیمیایی حساس هستند که میتواند به تغییرات بزرگی در قابلیت آهنگری، اندازه دانه و خواص نهایی قطعات منجر شود. در بعضی از موارد تغییرات تند اندازه دانه در قطعات آهنگری شده Alloy 901 (UNS N09901) در مجموعه قالب های مشابه رخ میدهد. در برخی از قطعات دمای آهنگری بهینه برای حرارت دادن ماده آهنگری توسط قطعات آهنگری نمونه و آزمایش نمودن آنها پس از عملیات حرارتی به منظور تنوع در اندازه دانه و دیگر خواص معین میشود.

آلیاژهای بر پایه کبالت: از آنجائیکه معمولا آلیاژهای بر پایه کبالت در مقایسه با آلیاژهای بر پایه آهن، کربن بیشتری دارند به دلیل افزایش تعداد کاربیدهای سخت که منجر به کاهش قابلیت آهنگری میشوند، نمیتوانند به صورت مناسبی آهنگری شوند. هنگامیکه آهنگری در حداکثر دما صورت میگیرد، Alloy 25 کارسخت میشود. بنابراین فشار آهنگری با افزایش تغییرات

سطح مقطع افزایش می یابد. همچنین این آلیاژها عموما به حرارت دادن مجدد در طول آهنگری نیاز دارند تا تبلور مجدد را تسریع نموده و منجر به کاهش فشار آهنگری در مراحل بعدی شود.

شرایط آهنگری (دما و تغییرات سطح مقطع) تاثیر محسوسی روی اندازه دانه آلیاژهای بر پایه کبالت دارد. از آنجائیکه داکتیلیته پایین، تردی تمپر و استحکام خستگی کم‌چرخه با رشد دانه ها رخ خواهد داد، کنترل دقیق آهنگری و عملیات حرارتی نهایی با اهمیت می باشد. آلیاژهای بر پایه کبالت مستعد به رشد دانه طی حرارت دادن در دماهای بالاتر از ۱۱۷۵ درجه سانتیگراد می باشند. این آلیاژها به آهستگی حرارت داده میشوند و به زمان حرارت دادن طولانی برای یکنواخت شدن دما نیاز دارند. بنابراین دماهای آهنگری و تغییرات سطح مقطع به عملیات آهنگری و طراحی قطعه وابسته می باشد.

معمولا آلیاژهای بر پایه کبالت با تغییرات سطح مقطع پایین آهنگری میشوند. تغییرات سطح مقطع به گونه ای انتخاب میشود که کرنش به دست آمده در فلز به تبلور مجدد و پالایش دانه ها در طی سیکل حرارتی بعدی منجر شود. هنگامیکه مقطع عرض قطعه آهنگری شده کاهش می یابد، در سیکل حرارتی بعدی به زمان کمتری برای یکنواخت شدن دما مورد نیاز می باشد و با کوتاه شدن زمان حرارت دادن، ممکن است دمای حرارت دادن در برخی از مواقع ۳۰-۸۵ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای آهنگری اولیه بدون تاثیرات مضر افزایش یابد. به هر حال اگر قطعه تنها مقادیر اندکی تغییرات سطح مقطع در مراحل آهنگری بعدی متحمل شود، لازم است تا قطعه آهنگری در دماهای پایین تری حرارت داده شود. این تغییرات سطح مقطع کوچک باید ۵ الی ۱۵٪ باشد تا از رشد دانه غیر معمول در طول آنیل بعدی اجتناب شود.

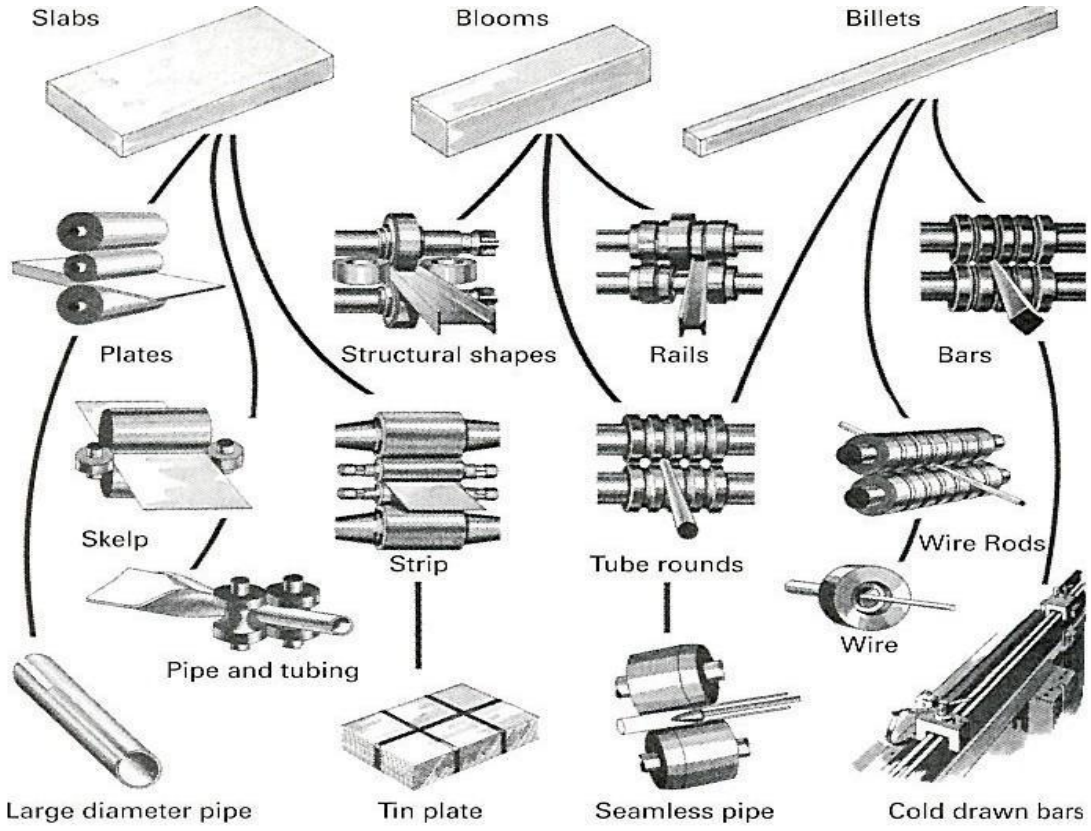
آلیاژهای پودر: برخی از آلیاژها مانند Alloy IN-100 و Alloy 95 محتوی مقادیر بالای γ' بوده و شمشال های ریختگی آنها نمیتوانند آهنگری شوند. به هر حال پودر این آلیاژها میتواند با روش های متعددی فشرده شود تا شمشال هایی با اندازه دانه بسیار کوچک تولید شود. چنین شمشال هایی میتوانند با موفقیت آهنگری شوند. شرکت های Pratt و Whitney از روش انحصاری Gatorizing برای تولید پیش فرم های کمپرسور موتور و دیسک های توربین از شمشال های Alloy IN-100 استفاده نموده اند. در فرایند Gatorizing که نوعی فرایند آهنگری همدما می باشد، قطعه کار در دمای ۱۱۷۵ درجه سانتیگراد نگهداری میشود. نیترید بور به عنوان روانکار استفاده میشود؛ فرایند در خلا انجام گرفته تا از اکسیداسیون قالب ها جلوگیری شود. کاربرد این روش به تغییرات سطح مقطع مطلوب ماده و ماشینکاری تمام شده منجر میشود.

۱-۶-۴-۴- نورد مواد و قطعات داغ

فرایند نورد ازجمله روشهای قدیمی شکل‌دهی فلزات بشمار می‌رود. نورد شکل‌دهی ماده اولیه با عبور آن از میان دو غلطک می‌باشد. با استفاده از این فرایند می‌توان هم محصولات نیمه‌تمام و هم قطعات تمام شده را تولید نمود. فرایند نورد عموما به دو دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شود.

- نورد ورق
- نورد مقاطع

در فرایندهای نورد ورق شمش ریخته‌گری با عبور از میان غلطکهای صاف کاهش ضخامت داده و طول آن افزایش می‌یابد. این فرایند برای تولید محصولات نیمه‌تمام مثل انواع ورق، تسمه و فویل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فرایندهای نورد مقاطع شمش از میان غلطکهای شیاردار عبور کرده و علاوه بر کاهش ضخامت شکل شمش نیز تغییر می‌کند. نورد مقاطع برای تولید انواع پروفیلهای ساختمانی مثل میلگرد، نبشی، تیرآهن و سایر مقاطع مثل انواع لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل (۱-۳۱) مراحل مختلف تولید محصولات نیمه‌تمام با استفاده از فرایند نورد را نشان می‌دهد.



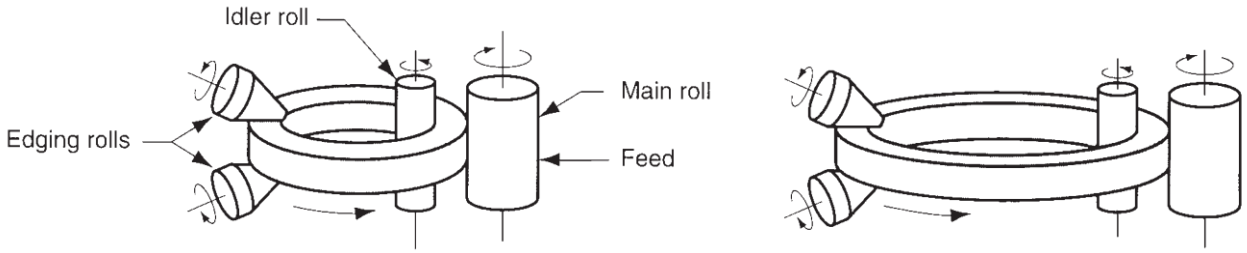
شکل (۱-۳۱) فرایند تولید محصولات نیمه‌تمام با استفاده از نورد

تولید هرکدام از محصولات بوسیله یک یا چند قفسه نورد دو سویه یا چند سویه نورد پی‌درپی انجام می‌شود. هر قفسه نورد دربرگیرنده یک چهار چوب فولادی می‌باشد که یاتاقانهای غلتکها را درخود نگه‌میدارد و نیروی نورد را تحمل می‌کند. چرخش غلطکها بوسیله یک موتور برقی و جعبه‌دنده تامین می‌شود.

قفسه‌های نورد ممکن است دوغلتکه یک سویه باشند که در این‌صورت قطعه‌کار همواره از یک سو به فضای بین دو غلطک کشیده می‌شود و پس از تغییرشکل، از سوی دیگر خارج می‌شود. قفسه‌های دو غلتکه ممکن است دو سویه باشند. در این صورت با تغییر جریان برق در موتور، جهت چرخش غلتکها و درنتیجه جهت حرکت قطعه‌کار عوض می‌شود. برای کاهش نیرو و توان، افزایش دقت و یکنواختی ضخامت ورقهای نازک از قفسه‌های چهارغلتکه استفاده می‌کنند. در این نوع قفسه‌ها، غلتکهای کاری بوسیله دو غلتک پشتیبان حمایت می‌شوند. غلتکهای پشتیبان از خمش غلتکهای کاری جلوگیری می‌کنند. در نورد ورقهای بسیار نازک و فویلها از قفسه‌های خوشه‌ای استفاده می‌شود. در این قفسه‌ها، قطر غلتکهای کاری کوچک بوده و تعداد غلطکهای پشتیبان می‌تواند به ده غلتک نیز برسد.

امروزه فرایند نورد علاوه بر محصولات نیمه‌تمام برای تولید محصولات تمام شده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این زمینه می‌توان به نورد حلقه اشاره کرد که در شکل (۱-۳۲) نشان داده شده است. فرایند نورد می‌تواند برای تولید انواع چرخدنده و یا پیچها بکار برده شود.

هرچند فرایند نورد بصورت سرد و گرم انجام می‌شود ولی برای تغییرشکلهای زیاد و بویژه برای مواد با استحکام بالا و شکل‌پذیری کم مثل سوپرآلیاژها اغلب از نورد گرم استفاده می‌شود. در این زمینه می‌بایست ملاحضات مربوط به شکل‌دهی داغ مواد دما بالا که در بخش آهنگری به آن اشاره شد را در نظر داشت.



شکل (۱-۳۲) فرایند نورد حلقه

۱-۷-فنآوری‌های تکمیلی مورد استفاده در ساخت مواد و قطعات دما بالا

۱-۷-۱-عملیات حرارتی سوپرآلیاژها

عملیات حرارتی به کار گیری دما در یک مدت زمان کافی برای انجام کامل یکی از موارد ذیل است:

- کاهش تنش ها (تنش زدایی)
- توزیع مجدد عناصر آلیاژی
- رشد دانه ها
- تبلور مجدد دانه ها
- انحلال فازها
- تشکیل فازهای جدید با رسوب از محلول جامد
- تغییر ترکیب شیمیایی سطح با وارد کردن اتم های خارجی
- تشکیل فازهای جدید با وارد کردن اتم های خارجی

۱-۷-۱-۱- عملیات حرارتی مشترک سوپر آلیاژها

عملیات حرارتی به سوپر آلیاژها امکان داده است که خواص خود را توسعه دهند. عمومی ترین عملیات های حرارتی عبارتند از:

- تنش زدایی
- تابکاری فرآیندی
- تابکاری کامل
- تابکاری انحلالی
- رسوب (پیر) سختی

آب دادن (کوئنچ)

هدف از آب دادن آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت، نگهداشتن محلول جامد فوق اشباع بدست آمده از عملیات حرارتی تابکاری انحلالی تا دمای اتاق در آلیاژهای رسوب سخت شده می باشد. آب دادن، ذرات γ' ریز تری را قبل از عملیات حرارتی رسوب سختی به دست می آورد. برای سرد کردن سوپر آلیاژها معمولا از آب، روغن، هوا یا گاز خنثی استفاده می شود. فلسفه وجودی آب دادن نگهداشتن عناصر سخت کننده (Nb ،Ti ،Al) در محلول جامد به اندازه ای است که در عملیات حرارتی رسوب سختی، فازهای γ' وγ'' به اندازه کافی در ساختار ایجاد شوند. آلیاژهای محلول جامد و سخت شده با کاربید آب داده نمی شوند. تنش های داخلی ناشی از آب دادن می تواند به فوق پیر سخت شدن بعضی از آلیاژهای پیر سخت شونده شتاب دهد.

فرآیند های انحلالی یا تابکاری کامل

هدف از این دو عملیات حرارتی انجام یکی از موارد ذیل است:

- تبلور مجدد کامل
- همگن کردن
- انحلال کامل یا تقریبا کامل همه فازها در ساختار زمینه FCC

معمولا اولین مرحله در عملیات حرارتی آلیاژهای رسوب سخت شده، انحلال است. دمای انحلال در بعضی از آلیاژهای کار شده به خواص مورد نظر بستگی دارد. توصیه می شود برای بدست آوردن خواص گسیختگی خزش بهینه از دمای انحلال بالاتر و برای بدست آوردن خواص کششی بهینه کوتاه مدت، بهبود مقاومت خستگی و بهبود مقاومت شکست ناشی از ترک، از دماهای انحلال پایین تر استفاده شود. استفاده از دمای انحلال بالاتر در آلیاژهای کار شده باعث رشد ترکها و انحلال بیشتر کاربیدها می شود.

برای عملیات حرارتی تابکاری کامل و یا انحلالی دمای بالاتری لازم است. گاهی محدوده دمایی عملیات حرارتی بین ۹۸۲ درجه سانتیگراد تا ۱۲۳۰ درجه سانتیگراد و حتی ۱۳۱۶ درجه سانتیگراد در سوپر آلیاژهای تک بلور قرار دارد. وقتی که دما به بالاترین حد (و گاهی به پایین ترین حد) خود می رسد، باید دقت ویژه ای در جلوگیری از ذوب موضعی عناصر جدایش یافته تعادلی یا غیر تعادلی در طی انجماد اولیه به عمل آید. ذوب موضعی یک مشکل جدی به ویژه در قطعات ریختگی مانند پره

توربین هوایی است. در آلیاژهای کار شده جدایش مشکل ساز نیست، زیرا این آلیاژها در طول فرآیند تغییر شکل و چندین مرحله حرارت دادن، همگن می شوند.

فرآیند های رسوب سختی (پیر سخت شدن)

عملیات حرارتی رسوب سختی، استحکام آلیاژهای پیر سخت شونده را به دلیل رسوب یک یا چند فاز (γ' وγ'') در زمینه فوق اشباع ایجاد شده با عملیات حرارتی انحلالی، افزایش می دهد.

دمای رسوب گذاری نه تنها نوع، بلکه اندازه رسوب را نیز تعیین می کند. عملیات حرارتی رسوب سختی در یک دمای ثابت که ممکن است بین ۶۲۱ درجه سانتیگراد تا ۱۰۳۸ درجه سانتیگراد قرار داشته باشد، انجام می گیرد. عملیات حرارتی رسوب سختی چند مرحله ای در آلیاژهای کار شده انجام می شود، ولی این نوع عملیات حرارتی در آلیاژهای ریختگی معمول نیست.

عوامل موثر بر انتخاب یا تعداد مراحل پیر سخت کردن و زمان و دمای رسوب گذاری عبارتند از:

- نوع و تعداد فازهای رسوبی
- اندازه رسوب
- ترکیب استحکام و انعطاف پذیری مورد نظر
- عملیات حرارتی آلیاژهای مشابه

توزیع اندازه و شاید نوع رسوب، توسط دمای عملیات حرارتی پیر سخت کردن تعیین می شود. وقتی که بیش از یک فاز می تواند رسوب کند، انتخاب درست دمای پیر سخت کردن مقادیر بهینه ای از فازهای رسوبی را نتیجه می دهد. به جای این عملیات حرارتی، از یک عملیات حرارتی پیر سخت کردن دو مرحله ای که انواع و اندازه های مختلفی از رسوب ها را تولید می کند، می توان استفاده کرد. معمولا در عملیات حرارتی پیر سخت کردن دو مرحله ای، اختلاف دمای کمی بین دو مرحله وجود دارد. به عنوان مثال در یک سوپر آلیاژ پایه نیکل کار شده مانند Waspaloy عملیات حرارتی پیر سخت کردن ابتدا در دمای ۸۴۰ درجه سانتیگراد و سپس در دمای پایین تر از ۷۶۰ درجه سانتیگراد انجام می شود.

رسوب های استحکام دهنده (γ' وγ'' و گاهی η) تنها فاز های رسوب کننده در عملیات حرارتی پیر سخت کردن نیستند. کاربید ها و در شرایط نا مناسب فازهای tcp نظیر σ نیز رسوب می کنند. یک دلیل اصلی برای عملیات حرارتی پیر سخت

کردن دو مرحله ای، علاوه بر کنترل رسوب های γ و γ"، ایجاد و کنترل کاربید های مرز دانه ای است. در آلیاژهای کار شده باید دقت کافی به عمل آیدکه کاربید ها توزیع مناسبی داشته باشند.

در بعضی موارد، به ویژه وقتی که بیش از دو دما برای پیر سخت کردن استفاده می شود، مرحله اول عملیات حرارتی پیر سخت کردن در دمای پایین تر و مرحله دوم در دمای کمی بالاتر انجام می شود. این فرآیند، عملیات حرارتی پیر سخت کردن نوسانی نامیده می شود. به عنوان مثال این عملیات حرارتی در یک آلیاژ کار شده به صورت زیر انجام شده است: قرارگیری در ۸۷۱ درجه سانتیگراد و سپس در ۹۸۲ درجه سانتیگراد و بعدا در ۶۴۹ درجه سانتیگراد و سپس قرارگیری در دمای ۷۶۰ درجه سانتیگراد. بدین نکته توجه داشته باشید که دماهای داده شده مربوط به آلیاژ خاصی نیستند و تنها برای نشان دادن پیچیدگی عملیات حرارتی پیر سخت کردن در اکثر آلیاژهای مهم است.

۱-۷-۱-۲-اتمسفرهای محافظ

در صورتی که در عملیات حرارتی تابکاری کامل یا انحلال اکسیداسیون زیاد سطح مجاز نباشد، از اتمسفرهای محافظ استفاده می شود. اگر در آلیاژهای کار شده (به دلیل حذف عیوب سطحی در عملیات بعدی) و یا در آلیاژهای ریختگی اکسیداسیون ناچیز باشد (در شرایط دما و زمان داده شده)، سوپرآلیاژها را می توان در مجاورت هوا یا مخلوطی از هوا و محصولات احتراق کوره های گاز سوز عملیات حرارتی تابکاری کامل یا انحلالی کرد. تعدادی از اتمسفرهای محافظ عبارتند از:

- اتمسفر گرمازا
- اتمسفر گرماگیر
- اتمسفر هیدروژن خشک
- آرگن خشک
- خلاء

۱-۷-۱-۳- کوره ها

امکانات و تجهیزات استفاده شده برای عملیات حرارتی سوپرآلیاژها به ندرت با تجهیزات مربوط به عملیات حرارتی فولادهای زنگ نزن اختلاف دارند. عموما دامنه کنترل دما بین ۱۴+/- درجه سانتیگراد بوده و امکان دارد دمای عملیات به ۱۲۹۰ درجه سانتیگراد برسد. عموما عملیات حرارتی سوپرآلیاژها به صورت توده ای انجام می شود. به جز سوپرآلیاژهای رسوب

سخت شونده، در بقیه سوپرآلیاژها حرارت دادن توده ای برای تابکاری یا انحلال کامل ممکن در کوره های جعبه ای انجام شود.

بعضی از فرآیندهای عملیات حرارتی ممکن است به وسیله کوره های مداوم مانند کوره های تسمه نقاله ای انجام گیرد. کوره های تسمه نقاله ای به طور گسترده ای به منظور عملیات حرارتی تابکاری در خط تولید استفاده می شوند و نسبت به کوره مداوم غلتکی مصرف گاز بیشتری دارند. در نتیجه هزینه اتمسفر کوره تسمه نقاله ای به مراتب بیشتر از کوره غلتکی است.

عملیات حرارتی سوپرآلیاژها اغلب در کوره های خلاء انجام می گیرد. حرارت کوره می تواند از المنت های الکتریکی یا جریان القایی تامین شود. کوره های خلاء نیز برای عملیات حرارتی توده ای قطعات طراحی شده اند. اگر قطعات تحت عملیات حرارتی انحلال یا تابکاری تحت خلاء قرار گیرند، سرد شدن آنها از دمای عملیات حرارتی با قرارگیری آنها در یک محفظه تحت خلاء دارای گاز خنثی پر فشار و سرد کردن از طریق انتقال حرارت هدایتی قطعات انجام می شود.

معمولا پیر کردن سوپرآلیاژها در محدوده دمایی ۶۲۱ درجه سانتیگراد تا ۱۰۴۰ درجه سانتیگراد در کوره جعبه ای با وجود اتمسفر محافظ یا بدون آن انجام می شود. تلرانس درجه حرارت معمولا ۱۴+/- برای آلیاژهای کار شده و ۸+/- درجه سانتیگراد برای آلیاژهای ریختگی است. کوره های مداوم به دلیل طولانی بودن سیکل پیر سختی، به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند. حمام های نمک توصیه نمی شوند، زیرا امکان واکنش بین کلریدهای نمک و سطح آلیاژ در طی مدت زمان طولانی غوطه وری قطعه، که لازمه عملیات حرارتی پیر سختی است، وجود دارد.

۱-۷-۲- تکنولوژی فشار هیدرواستاتیک گرم *(HIP)*

HIP مخفف (*Hot Isostatic Pressing*) بوده و به معنای فشار هیدرواستاتیک گرم است. به عبارت دیگر مواد تحت یک فرایند حرارتی و به اضافه فشار هیدرواستاتیکی که به ترتیب دما بین ۱۰۰ ~ ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد و فشار بین *MPa200 ~100* متغیر است، قرار می گیرند. معمولاً از گاز آرگون جهت ایجاد فشار هیدرواستاتیکی و به لحاظ محیطی خنثی استفاده می شود.

عملیات *HIP* فرایندی است که موجب ایجاد پیوند نفوذی در اتم ها می گردد. در ابتدا فرایند *HIP* برای اتصال دهی فلزات مشابه یا غیرمشابه استفاده می گردید، که آن را اتصال دهی تحت فشار گاز می نامیدند.

روشهایی مشابه که همانند عملیات *HIP* از دما و فشار بالا استفاده می کند، وجود دارد. با وجود اینکه در نورد فلزات و فرایند تزریق، فشار و دمای بالا اعمال می شود، ولی از فشار هیدرواستاتیک که در عملیات *HIP* وجود دارد، استفاده نمی کنند. تفاوت دمای موجود بین عملیات *HIP* و فشار گرم عمدتاً به عملکرد فشار هیدرواستاتیک بر روی قطعه اشاره دارد، از سوی دیگر در روش فشار گرم از فرایند فشار تک محوری استفاده می شود.

عمده ویژگی های و نکات *HIP* در مقایسه با فشار گرم عبارتند از: *HIP* می تواند همواره فشار را به طور مداوم و یکنواخت به تمام قسمتهای قطعه وارد کند. شکل قطعه نسبت به شکل اولیه قطعه بعد از اعمال فشار تغییر زیادی نمی کند و اگر تغییر کند چروک ها به همین نحو باقی می ماند و فشردگی کمی روی محصول فشار وجود دارد. به علاوه *HIP* می تواند تمام ویژگی ها و پارامترهای فشار گرم را در گستره و میدان بهتری اعمال کند. به طور خلاصه ویژگیهای *HIP* را به صورت زیر می‌توان عنوان نمود.

- زنیتر کردن تحت فشار بالا برای مواد پودری
- پیوند نفوذی برای مواد مختلف
- رفع عیوب محصولات زنیتر شده
- رفع عیوب داخلی محصولات ریخته گری
- ترمیم مجدد وجوان سازی قسمت های فرسوده و تحت خستگی و خزش قرار گرفته
- اعمال و تلفیق فشار بالا و کربورنیزه کردن

۱-۷-۲-۱-انواع کوره های *HIP*

کوره *HIP* داخل محفظه فشار قرار می گیرد. این کوره ها توسط المنت های الکتریکی حرارت مورد نیاز را از طریق تشعشع و جابجایی گاز تامین می کنند. برای جلوگیری از اتلاف حرارت از طریق جداره، عایق های چند جداره از نفوذ گازهای داغ به داخل محفظه فشار جلوگیری می کنند.

انواع کوره های *HIP* به شرح زیر است:

کوره های تشعشعی:

در این کوره ها حرارت از طریق تشعشع به قطعات کار منتقل می شود. این کوره ها با المنت های حرارتی اطراف قطعات کار به دو نوع تقسیم می شوند:

الف ـ سیستم بار سرد که المنت و بار هر دو از دمای اتاق شروع به گرم شدن می کند.

ب ـ سیستم بار داغ که ابتدا قطعات در بیرون گرم می شوند و سپس درون کوره داغ شارژ خواهند شد.

کوره های با انتقال حرارت از طریق جابجایی

در این کوره ها با گرم شدن گاز متراکم اطراف المنت های حرارتی، حرارت از طریق مولکول های گاز داغ و جابجایی آن به قطعات کار می رسد. این نوع کوره ها بیشتر متداول است.

کوره های با انتقال حرارت فشار

در این کوره ها انتقال حرارت تابعی از ضریب انتقال حرارت کلی گاز می باشد و با افزایش سرعت حرکت گاز درون کوره این ضریب افزایش می یابد. عمل به حرکت در آوردن گاز در این کوره ها توسط یک پنکه انجام می گیرد. از مزایای این کوره سرد شدن و گرم شدن سریع آن است.

استفاده از کوره های با مکانیزم جابجایی چندین مزیت دارد که عبارتند از: قطعات در معرض مستقیم تشعشع ناشی از المنت حرارتی قرار نمی گیرند، یک محفظه بزرگ مطابق با قطر ظرف وجود دارد، المنت های حرارتی در اثر شارژ و تخلیه خسارت نمی بینند و ساختمان آن بسیار ساده تر از کوره های چندگانه می باشد.

۱-۷-۲-۲- تجهیزات جانبی

سیستم های جانبی در *HIP* از سیستم خلاء، پنکه ها، تجهیزات الکترونیک نشان دهنده مقدار گاز، هشدار دهنده و سیستم های کنترلی تشکیل شده است. سیستم خلاء برای تخلیه محفظه فشار ازگازهای مختلف می باشد. نوع پمپ بکار رفته مکانیکی است و این پمپ در فشارهای کم کار می کند. سیستم های سرد کننده درجه حرارت ظرف فشار را زیر محدوده درجه حرارت معین و طراحی شده نگه می دارد. سیستم آبگرد، عمل سرد کردن را انجام می دهد. درون آب مواد ممانعت کننده اضافه می شود تا از خوردگی فولادهای کم آلیاژی که ظرف های فشار از آن ساخته می شوند جلوگیری شود.

برای نگه داری قطعات در محفظه از فیکسچرهایی استفاده می شود که در درجه حرارت بالا از آن استفاده می کنند. فولاد کربنی درجه حرارت بالایی را تحمیل کرده و در بسیاری از کاربردها استفاده می شود. آلیاژهای نیکل ـ کروم با استحکام خزش بالا برای تغییرات فازی مناسب نمی باشد و می توانند برای فیکسچر مورد استفاده قرار گیرند. برای قطعات کاربید تنگستنی که دمای بالایی نیاز دارند فیکسچرهایی از جنس گرافیت خالص استفاده می کنند. سیستم های نمایش دهنده مقدار گاز و عدم نشت آن به طور اتوماتیک کار می کنند زیرا گازهای خنثی سنگین تر از هوا هستند و سلامتی را به خطر می اندازند.

سیستم کنترل واحد *HIP* مجموعه ای است متصل به کوره که محفظه فشار، سیستم گازرسانی و سیستم های جانبی را مدیریت می‌کند. این سیستم توسط رایانه کنترل می شود. تجهیزات کنترل در مقیاس آزمایشگاهی و تحقیقاتی با کوره های مختلفی در دسترس می باشد، که هر کدام عملیات و ساختمان متفاوتی دارند و هر یک دارای المنت های حرارتی و ترموکوپل های با محدوده گسترده ای از درجه حرارت می باشند.

۱-۷-۲-۳-انواع روشهای عملیات *HIP*

روش انجام فرایند *HIP* برای هر قطعه با توجه به نوع آن متفاوت است. به طور کلی در فرایندهای *HIP* سه روش وجود دارد:

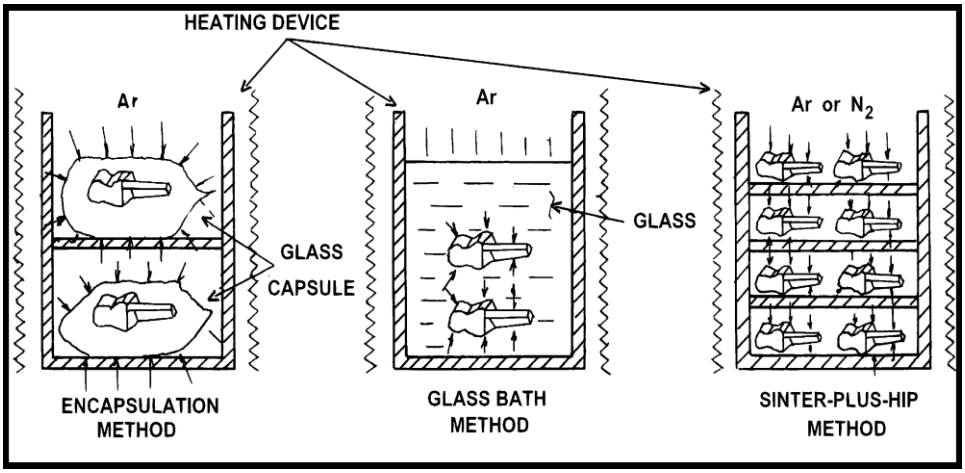
(۱) روش *Encapsulation*،

(۲) روش حمام شیشه (*glass bath method*)،

(۳) زنیتر کردن + فرایند *HIP*

شکل (۱-۳۳) به طور شماتیک سه روش مربوط به فرایند *HIP* را نشان می دهد.

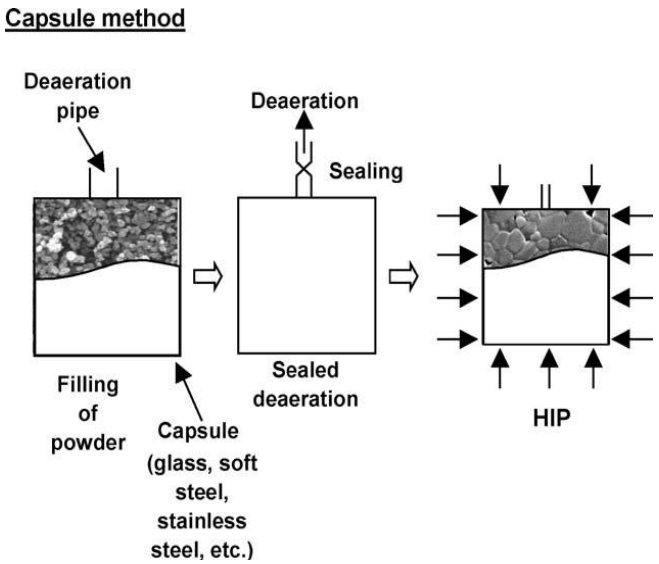
روش معمول در *HIP*، روش *Encapsulation* است که خود به دو صورت اجرا می گردد (الف) روش *Capsule* (ب) روش *Capsule Free* می باشد.



شکل (۱-۳۳) انواع روشهای فرایند HIP (a) روش Encapsulation (b) روش حمام شیشه (glass bath method) (e) زنیتر کردن + فرایند HIP

۱-۷-۲-۴- روش *Capsule method*

شکل (۱-۳۴) شماتیک روش کپسول را نشان می‌دهد. یک مزیت مهم روش کپسول دستیابی به مواد با دانسیته بالا است. زنیتر ایجاد شده توسط *HIP* نمی تواند توسط یک زنیتر معمولی حاصل شود. بنابراین روش کپسول روشی برای زنیتر کردن تحت فشار برای پودر مواد است. در این روش لازم است که دما و فشار با دقت بررسی شود. طریقه *HIP* مواد عملیات حرارتی شده و عملکرد آنها در جدول (۱-۳۲) نشان داده شده است.



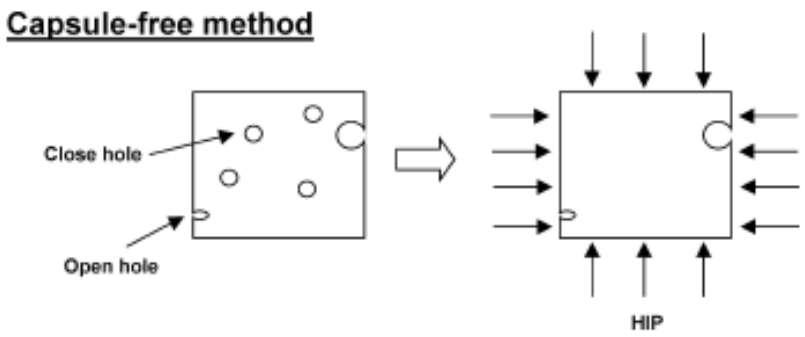
شکل (۱-۳۴) طرح و شماتیک روش کپسول

جدول (۱-۳۲) عمده ترین مواد تحت HIP با فشار و دمای آنها

Materials to HIP	Temperature (°C)	Pressure (MPa)
High-speed steel powder	1.000–1.200	~100
Ni base superalloy	1.170–1.280	100–150
Ti alloy (Ti-6Al-4V)	800–960	~100
Cr	1.200–1.300	~100
Cu alloy	500–900	~100
Al alloy	350–500	~100
Cemented carbide (WC–Co)	1.300–1.350	30–100
$TiBaO_3$	100–1.200	~100
PZT	950–1.150	~100
Ni-Zn-ferrite	1.050–1.180	~100
Mn-Zn-ferrite	1.180–1.250	~100
Al_2O_3	1.350–1.450	~100
Y-PSZ (Yttria partially stabilized zirconia)	1.350–1.500	~100
Si_3N_4–Al_2O_3–Y_2O_3	1.700–1.800	~100
SiC	1.950–1.050	100–200

۱-۷-۲-۵- روش بدون کپسول *Capsule Free Method*

تصویر کلی روش *Capsule Free Method* در شکل (۱-۳۵) نشان داده شده است. اگر سوراخ هایی به طور ایزوله در میان قطعه وجود داشته باشد آنها به وسیله *HIP* پر شده و توسط فرایند نفوذ محو می گردد.



شکل (۱-۳۵) شماتیک روش Capsule Free Method

اگر سوراخ های درونی قطعه دارای رفتار غیرایزوله و جدا از هم باشند، بوسیله عملیات *HIP* محو و پر نمی شوند. بنابراین اگر همه سوراخ ها دارای رفتار ایزوله باشند، تاثیر *HIP* موجب از بین رفتن آنها شده و امکان ایجاد دانسیته بالا فراهم می

گردد. از روش *Capsule Free Method* برای (۱) رفع عیوب، (۲) رفع عیوب داخلی ریختگی، (۳) جوان سازی قسمت های تحت خستگی نیز استفاده می شود.

۱-۷-۳-پوششهای دما بالا

۱-۷-۳-۱-انواع پوشش های محافظ

توسعه توربین های گازی با افزایش راندمان منجر به افزایش دمای گاز ورودی شده است و شرایط تقابل با محیط خورنده و مخرب توربین، استفاده از پوشش های محافظ در این صنعت را اجتناب ناپذیر نموده است. بنابراین در طراحی‌های جدید بایستی پره‌های توربین از آلیاژهایی ساخته شوند که بتوانند در دماهای خیلی بالاتر در مقابل اثرات مخرب شدید محیطی توأم با دما و تنش مقاومت داشته باشند. سوخت و هوای ورودی همچنین اغلب شامل مواد آلاینده خورنده‌ای نظیر گوگرد، سدیم، پتاسیم، وانادیم و مولیبدن هستند که منجر به رسوب سولفات فلزات قلیایی روی سطح پره‌ها شده و موجب خوردگی داغ شدید می-گردند. عمل فیلتراسیون سوخت و هوا، نیز با توجه به امکان‌پذیر نبودن حذف کامل این عوامل نمی تواند روش موثری برای جلوگیری از خوردگی و اکسیداسیون باشد.

استفاده از پوشش‌ها بهترین روش حفاظت قطعات داغ توربین گاز در برابر عوامل فوق است؛ بدین ترتیب که آلیاژ صرفاً بر اساس دستیابی به خواص مکانیکی مناسب طراحی شده و سپس توسط یک پوشش مقاوم به اکسیداسیون و خوردگی داغ محافظت می‌گردد.

تاکنون تلاش‌های زیادی برای شناسایی ترکیب پوشش‌هایی که در محیط مقاوم و پایدار باشند و نیز توسعه روش‌های پوشش‌دهی برای دستیابی به پوشش بدون عیب با چسبندگی مناسب انجام گرفته است. افزودن آلومینیم به سطح سوپرآلیاژ (آلومینایزینگ) باعث افزایش مقاومت به اکسیداسیون آن می‌گردد. کرم موثر بر بهبود خواص خوردگی همچنین به آلیاژ پایه نیکل اضافه می شود تا با تشکیل Cr_2O_3 و $NiCr_2O_4$ محافظ در پوسته اکسیدی و حذف NiO مقاومت اکسیداسیون افزایش یابد. چون مقادیر بالاتر کرم با مکانیزم سخت کردن بوسیله فاز کوهرنت گاما پرایم (γ') تداخل می کند بنابراین برای تامین همزمان خاصیت استحکام دمای بالا و مقاومت اکسیداسیون طراحی آلیاژ بر اساس ترکیب مناسب آلیاژی به علاوه اعمال پوشش های آلومینایزینگ سطحی صورت می‌گیرد.

پوشش‌های مورد استفاده در اثر واکنش با اکسیژن محیط تشکیل لایه اکسیدی (Al_2O_3,Cr_2O_3) با چگالی و چسبندگی مناسب با زمینه داده و مانع نفوذ عناصر مضر مثل اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و دیگر عناصر به فلز زمینه می‌گردند. به همین دلیل بایستی پوشش حاوی کرم، آلومینیم و حتی سیلیسیم کافی باشد تا این عناصر به طور پیوسته در تشکیل پوسته محافظ شرکت نمایند. تشکیل فازهای ناخواسته و همچنین نفوذ سریع عناصر پوشش به داخل زمینه مهم است چون تشکیل حفرات یا ترک‌ها در فصل مشترک پوشش–زمینه و پدیده نفوذ متقابل (از پوشش به سمت زمینه و بالعکس) منجر به تغییر ترکیب شیمیایی پوشش و در نهایت موجب کاهش یا حذف اثر حفاظتی پوشش می‌گردد.

پوشش‌های مورد استفاده در صنعت توربین گاز را می توان به انواع نفوذی، روکشی و سد حرارتی دسته بندی نمود. در ادامه پوشش های آلومینایدی نفوذی به اختصار تشریح می گردد.

۱-۷-۳-۲-پوشش های آلومینایدی نفوذی و انواع آنها

اولین دسته از پوشش‌ها که بطور گسترده برای حفاظت پره‌های توربین گازی استفاده شد بر اساس غنی کردن سطح با آلومینیم پایه‌گذاری گردید. اکثر این پوشش‌ها که از گروه آلومینایدهای نفوذی هستند بواسطهٔ نفوذ داخلی Al، نفوذ خارجی Ni یا در مواقعی بواسطهٔ هر دو نوع نفوذ تشکیل می‌شوند. جهت نفوذ عناصر یاد شده تابعی از پارامترهای ترمودینامیکی و سینتیکی، روش آلومینایزینگ، درجه حرارت و زمان پوشش‌دهی می‌باشد.

پوشش‌های نفوذ داخلی: چنانچه پارامترهای آلومینایزینگ به گونه‌ای انتخاب شوند که فعالیت Al در سطح ماده بالا باشد، اتمهای Al به سمت داخل نفوذ کرده و تشکیل فاز δ-Ni_2Al_3 می دهند. سرعت نفوذ Ni در این فاز تقریباً صفر است در حالی که Al با ضریب نفوذ بالا در ۸۷۳ K به سرعت نفوذ کرده و رشد داخلی پوشش را باعث می گردد. در این وضعیت رشد، عناصر آلیاژی پایه در سرتاسر پوشش حضور خواهند داشت. در نتیجه غالباً عناصری مثل Re,Ta ,Mo,W و غیره بصورت محلول جامد در زمینهٔ پوشش یا بصورت رسوبات در قسمت‌های خارجی پوشش قابل پیش‌بینی هستند.

پوشش‌های نفوذ خارجی: در این فرایند برای سوپرآلیاژها از یک مخلوط پودری شامل منبع پودری آلیاژ دوتایی آلومینیم با اکتیویته پایین شیمیایی کاسته شده مانند Ni-Al، Fe-Al، یا Cr-Al استفاده می شود. به دلیل کاهش اکتیویته آلومینیم، فشار بخار گونه های هالیدی آلومینیم تشکیل شده برای ایجاد پوشش در دماهای پایین کافی نیست و لازم است دما تا محدوده ۱۲۷۳–۱۴۲۳K افزایش یابد. افزایش دما موجب افزایش سرعت نفوذ حالت جامد می شود. در این حالت بدلیل کاهش فعالیت

Al در سطح، عنصر نفوذکننده غالب نیکل است و فاز β-NiAl بواسطهٔ نفوذ به سمت بالای Ni از میان لایهٔ Al راسب شده تشکیل خواهد شد. نفوذ عناصر سنگین آلیاژی در این لایه بسیار کند است. لذا درصد آنها در پوشش نهایی بسیار ناچیز خواهد بود. حداکثر درصد Al در این نوع پوشش معمولاً کمتر از مورد پوشش نفوذ داخلی است.

برخی از انواع پوشش‌های آلومینایدی به شرح ذیل است:

الف- پوشش‌های آلومینایدی ساده:

چنانچه پودر فلزی مخلوط پودری مورد استفاده در فرایند ایجاد پوشش نفوذی صرفا شامل Al خالص باشد، پوشش حاصل به پوشش آلومینایدی ساده معروف است.

پوشش آلومینایدی نفوذی به سمت خارج شامل لایه خارجی β-NiAl غنی از نیکل بر روی ناحیه نفوذ متقابل و یک لایه داخلی متشکل از یک رشته ذرات رسوبی عناصر آلیاژ پایه، اندکی بالاتر از ناحیه نفوذ متقابل می‌باشد. پوشش آلومینایدی نفوذی به سمت داخل دارای ساختار سه‌ناحیه‌ای است که ناحیه خارجی شامل زمینه β-NiAl غنی از آلومینیم به همراه عناصر آلیاژ پایه و کاربیدهای پراکنده این عناصر به صورت $M_{23}C_6$، M_6C و MC می‌باشند. ناحیه داخلی متشکل از زمینه NiAl غنی از آلومینیم و عاری از عناصر آلیاژ پایه و رسوبات کاربیدی است. داخلی‌ترین ناحیه نفوذ، ناحیه نفوذ متقابل می‌باشد. این ناحیه متشکل از کاربید فلزات دیرگداز نظیر تنگستن، مولیبدن، تانتالوم و عناصر دیگر و یا فازهای بین‌فلزی پیچیده در زمینه NiAl و یا Ni_3Al است که با خارج شدن نیکل از آلیاژ پایه به وجود آمده است.

به دلیل برخی ضعف‌هایی که در پوشش آلومینایدی ساده وجود داشت روی این پوشش‌ها اصلاحاتی صورت گرفته که منجر به ظهور خانواده‌های پوششی زیر گردیده است :

- آلومینایدی اصلاح شده با فلزات گران‌قیمت نظیر پلاتین یا پالادیم
- آلومینایدی اصلاح شده با عنصرکرم و
- آلومینایدی اصلاح شده با عنصر سیلیسیم

ب- پوشش‌های آلومینایدی اصلاح شده با پلاتین:

این پوشش‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ با افزودن پلاتین به پوشش‌های آلومیناید ساده در پوشش‌دهی پره‌های متحرک ردیف اول توربین‌های گازی شرکت جنرال الکتریک معرفی شد. روش متداول برای اعمال این نوع پوشش، استفاده از آبکاری

الکتریکی برای ایجاد یک لایه نازک پلاتین بر روی سطح می‌باشد. سطح قطعه سپس تحت عملیات آلومینایزینگ قرار می‌گیرد.

از انواع تجاری این پوشش می‌توان به RT-22 از شرکت کرمالوی، LDC-2E و MDC-150L از شرکت SermaTech اشاره کرد. پوشش RT-22 و LDC-2 هر دو به کمک سمانتاسیون و MDC-150L به روش رسوب شیمیایی فاز بخار(CVD) بر روی آلیاژ اعمال می‌شوند.

ج- پوشش‌های آلومینایدی اصلاح شده با کرم :

کرم می‌تواند از طریق دو فرایند در پوشش‌های آلومینایدی نفوذی وجود داشته باشد. در فرایند اول، عناصر کرم و آلومینیم بطور همزمان در یک فرایند تک‌مرحله‌ای سمانتاسیون بسته‌ای رسوب داده می‌شوند. اما به دلیل اختلاف زیاد در ضریب نفوذ کرم و آلومینیم در لایه NiAl، این روش مشکل و اغلب غیرممکن است. لذا در فرآیندی دو مرحله‌ای، پوشش‌دهی در دو مرحله غنی‌سازی لایه سطحی از طریق کرمایزینگ نفوذی انجام شده و در مرحله بعد توسط فرایند آلومینایزینگ تکمیل می‌گردد. مثالی از این نوع پوشش Elcoat-37 می‌باشد.

د- پوشش‌های آلومینایدی اصلاح شده با سیلیسیم:

حضور Si به جای قسمتی از Al در مواد اولیهٔ پوشش‌دهی آلومینایزینگ منجر به تشکیل لایهٔ آلومینایدی حاوی سیلیسیم و ترکیبات سیلیسیم‌دار معروف به پوشش آلومیناید اصلاح شده با سیلیسیم (یا بعبارتی پوشش Al-Si) می‌گردد. برای اعمال این‌گونه پوشش‌ها از روش‌های سمانتاسیون پودری و دوغابی استفاده می‌شود. اما اصلاح با روش سمانتاسیون پودری به واسطه اختلاف زیاد در فشار بخار هالیدهای آلومینیم وسیلیسیم مشکل می‌باشد، بنابراین از روش دوغابی به عنوان یک فرآیند جایگزین برای روش سمانتاسیون پودری استفاده می‌شود. معروفترین کاربرد روش دوغابی در اعمال پوشش‌های Sermaloy J و Sermaloy 1515 می باشد.

نقش کیفی Si در افزایش مقاومت به خوردگی داغ و حتی اکسیداسیون پوشش‌های آلومینایدی توسط چندین محقق به اثبات رسیده است. بر اساس تحقیقات انجام شده توسط K.Shirvani، پوشش های اصلاح شده Al-20Siwt٪ و Al-25SiWt٪ بیشترین حفاظت را در برابر خوردگی نوع HTLC برای پوشش اعمالی روی سوپرآلیاژ پایه نیکل Inconel

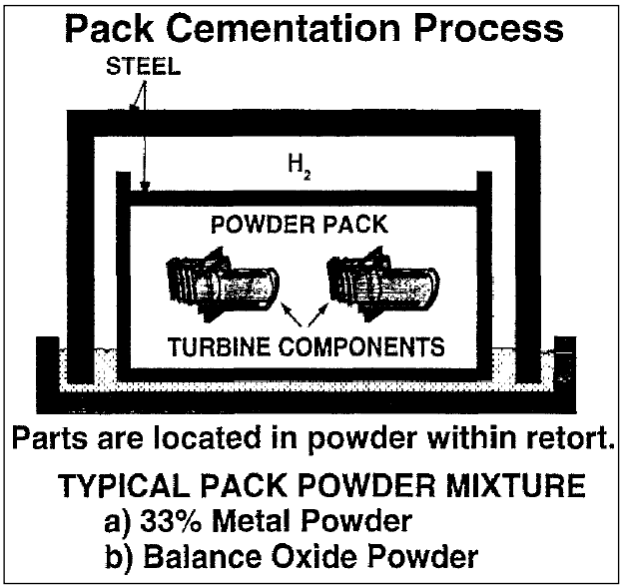
738LC ارائه می دهند. بر این اساس حداقل مقدار سیلیسیم در پوشش‌های نفوذی برای ایجاد مقاومت خوردگی داغ مقدار ۱۲-۱۰ درصد وزنی سیلیسیم فقط در لایه حدود ۱۰ میکرون سطحی خواهد بود.

۱-۷-۳-۳-روشهای اعمال پوشش های نفوذی

پوشش‌های نفوذی معمولا توسط روش‌های سمانتاسیون بسته‌ای، روش‌های بالای پودری، ترسیب شیمیایی فاز بخار و دوغابی فلز، اعمال می‌شوند. در ادامه توضیح مختصری در مورد این روش‌ها ارائه شده است.

روش سمانتاسیون پودری و بالای پودری

روش متداول آلومینایزینگ سوپرآلیاژها فرآیند سمانتاسیون پودری است. در این روش قطعات درون محفظه‌ای حاوی مخلوط پودری متشکل از آلومینیم، یک هالید (NH_4Cl، NaF، $NaCl$ و یا مخلوطی از آنها) به عنوان فعال‌ساز و پودر پرکننده و خنثی معمولاً Al_2O_3 قرار می‌گیرند. سپس محفظه با گاز خنثی (معمولاً آرگون) پر شده و تا دمای فرآیند حرارت داده می-شود. در شکل (۱-۳۶) نمایی از این سیستم به همراه مکانیزم فرآیند آلومینایزینگ نشان داده شده است.



شکل (۱-۳۶) فرآیند آلومینایزینگ پودری پره های توربین گازی

مهمترین پارامتر در آلومینایزینگ پودری این است که خارجی ترین لایه روی سطح قطعه یک ترکیب بین فلزی با مقدار آلومینیم بالا مثل Ni_2Al_3 یا یک ترکیب بین فلزی با مقدار Al کم، مثل NiAl باشد. جهت نفوذ آلومینیم در قطعه بستگی به فعالیت فرآیند پودری دارد. آلومینایزینگ دمای پایین فعالیت بالا(LTHA) در دمای ۱۰۲۳-۱۲۲۳ K و فرآیند دمای بالا

فعالیت پایین (HTLA) در محدودهٔ ۱۱۷۳-۱۳۲۳K بدست می‌آید. درصد آلومینیم در مخلوط پودری روشLTHA نسبت به HTLA بیشتر است. قطعات بعد از آلومینایزینگ (عمدتاً نوع LTHA) معمولاً در معرض عملیات حرارتی دمای بالا (برای مثال ۱۳۴۳K) قرار گرفته تا فاز ترد δ-Ni_2Al_3 به β-NiAl تبدیل شود. با توجه به جنس آلیاژ پایه، ترکیب مواد پوشش درون جعبه، مقدار آلومینیم و ضخامت لایه پوشش، دما و زمان عملیات تعیین می شود.

مشکل این روش امکان گیر افتادن ذرات پودری (بویژه ذرات Al_2O_3) در نواحی سطحی ساختار پوشش است، که افزایش حساسیت به ترک خوردگی را باعث می‌شود. استفاده از روش سمانتاسیون بالای پودری راه حلی برای این مشکل است. در این روش قطعاتی که بایستی پوشش‌دهی شوند بالای مخلوط پودر روی سبدهایی قرار داده شده و سپس با افزایش دما و تولید گاز آلومینیم هالیدی و عبور این گاز از روی سطح قطعه، نفوذ آلومینیم به داخل سطح قطعه صورت گرفته و پوشش آلومینایدی تشکیل می‌گردد.

از جمله مزایای روش سمانتاسیون بسته ای می توان به ساده و قابل تکرار بودن، دامنه وسیع کاربرد در سوپرآلیاژها، ایجاد ضخامت و سطح مناسب، امکان ماسک سطوح، پوشش دهی شکل ها و اندازه های مختلف و مقرون به صرفه برای مقدار زیاد را اشاره کرد.

در این روش شیوه های صنعتی مختلفی برای بهبود پوشش های آلومینایدی از طریق تغییر ترکیب آنها نیز وجود دارد که از جمله به موارد زیر اشاره می گردد :

- رسوب همزمان عناصر مختلف از بسته
- انجام عملیاتی روی سوپرآلیاژ قبل از آلومینایزینگ
- رسوب یک فلز (مثل پلاتین) یا یک آلیاژ روی سطح سوپرآلیاژ قبل از آلومینایزینگ.

مزایای روش سمانتاسیون بالای پودری :

- امکان پوشش دهی مجاری داخلی قطعات وجود دارد.
- مشکلات روش سمانتاسیون پودری در مورد به دام افتادگی ذرات Al_2O_3 در پوشش که می‌تواند مشکلاتی را در طی عملکرد پره بوجود آورد، با استفاده از این روش حذف می گردد.

رسوب شیمیایی فاز بخار

بر عکس روش سمانتاسیون پودری که واکنش تولید فاز گازی حاوی آلومینیم در داخل محفظه انجام می شود، در CVD فرآیند تولید هالید آلومینیم در خارج از محفظهٔ پوشش‌دهی انجام می‌گیرد. این وضعیت باعث شده تا کنترل بهتری بر واکنش صورت گیرد چرا که دما، فشار و غیره به طور مستقل قابل کنترل هستند. علاوه بر این، در این روش به کمک مدارهای چندگانهٔ تهیهٔ گاز هالید، می‌توان پوشش‌های متفاوتی را به طور همزمان بر روی سطح داخلی کانال‌های خنک شونده پره و روی سطح پره‌ها اعمال نمود.

۱-۷-۳-۴- فرایند پوشش دهی دوغابی

روش دوغابی یک فرآیند جایگزین برای روش سمانتاسیون پودری به منظور تشکیل پوشش‌های محافظ بر روی سوپرآلیاژها است. به عنوان مثال، در فرآیند دوغابی تشکیل پوشش آلومیناید ساده معروف به آلومینایزینگ دوغابی، پودر آلومینیم خالص مستقیماً برروی سطح آلیاژ رسوب داده شده و سپس طی عملیات نفوذدهی در درجه حرارت بالا آلومینیم ذوب شده، با نفوذ به لایه سطحی تشکیل فاز نیکل آلومیناید را می‌دهد. دو فرآیند PWA 44 , PWA 545 از جمله روش‌های تجاری صنعتی تولید پوشش آلومیناید دوغابی می‌باشند.

ایجاد پوشش‌های دمای بالا به روش دوغابی شامل مراحل ذیل است:

آماده سازی دوغاب

آماده سازی سطح قطعات

راسب کردن لایه نازکی از دوغاب برسطح

عملیات نفوذدهی لایه راسب شده در درجه حرارت بالا و

از بین بردن باقیمانده‌های نفوذ نکرده.

ابتدا محلولی با ویسکوزیته مناسب حاوی یک رزین، یک حلال و پودر عناصری که بایستی در سطح قطعه آلیاژ گردند (به صورت پودر خالص یا پودر آلیاژی) آماده‌سازی می‌گردد. مخلوط حاصل معروف به دوغاب است. سپس قطعاتی که بایستی پوشش داده شوند به روش‌هایی از جمله اسپری، برس‌زنی و یا غوطه‌وری به لایه نازکی از دوغاب آغشته می‌گردند. قطعات آغشته به دوغاب در درجه حرارت بالاتر از ۱۰۲۳ K قرار گرفته تا پوشش در اثر نفوذ اجزاء فلزی دوغاب به داخل لایهٔ سطحی آنها تشکیل گردد. از آنجائیکه معمولاً بخشی از مواد دوغاب پس از اتمام فرآیند پوشش‌دهی در حالت نفوذ نکرده باقی می‌ماند،

لازم است به روش‌های مکانیکی از جمله سندبلاست و یا برس‌زنی برطرف گردند. در مواردی ممکن است مواد دیگری به عنوان فعال‌کننده از جمله نمکهای کلرید سدیم یا کلرید آمونیم به دوغاب اضافه شوند. اجزاء اصلی دوغاب عبارتند از: رزین، حلال و پودرهای فلزی

۱-۷-۳-۵-پوششهای روکشی MCrAlY

در اواخر دهه۱۹۶۰ پوشش های روکشی به منظور مقاومت در برابر خوردگی و اکسیداسیون به صورت MCrAlY (M=Ni,Co,Fe)) تولید شد. پوشش‌های اولیه MCrAlY پوشش‌هایی با پایه کبالت همراه با ۱۵ تا ۲۰ درصد وزنی کروم و حدود ۱۲٪ وزنی آلومینیوم و ٪ ۰/۹ –۰/۱ وزنی ایتریم بودند. در آن سالها تکنولوژی ترسیب فیزیکی فاز بخار به کمک پرتوالکترونی(EB-PVD) برای پوشش‌های روکشی(MCrAlY) توسعه یافت و تا اوایل دهه ۱۹۸۰ همه پوشش‌های روکشی توسط این روش اعمال گردید. پوشش‌های روکشی به طور موفقیت آمیزی توسط روش‌های پاشش پلاسما در فشار کم (LPPS) و پاشش پلاسما در اتمسفر (APS)، اعمال می‌شود. نتایج پیشرفت‌های روز افزون منجر به تنوع پوشش‌های موجود شده که توسط فرآیندهای مختلفی اعمال می‌شود.

۱-۷-۳-۵-۱- روش‌های اعمال پوشش MCrAlY

تفاوت پوشش‌های روکشی با پوشش نفوذی در ناحیه نفوذ متقابل می‌باشد که در فصل‌مشترک بین پوشش و سوپرآلیاژ زمینه واقع می‌شود. در پوشش‌های روکشی اتصال بین زمینه و روکش از نوع شیمیایی نمی‌باشد. بنابراین در روش‌های پوشش‌دهی روکشی، عمدتاً از روش‌های تشکیل پیوند فیزیکی نظیر روشهای ترسیب فیزیکی فاز بخار (PVD) و پاشش پلاسمایی استفاده می‌شود.

۱-۷-۳-۵-۲- ترسیب فیزیکی فاز بخار

این روش، اولین روش پوشش‌دهی بوده که در سال ۱۹۶۰ به منظور پوشش‌دهی روکشی مورد استفاده قرار گرفته‌است. PVD نوعی روش رسوب دادن فلزات از فاز بخار تحت خلاء و متراکم کردن ذرات فلزی روی قسمت های مورد نظر می‌باشد. این روش، توانایی پوشش‌دهی فلزات، آلیاژها و سرامیک ها را روی اکثر مواد با اشکال متنوع دارد. این روش در فشار پایین (حدود $۱۰^{-۱}$ پاسکال) به منظور جلوگیری از اکسیداسیون بخار فلزی انجام می‌گیرد. حداقل ضخامت پوشش‌دهی در این روش

ده میکرومتر می‌باشد. نرخ رسوب‌گذاری توسط گرمای ورودی به منظور تبخیر فلز پوشش کنترل می‌شود. گرمای لازم برابر تبخیر فلز، از طریق القایی و مقاومتی تأمین می‌گردد. اما بهترین روش برای ایجاد گرما، استفاده از تفنگ الکترونی می‌باشد.

مزایا و معایب آن روش عبارتند از:

الف) مزایا:

۱- امکان رسوب‌دهی همزمان عناصر مختلف

۲- توانایی تغییر در ترکیب شیمیایی شمش اولیه برای رسیدن به ترکیب شیمیایی مورد نظر با توجه به تفاوت در فشار بخار عناصر مختلف

۳- اقتصادی بودن

۴- پوشش‌دهی همزمان قسمت های مختلف

ب) معایب

۱-عدم امکان پوشش‌دهی سطوح داخلی به علت قرار نگرفتن در خط دید تفنگ الکترونی

۲-مشکل بودن رسوب دهی عناصر با فشار بخار پایین

۳-نیاز به خلاء بالا برای جلوگیری از اکسیداسیون سوپر آلیاژ که عدم تامین شرایط منجر به ایجاد پوشش غیر چسبنده می‌گردد.

امروزه از روش های پیشرفته PVD، ترسیب فیزیکی فاز بخار به کمک پرتوالکترونی ((IBAD،EBP-VD))[1]، پوشش‌دهی یونی و یون پرانی به منظور پوشش‌دهی استفاده می‌شود.

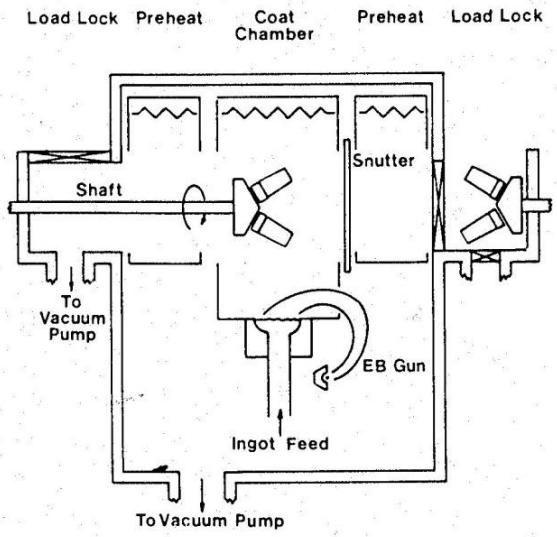
۱-۷-۳-۵-۳- ترسیب فیزیکی فاز بخار به کمک پرتو الکترونی

امروزه به منظور تشکیل فاز بخار از پرتو الکترونی استفاده می‌شود و لذا به این روش EB-PVD اطلاق می‌گردد. در این روش، ابتدا شمشی که دارای ترکیب شیمیایی مورد نظر می‌باشد تهیه می‌گردد. سپس بوسیله تفنگ الکترونی و با تمرکز پرتوی

1-Ion Beam Assised Deposition

ایجاد شده توسط سیم پیچ‌های مغناطیسی، تبخیرشدن صورت می‌پذیرد. نمایی از این روش در شکل (۱-۳۷) نشان داده شده است.

معمولاً ترکیب شیمیایی پوشش راسب شده با ترکیب شیمیایی حوضچه مذاب تفاوت خواهد داشت که این امر به دلیل تفاوت در فشار بخار عناصر تشکیل دهنده پوشش می‌باشد. برای رفع این مشکل، ترکیب شیمیایی شمش اولیه را متفاوت از ترکیب شیمیایی پوشش در نظرمی‌گیرند. به‌عنوان مثال برای ایجاد پوشش با ترکیبCo-21Cr-11Al-0.3Y به حوضچه مذابی با ترکیب Co-4Cr-6Al-2Y نیاز می‌باشد. بدین ترتیب با توسعه تکنولوژی راسب شدن عناصر با فشار بخارهای متفاوت امکان پذیر شده است. این فرآیند در خلاء انجام می‌گیرد. حرکت اتمهای تبخیر شده از حوضچه مذاب به سمت سطح قطعه در یک خط مستقیم صورت می‌پذیرد. به منظور ایجاد پوشش یکنواخت، نمونه در ابر بخار در طول سیکل پوشش‌دهی در جهات مختلف چرخانده می‌شود. شیب دمایی حوضچه، موقعیت قطعه نسبت به تفنگ و روش چرخاندن قطعه در ابر اثر مهمی روی ترکیب پوشش می‌گذارد.



شکل (۱-۳۷) تصویر شماتیکی از دستگاه EB-PVD

پس از مرحله رسوب‌دهی روی سطح آلیاژ پایه، اغلب عملیات پس‌گرم‌کردن به منظور تشکیل پیوند فیزیکی بین پوشش و زمینه صورت می‌پذیرد. علی‌رغم اینکه این فرآیند، فرآیند پوشش‌دهی روکشی محسوب می‌شود، با وجود این نفوذ در طول فرآیند در فصل مشترک زمینه با پوشش روی می‌دهد که پیوند متالورژیکی پوشش با زمینه را تأمین می‌کند.

مطالعات توسط موچان و دمچیسلین وسپس تورنتون نشان داد که ساختار پوشش بستگی به دمای رسوب دارد که به صورت تابعی از نقطه ذوب(T_m) بیان می‌شود. در دماهای پایینتر از حدود ۰/۳ T_m بدون اعمال انرژی اضافی پوشش متخلخل و غیرچسنبده بوجود می‌آید. در دماهای بالاتر از حدود ۰/۵ T_m ساختار کامل متراکمی شکل می‌گیرد. همچنین برای بعضی از ترکیبات در دماهای بیشتر از ۰/۷ T_mتبخیر مجدد انتخابی برخی از عناصر روی می‌دهد. بنابراین باید دمای بهینه‌ای برای رسوب در نظر گرفت.

ساختمان و ترکیب پوشش‌ها در طول ضخامت پوشش کاملاً ثابت می‌باشد و تنها در محدوده کوچکی در منطقه نفوذ متقابل تغییر می‌کند.

به علت طبیعت عملیات رسوبدهی، رسوبات معمولاً به‌صورت ستونی بر روی زمینه سوپرآلیاژ رشد می‌کنند. لذا با یک فاصله نسبت به هم این رشد صورت می‌پذیرد که جدایش بین ستون‌ها را سبب می‌گردد.

این مشکل به ویژه در شرایطی که سطوح دارای تحدب به سمت خارج باشند، حائز اهمیت می‌باشد، برای رفع این عیب از روش Glass Bead Peening، Laser Glazing استفاده می‌شود تا آلیاژ در معرض حملات محیطی و ترکهای خستگی حرارتی واقع نگردد.

۱-۷-۳-۵-۴- پوشش‌دهی یونی

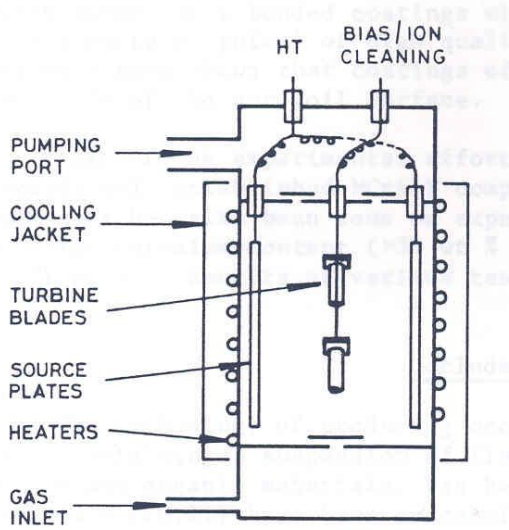
این روش یکی از انواع روشهای PVD می‌باشد که به منظور افزایش چسبندگی و چگالی، سطح پوشش با یونهای گاز ورودی از منبع کمکی، بمباران می‌شود.

یون پرانی آبکاری یونی (SIP)

این روش یکی از روشهایPVD است که در آن زمینه توسط یونهایی تحت شرایط خلاء بمباران می‌شود. تجهیزات مورد استفاده در این کار به منظور پوشش‌دهی روکشی در شکل (۱-۳۸) آورده شده است. پره‌های توربین به طور معلق در اتاقکی از جنس فولاد ضد زنگ که قبلا پیش گرم شده‌اند قرار می گیرند و توسط صفحاتی از جنس مواد پوشش دهنده، احاطه می‌شوند.

اتصالات الکتریکی مناسب بین پره های توربین و صفحات منبع ایجاد می‌شود و با تبخیر مواد پوشش از روی این صفحات پوشش‌دهی پره‌ها صورت می پذیرد.

در این روش جریانی از گاز آرگون خالص شده و یا دیگر گازها در داخل اتاقک پیش‌بینی شده است. دما در محفظه پوشش‌دهی به همراه محتویات آن تا حدود ۵۷۳ K افزایش می یابد و پره‌ها با قرارگرفتن در اختلاف پتانسیل منفی بزرگی توسط یونها بمباران شده و بدین طریق تمیز می‌گردند. در طول عملیات پوشش‌دهی، مقدار بالایی از ولتاژ منفی به صفحات منبع پوشش اعمال می‌گردد که منجر به تخلیه در اتاقک شده و باعث می‌گردد که یونهای آرگون، صفحات را بمباران کنند. اتم‌ها و یون‌های مواد منبع، از صفحات پراکنده شده و به‌طور اتفاقی در طول محفظه حرکت می‌کنند و روی پره‌های توربین رسوب داده می‌شوند و ایجاد پوشش می‌کنند.



شکل (۱-۳۸) دستگاه SIP

۱-۷-۳-۵-۵-پاشش پلاسمایی

این روش از سالیان پیش به‌منظور پوشش‌دهی مورد استفاده قرار گرفته است پاشش پلاسما یک نوع فرآیند پاشش حرارتی می‌باشد. این فرآیند شامل مرحله تزریق مواد پوشش به‌صورت پودر آلیاژ به داخل بخار گاز پلاسما در دمای بالا می‌باشد. در این روش ذرات پودر تا نزدیک یا بالای نقطه ذوب حرارت داده می‌شود و به سمت زمینه شتاب داده می‌شوند.

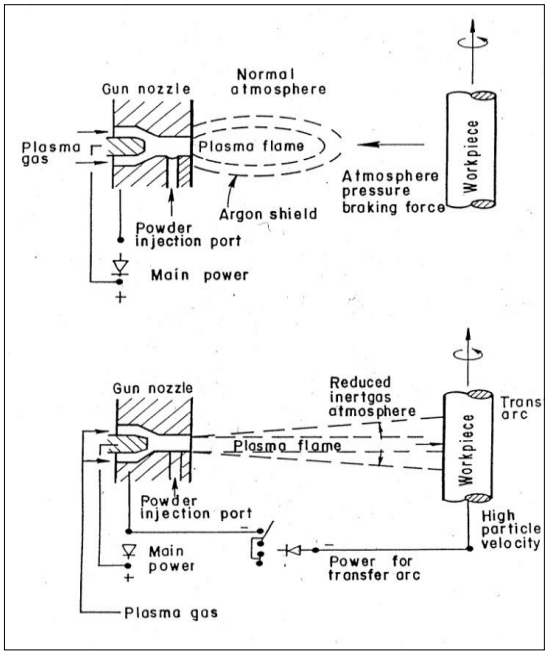
قابل ذکر است که پلاسما، گاز به شدت یونیزه شده‌ای می‌باشد که معمولاً در فشار کم دارای یونهای مثبت و منفی برابر است که از تخلیه قوس الکتریکی با فرکانس بالا ناشی از جریان مستقیم توسط گازهای ورودی و ذرات پودری تولید می‌شود.

ذرات فلزی مذاب که روی سطح قرار می‌گیرند به‌صورت موازی با سطح رشد می‌کنند. فاکتورهایی نظیر میزان پیش‌گرم شدن، ویژگی‌های تفنگ پلاسما، فاصله تفنگ تا قطعه و... همگی در ساختار و ویژگی‌های رسوب تأثیرگذار خواهند بود. عملکرد مشعل پلاسما، تولید و تثبیت منطقه‌ای با دمای بالا می‌باشد تا ذرات پودری که به این منطقه می‌رسند بتوانند گرم شده و به سمت قطعه کاری شتاب داده شوند. دمای بالا توسط تمرکز قوس الکتریکی در حجم بسیار کوچک به دست می‌آید و همچنین شتاب گرفتن توسط طراحی مناسب نازل اسپری تأمین می‌شود.

پس از پوشش دادن سوپرآلیاژ به روش پلاسمایی، در ابتدا فصل مشترک پوشش موازی با سطح زمینه می‌باشد اما بعد از گرم کردن، این فصل مشترک دیگر به‌صورت موازی با زمینه نبوده و به صورت یک ناحیه نفوذی با طبیعت دو فازی مشاهده می‌شود.

پاشش پلاسما می‌تواند در فشار اتمسفر، تحت خلاء و یا در فشار کم اعمال گردد که به ترتیب تکنیکهای پاشش پلاسمایی در فشار اتمسفر (APS)، پاشش پلاسمایی در خلاء (VPS)، و پاشش پلاسمایی در فشار کم را تشکیل می‌دهند.

اگر چه روش پاشش پلاسمایی یک تکنولوژی جدید نمی‌باشد، اما استفاده از عملیات در خلاء یا فشار کم تقریباً جدید می‌باشد که شمایی از این دو روش در شکل (۱-۳۹) آمده است. از آنجا که امروزه عناصر تشکیل دهنده پوشش را عناصر فعالی نظیر کروم و آلومینیوم تشکیل می دهند، اعمال پاشش پلاسمایی در فشار محیطی پایین، میزان عیوب در لایه اکسید محافظ را به حداقل می رساند. از جمله مزایای استفاده از فشار کم در پاشش پلاسمایی، سرعت بالای ذرات پودر می‌باشد که افزایش قابلیت شکل‌دهی اجزاء پودر را به همراه خواهد داشت. در این شرایط هدایت پوشش به روی سطح سوپرآلیاژبه کمک یک گاز خنثی صورت می‌گیرد و در این روش نیز مانند EB-PVD به منظور افزایش چسبندگی پوشش به زمینه از عملیات پس‌گرم‌کردن استفاده می‌شود.



شکل (۱-۳۹) شماتیکی از پاشش پلاسمایی دراتمسفر و در فشارکم

سطح پوشش حاصل از روش پلاسمایی نسبت به روش EB-PVD از زبری بیشتری برخوردار می‌باشد و لذا به منظور دستیابی به یک سطح صیقلی و صاف، عملیات پرداخت کاری مختلفی مانند سایش دوغابی و دمش بخار کنترل شده روی سطح پوشش صورت می‌پذیرد با توجه به اینکه عناصر مورد استفاده در این روش به‌صورت پودری می باشند، لذا فشار بخارهای مختلف عناصر که از جمله موارد مشکل آفرین در روش EB-PVD است، در این روش حائز اهمیت نمی‌باشد. هر گونه ماده‌ای که قابلیت پودر شدن به ابعاد مناسب و پایداری در فاز مذاب را داشته باشد می‌تواند در تفنگ پلاسمایی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین روش پلاسمایی باعث ایجاد پوششی با مقاومت اکسیداسیون بالاتر و نرمی بهتر نسبت به روش EB-PVD می‌شود. از جمله معایب روش پلاسمایی و EB-PVD در مقایسه با روش نفوذی، مشکل خط دید می‌باشد که با توجه به پیچیدگی قطعات مورد استفاده در توربینها، نظیر پره‌های ثابت و متحرک، ضخامت پوشش در قسمتهای مختلف متفاوت می‌گردد و لذا در این شرایط پوشش‌دهی در چندین مرحله صورت می‌پذیرد که به علت روی هم افتادن پوششها در محل اتصال، برجسته‌شدن پوشش را به‌همراه خواهد داشت. علاوه بر این هزینه پوشش‌دهی را نیز افزایش می‌دهد.

پوشش‌دهی کانالهای خنک‌کننده، با استفاده از روشهای روکشی مقدور نمی‌باشد، بنابراین در این شرایط، اعمال همزمان پوشش روکشی برای سطح خارجی و پوشش نفوذی آلومینایدی برای سطوح داخلی به منظور ایجاد پوشش کاملاً محافظ مورد

استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از مجموع چند روش به منظور پوشش‌دهی، مشکل نفوذ ترکیبات نامحلول را نیز بر طرف می‌کند. به عنوان مثال، اگر سطح پوششهای روکشی توسط سیلسیوم غنی گردد، مقاومت به خوردگی داغ پوشش افزایش می‌یابد بدون آنکه خواص مکانیکی زمینه سوپر آلیاژ پایه نیکل را کاهش دهد.

همچنین طراحی برخی پره‌های توربین که در محدوده درجه حرارتهای مختلف کار می‌کنند به گونه‌ای است که همزمان چند مکانیزم مختلف خوردگی در سطوح پره اتفاق می افتد که استفاده از روشهای ترکیبی امکان محافظت پره ها را به شیوه‌های مختلف فراهم می‌کند.

مزایای روش اسپری پلاسمایی عبارتند از:

۱- امکان پوشش‌دهی انواع آلیاژهای حاوی عناصری با فشار بخارهای مختلف

۲- بالا بودن نرخ رسوب‌گذاری و در نتیجه افزایش سریع ضخامت پوشش

۳- تجهیزات ساده و هزینه کم

۴- پوشش‌دهی تحت شرایط کاری تمیز

۵- امکان انجام فرآیند به‌صورت غیر مداوم و در مراحل مختلف

۶- قابلیت اتوماسیون اجزای دستگاه برای ایجاد رسوب یکنواخت و دقیق

۷- امکان پوشش‌دهی سرامیکها روی قطعات فلزی

۸- امکان رسوب Si که در EB-PVD به علت تفاوت فشار بخار آن در مقابل دیگر اجزا امکان پذیر نمی‌باشد.

۱-۷-۳-۵-۶- انواع پوشش‌های روکشی MCrAlY

در اواخر دهه ۱۹۶۰ پوشش‌های روکشی به منظور مقاومت در برابر خوردگی و اکسیداسیون به صورت MCrAlY (M=Ni,Co,Fe) تولید شد. پوشش‌های اولیه MCrAlY پوشش‌هایی با پایه کبالت همراه با ۱۵ تا ۲۰ درصد وزنی کروم و حدود ۱۲٪ وزنی آلومینیوم و ٪ ۰/۹ –۰/۱ وزنی ایتریم بودند.

به منظور بهینه‌کردن مقاومت به خوردگی داغ نوع II، نیکل را به جای کبالت جایگزین کردند. درصد آلومینیوم را نیزکاهش دادند. تا سال ۱۹۸۰ همه پوشش‌های روکشی MCrAlY با استفاده از روش EB-PVD اعمال می‌شدند. اما در سالهای اخیر، پوشش‌دهی توسط روش اسپری پلاسمایی در فشار پایین و در خلاء نیز توسعه یافته است.

دومین پوشش روکشی از نوع CoCrAlY توسط روش EB-PVD در ۱۹۷۲ و NiCoCrAlY در سال ۱۹۷۴ اعمال گردید. پس از آن تلاش‌ها در جهت بهینه‌سازی پوشش‌های فوق نتایج زیر را در بر داشت.

۱- تغییرات در مقادیر نیکل، کبالت، آهن، کروم و آلومینیوم به منظور پوشش‌دهی در کاربردهای مورد نظر

۲- افزودن عناصری نظیر تانتالوم، تنگستن، مولیبدن، زیرکنیوم، سیلیسیوم، هافنیوم، تیتانیم، کربن، پلاتین و رودیم به منظور افزایش مقاومت به اکسیداسیون، خواص مکانیکی و پایداری

۳- افزودن ایتریم به منظور بالا بردن مقاوت به اکسیداسیون سیکلی از طریق بهبود چسبندگی پوشش به زمینه.

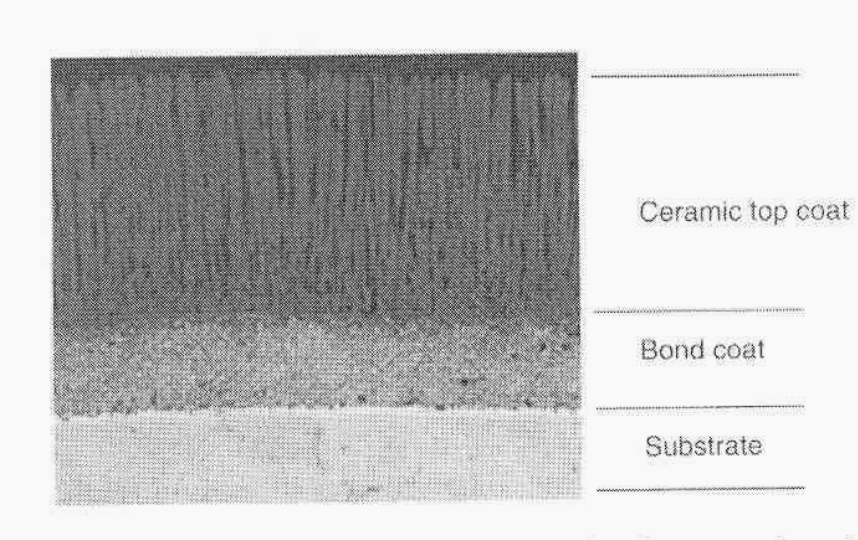
۴- آماده سازی سطحی پیش از عملیات پوشش‌دهی

۵- اعمال عملیات پس رسوب‌دهی

۶- تکنیک های پوششدهی متناوب مانند (اسپری پلاسما در فشار کم و یون پرانی) بهترین روش برای پوششدهی روکشی، اعمال روش LPPS می‌باشد که عملیات را در زمان کمتر، ساده‌تر و با قابلیت اتوماسیون بهتر پیش می‌برد. در این روش امکان دستیابی به ریزساختار ترکیب شیمیایی دقیق‌تر وجود دارد که توسط روش EB-PVD مقدور نمی‌باشد.

۱-۷-۳-۶- پوششهای روکشی TBC

پوشش های TBC گروه مهمی از پوشش ها هستند که وظیفه آنها کاهش دمای قطعات حین سرویس و بنابراین افزایش عمر آنها از این طریق می باشد. این پوشش ها ترکیبی از چند لایه پوشش مختلف بوده که هر لایه وظیفه و شرایط خاص خود را دارد (شکل۱-۴۰).



شکل (۱-۴۰) اجزاء ساختاری پوشش های TBC

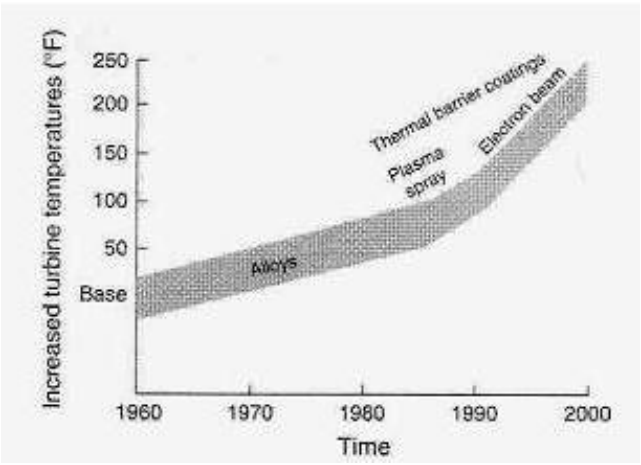
بالاترین لایه که نقش عایق حرارتی را ایفا می نماید شامل یک لایه سرامیکی می باشد که هدایت حرارتی آن تا حد امکان پائین باشد. عموماً سرامیک تشکیل دهنده این لایه ZrO_2 (زیر کونیا) می باشد. همانگونه که در بخش های بعدی گزارش بیان خواهد شد، زیرکونیا حین قرار گیری در دمای بالا، استحاله فازی نشان می دهد و بنابراین جهت پایدار سازی این لایه سرامیکی می بایستی به آن ترکیبات خاصی اضافه شود. جهت اتصال بهتر لایه سرامیکی روی سطح قطعه فلزی مورد نظر، بین این دو ناحیه (فلز پایه و لایه سرامیکی) از یک پوشش پیوندی واسط[1] از انواع پوشش های فلزی مقاوم در برابر اکسیداسیون استفاده می شود. این پوشش فلزی پیوندی می تواند یک پوشش نفوذی آلومینایدی نظیر پلاتین آلومیناید و یا یک پوشش روکشی با ترکیب عمومی MCrAlY باشد. در طی اعمال پوشش سرامیکی ، یک لایه اکسیدی رشد کننده در دمای بالا با نام TGO ، که عمدتاً از Al_2O_3 تشکیل شده است ، روی سطح پوشش پیوندی در فصل مشترک سرامیک – پوشش پیوندی تشکیل می شود. در واقع این لایه TGO باعث پیوند دادن شیمیایی لایه سرامیکی به پوشش پیوندی می شود. بنابراین می توان در نظر گرفت که پوشش های TBC سیستمهایی هستند که از یک لایه سرامیکی، یک لایه TGO و یک لایه پوشش فلزی پیوندی تشکیل گردیده اند. ضخامت تقریبی هر لایه بصورت کلی عبارت از : لایه سرامیکی در حدود ۱۲۵

1-Bond Coat

تا ۱۰۰۰ میکرومتر ، پوشش پیوندی در حدود ۵۰ تا ۱۲۵ میکرومتر و لایه TGO در حدود ۰/۵ تا ۱۰ میکرومتر که ضخامت این لایه آخر بستگی به مدت زمان نگهداری پوشش TGO در دمای بالا حین فرآیند پوشش دهی یا سرویس دارد.

با معرفی پوشش های TBC در اوایل دهه ۸۰ میلادی و استفاده از آنها در توربین های JT9D ساخت شرکت Pratt &Whitney، امکان افزایش دما و تحمل دمایی قطعات تا حدود C200° بطور ناگهانی افزایش یافت. بدیهی است که این کاهش دمای قطعات ضمن افزایش عمر خزشی و خستگی آنها، تاثیر مستقیم بر کاهش اکسیداسیون آنها در دمای بالا نیز خواهد داشت. با کاهش دمای سرویس درصد بیشتری از خواص دمای پائین در آلیاژ باقی می‌ماند ضمن آنکه نیاز به هوای خنک کن برای قطعات تا حد زیادی کاهش خواهد یافت. شکل (۱-۴۱) شماتیک بهبود تحمل دمایی مواد را طی سالهای گذشته نشان می دهد.

علاوه بر مزایای مستقیم فوق الذکر، استفاده از پوشش های TBC می تواند مزایای مهم اما غیر مستقیم دیگری نیز داشته باشد. نشان داده شده است که پوشش های TBC می تواند تغییرات دمایی موضعی در نواحی قطعات را کاهش دهد. این امر می تواند باعث کاهش اعوجاج و افزایش عمرخستگی حرارتی قطعات گردد. علاوه بر این پوشش های TBC نحوه پاسخگویی قطعات به حالت های گذرای دمایی را تحت تاثیر قرار می دهد. این حالت های گذرا ناشی از تغییرات ناگهانی در انرژی ورودی به قطعات دمای بالا بوده و معمولا هنگام نشست و برخواست هواپیماها و یا صعود ناگهانی آنها و یا تریپ کردن واحدهای گازی زمینی در پره های آنها رخ می دهد. این حالت های گذرا و ناگهانی دمایی تاثیر بسیار مخربی بر عمر خستگی حرارتی قطعات فلزی مربوطه بجای می گذارد. از آنجا که پوشش های TBC ضریب انتقال حرارت کمتری دارا می باشند، نحوه پاسخگویی و تحت تاثیر قرار گرفتن آنها به این تغییرات شدید دمایی خیلی کندتر از قطعات فلزی بوده و لذا آنها ضمن تعدیل نمودن این شرایط شبه شوک دمایی، منجر به بهبود قابل ملاحظه عمر خستگی حرارتی قطعات می گردند.



شکل (۱-۴۱) شماتیک بهبود تحمل دمایی مواد طی سالهای گذشته

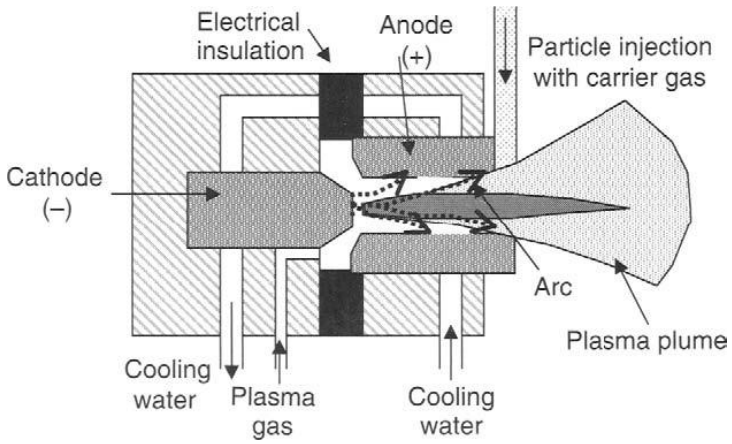
۱-۷-۳-۶-۱- روش‌های اعمال پوشش روکشیTBC

روش پلاسما اسپری

پوشش های بر پایه زیرکونیا تنها می توانند به روشهایی اعمال شوند که این روشها قادر به تامین انرژی کافی جهت ذوب، تبخیر یا خرد کردن شیمیایی پودرها تا ابعادی شوند که امکان ایجاد یک پوشش چسبنده و مقاوم ایجاد گردد. یکی از فرآیندهایی که می تواند انرژی کافی جهت این عملیات را تامین نماید براساس پدیده پلاسما می باشد.

در این فرآیند، یک جت پلاسما پودرهای مواد اولیه را جهت اعمال پوشش ذوب می نماید. پلاسما در گان مربوطه ایجاد می شود. این فرآیند در هوا می تواند انجام گیرد و در این صورت به آن APS می گویند. این فرآیند می تواند جهت استفاده برای پوشش های فلزی یا پوشش های سرامیکی بکار رود، هر چند که با توجه به نقاط ذوب بالاتر سرامیک ها ، تجهیزات مورد استفاده برای آنها به اصلاحاتی نیاز دارند.

شکل(۱-۴۲) نمونه ای از سیستم های مورد استفاده را نشان می دهد. همانگونه که دیده می شود در این روش پودرهای مواد پوشش با استفاده از یک گاز حامل به گرمترین ناحیه پلاسما تغذیه می شود. این ناحیه، منطقه ترکیب مجدد یونها و الکترونها می باشد.



شکل(۱-۴۲) نمونه ای از سیستم های پوشش دهی پلاسما اسپری

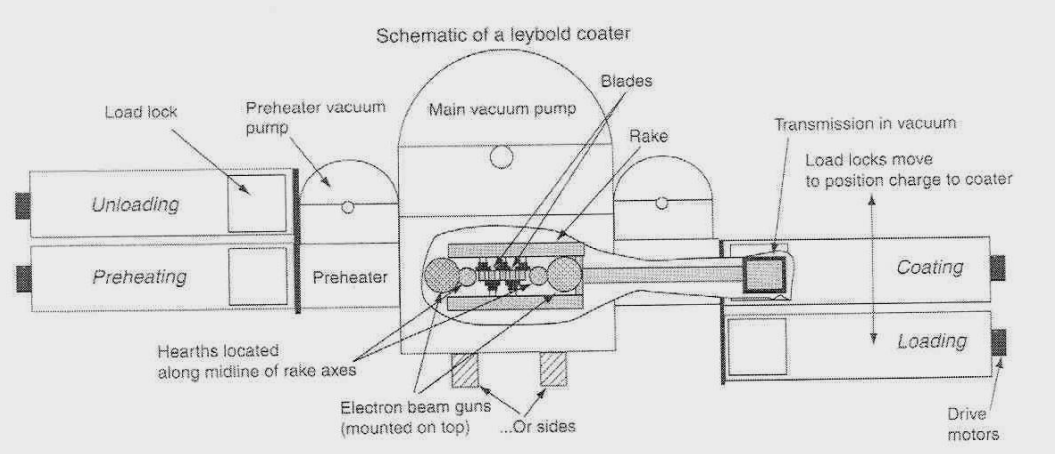
فرآیند پوشش دهی پلاسما اسپری معمولاً در یک محیط بسته انجام می شود. یکی از فرآیندهای جدید پوشش دهی بر پایه پلاسما اسپری، روش پلاسما اسپری پیش ماده انحلال یافته می باشد. در این روش مواد خام تزریق شده به درون جت پلاسما به شکل پودر نبوده ، بلکه به شکل مایع می باشد. پیش ماده آبی بدست آمده در طی عبور از طریق جهت پلاسما تا سطح مورد نظر تحت واکنش های پیرولیز فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته و سپس بصورت پوشش YSZ۷ روی سطح می نشیند. ریز ساختار حاصله از این فرآیند دارای ریز ترکهای عرضی بوده و نسبت به پوشش های TBC پلاسما اسپری متداول دارای ساختار ریزتری است. این حالت منجر به بهبود عمر پوشش شده و امکان ایجاد پوشش های ضخیم تر روی سطوح فلزی را فراهم می آورد.

روش EB-PVD

روش EB-PVD فرایند دیگری است که بوسیله آن می تواند لایه سرامیکی TBC رسوب داده شود. این روش در واقع اصلاح روش لایه نشانی بخار با نرخ بالا است که برای پوششهای فلزی بکار برده شده است.

زیرکونیا دیرگدازی با دمای ذوب خیلی بالا(۲۶۹۰°C) است، چنانچه قبلاً نیز بحث شد بدلیل دمای ذوب بالا، روشهای سنتی گرم کردن، این اکسید را ذوب نخواهد کرد. بنابراین روشهای خاصی باید جایگزین گردد. یکی از این روشها، روش پلاسما اسپری است که با جزئیات بحث شد. روش دوم انتقال موضعی انرژی بالا به زیرکونیا با استفاده از الکترونهای متمرکز شده با قدرت (توان) بالا در فرآیند لایه نشانی بخار فیزیکی با اشعه الکترونی است. اشعه ای از الکترونها که با تفنگ الکترونی ایجاد شده، روی زیرکونیای نسبتاً پایدار که می تواند به شکل گرانوله (دانه بندی شده) یا شمش های استوانه ای در حالت زینتر شده، متمرکز گردد.

اساس روش EB-PVD شامل ایجاد یک حوضچه مذاب مواد خام در یک محفظه خلاء از طریق گرم کردن YSZ۷ با اشعه الکترونی فوکوس شده با انرژی بالا می باشد. حوضچه بخار را ایجاد می کند. قطعه ای که قرار است پوشش داده شود، بالای حوضچه نگه داشته می شود. پوشش روی سطح قطعه تشکیل می شود. برخلاف روش پلاسما اسپری که در آن حجم زیادی از مذاب روی سطح پوشش ایجاد می شود، در فرایند EB-PVD این فرایند در مقیاس ملکولی صورت می گیرد. فرآیند به طور کامل درون محفظه پوشش EB-PVD صورت می گیرد. شکل (۱-۴۳) شمائی از پوشش دهنده EB-PVD را نشان می دهد.



شکل(۱-۴۳) شماتیک EB-PVD

۲- درخت فناوری و آینده پژوهی

۲-۱- درخت فناوری

در مباحث مرتبط با مدیریت فناوری، رویکردهای مختلفی برای شناسایی حوزه ای فناورانه ارائه شده است. از جمله آنها به موارد زیر می‌توان اشاره نمود.

- نگرش زنجیره ارزش فناوری
- نگرش فرآیندی
- نگرش QFD
- نگرش درخت فناوری

شایان‌ذکر است که عموماً از درخت فناوری در برنامه‌ریزی فناوری در سطح ملی استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی فناوری به فهم عمیقی از فناوری‌ها و روند تغییرات آن نیاز دارد .رسم یک درخت به تصمیم گیران در بحث و تبادل‌نظر کمک می‌کند. درخت فناوری به‌صورت متنی یا گرافیکی به تعیین ارتباطات در میان فناوری‌ها کمک می‌کند. ترسیم درخت فناوری، یک راه

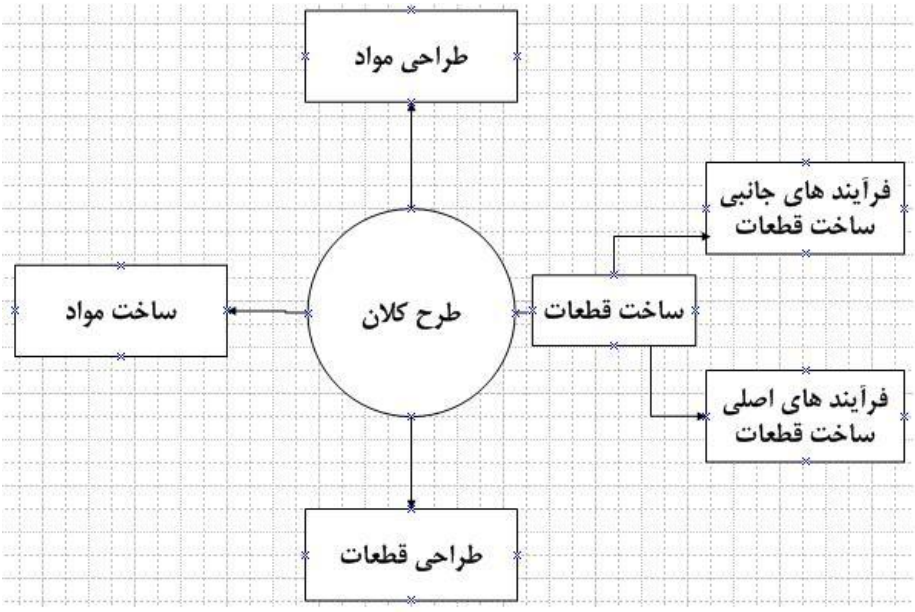
ایده آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پیکربندی و ارتباطات بین اجزاء دانش موردنظر بوده و موجب فهم دقیقی از موضوع، حتی برای افراد ناآشنا، می‌شود. درخت فناوری معمولاً در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعتی مورداستفاده قرارمی گیرد. در یک تعریف ساده عموماً یک درخت فناوری، شامل تعدادی گره و خط هست. هر گره می‌تواند بیانگر یک موضوع، مفهوم، فناوری، کاربرد یا هرگونه اطلاعات دیگر بوده و خطوط بین گره ها، ارتباط بین آنها را نشان می دهد. یکی از مهمترین کاربردهای درخت فناوری برای مدیران، برنامه ریزان و مدیران تحقیق و توسعه، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیت ها یا فرایند های بنگاه، همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناورانه آنها بر محصولات و خدماتشان می باشد. از این روش می توان برای شناسایی حوزههای فناورانه در هر دو حالت زیرفناوری و کاربرد نیز استفاده نمود .

با توجه به مجموعه بررسیهای انجام شده توسط مجریان پروژه درخت فناوری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی طراحی و ترسیم شد. بخشهای مختلف این درخت فن‌آوری در شکلهای (۲-۱) تا (۲-۱۴) نشان داده شده است.

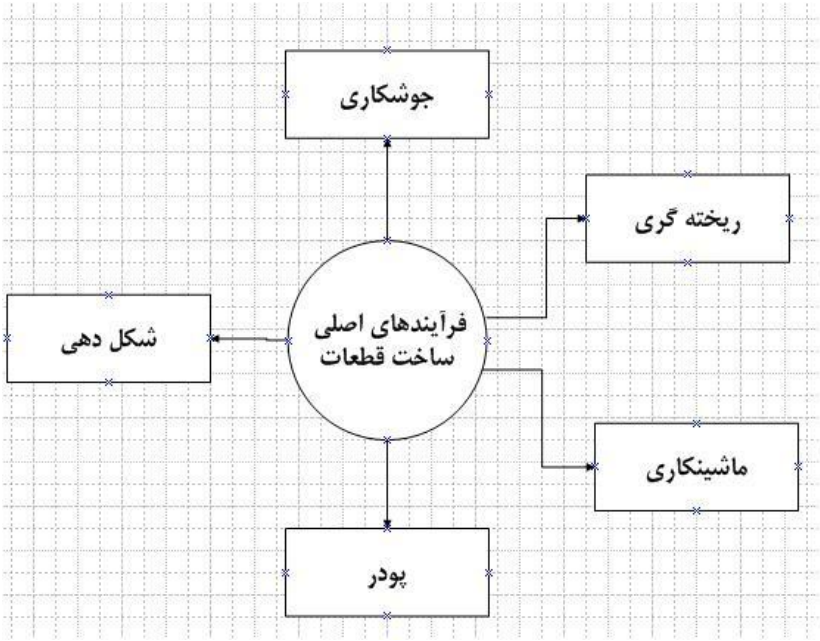
در خصوص این درخت‌های فناوری توجه به نکات ذیل حائز اهمیت است:

الف) اگرچه مرحله طراحی مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌تواند یکی از مراحل مهم و تاثیرگذار در روند دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و قطعات قلمداد شود اما با توجه به گستردگی این موضوع و همچنین با در نظر داشتن آنکه تاکنون فعالیت قابل قبولی در این زمینه در کشور انجام نگرفته و فاصله زیادی در این خصوص مابین کشورهای صاحب دانش طراحی و سایر کشورها وجود دارد، لذا این موضوع در حد نسبتا کمرنگی در این طرح دنبال شده است. این موضوع از آنجا که می‌تواند منجر به کاهش پراکندگی در وقت و هزینه‌ها و در عوض عمیقتر شدن سایر موضوعات مرتبط با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی گردد مناسب است. از طرف دیگر، به نظر میظرسد که حتی بسیاری از شرکت‌های کنونی صاحب دانش طراحی توربین‌ها و قطعات داغ نیروگاهی نظیر شرکتهای میتسوبیشی ژاپن، آنسالدو و ... از مسیر اولیه مهندسی معکوس و تحت لیسانس بودن و پس از گذشت زمان طولانی صاحب دانش طراحی شده‌اند. لذا این مسیر در این طرح مفیدتر تشخیص داده شد. بنابراین در این طرح ترجیح داده شده است که بجای فعالیت در جنبه‌های مختلف، تنها به مفاهیم تکنولوژی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی و با عمق بیشتر پرداخته شود.

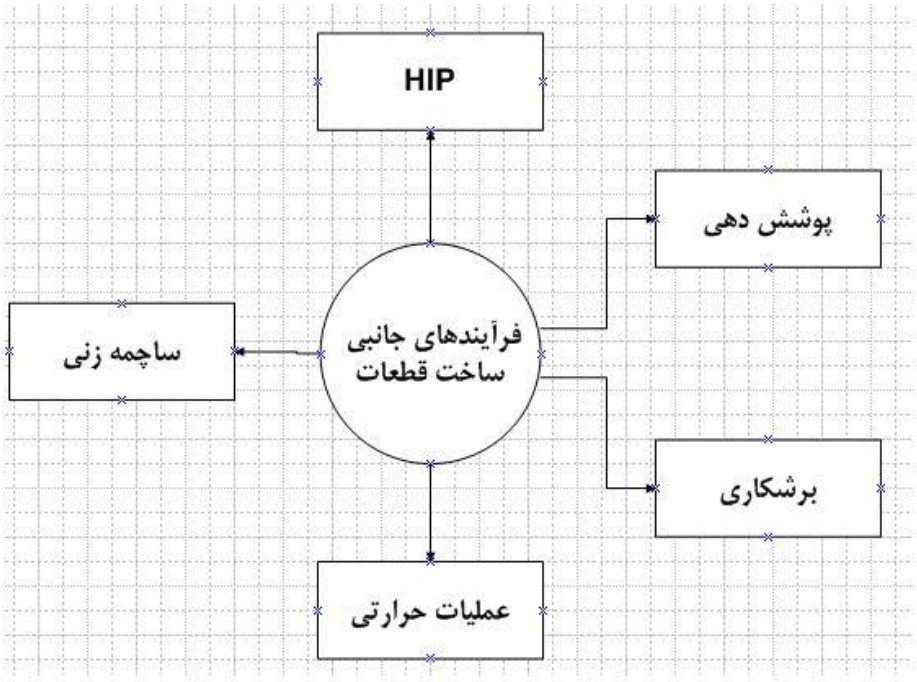
ب) با توجه به اهمیت برخی قطعات نظیر پره های توربین، و همچنین در نظر داشتن فرایندهای متعدد جانبی جهت ساخت این قطعات در مقایسه با برخی دیگر از قطعات دیگر، درختهای فناوری برای برخی قطعات با گستردگی کاملتری ارائه شده است.



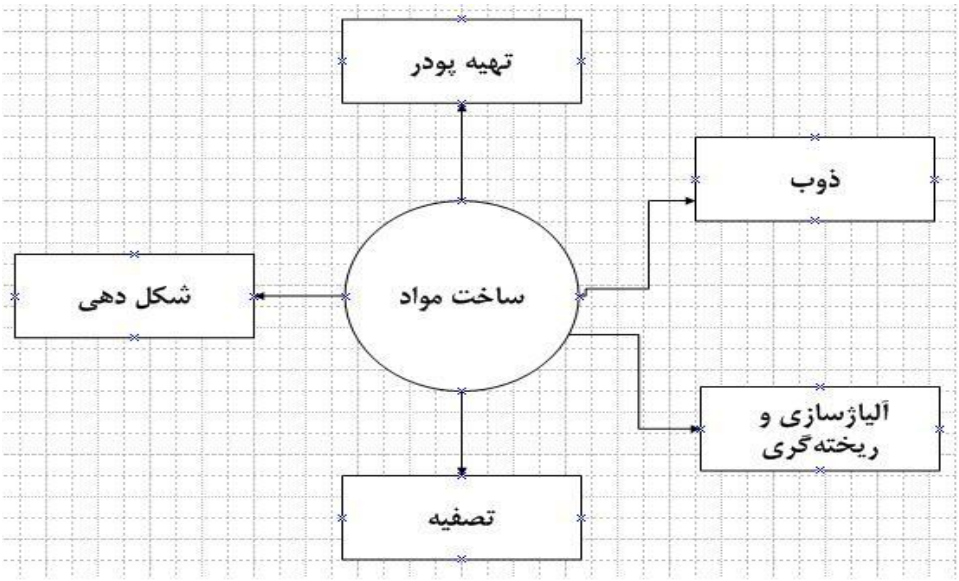
شکل (۲-۱) بخش اصلی درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی



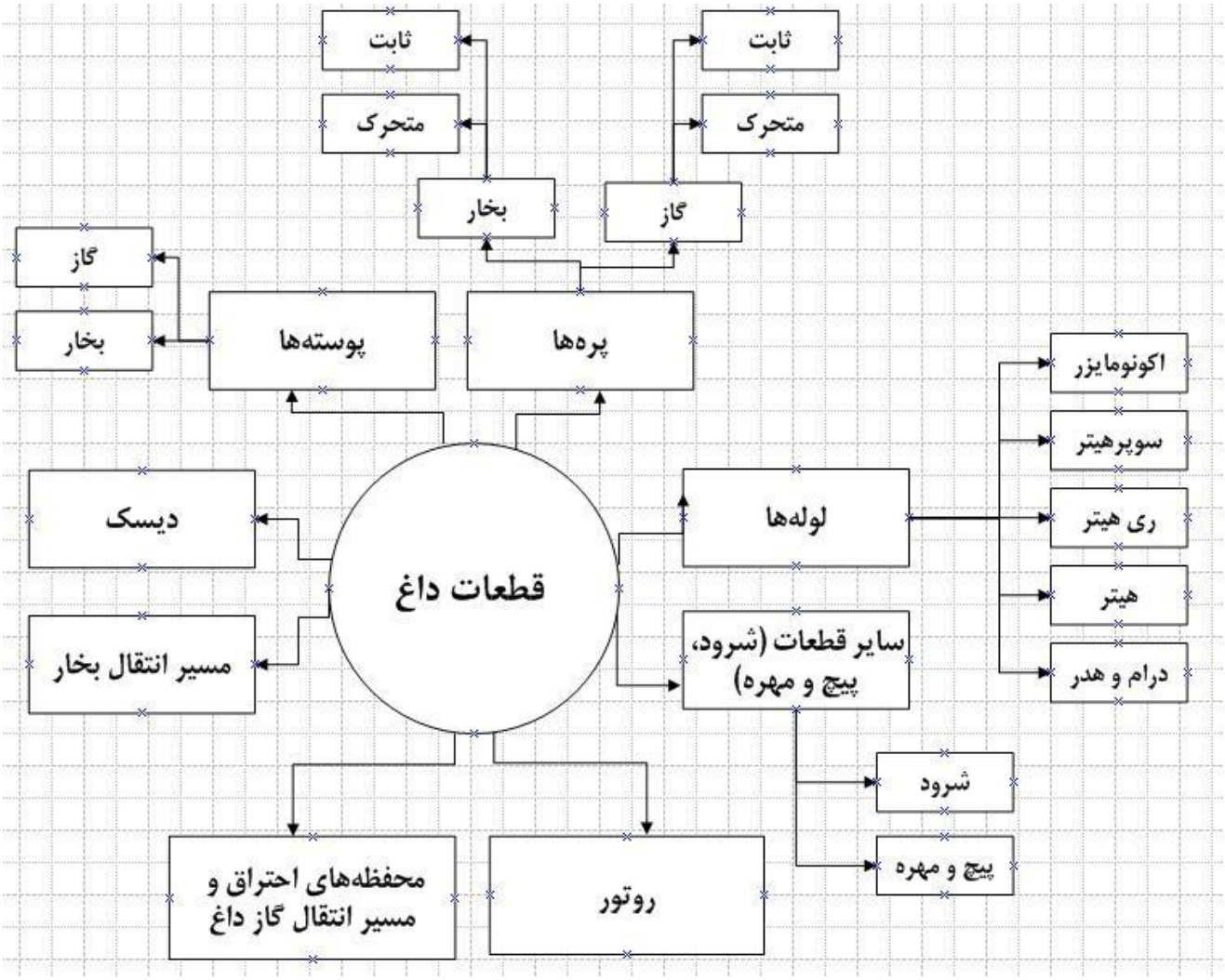
شکل (۲-۲) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای کلی ساخت قطعات



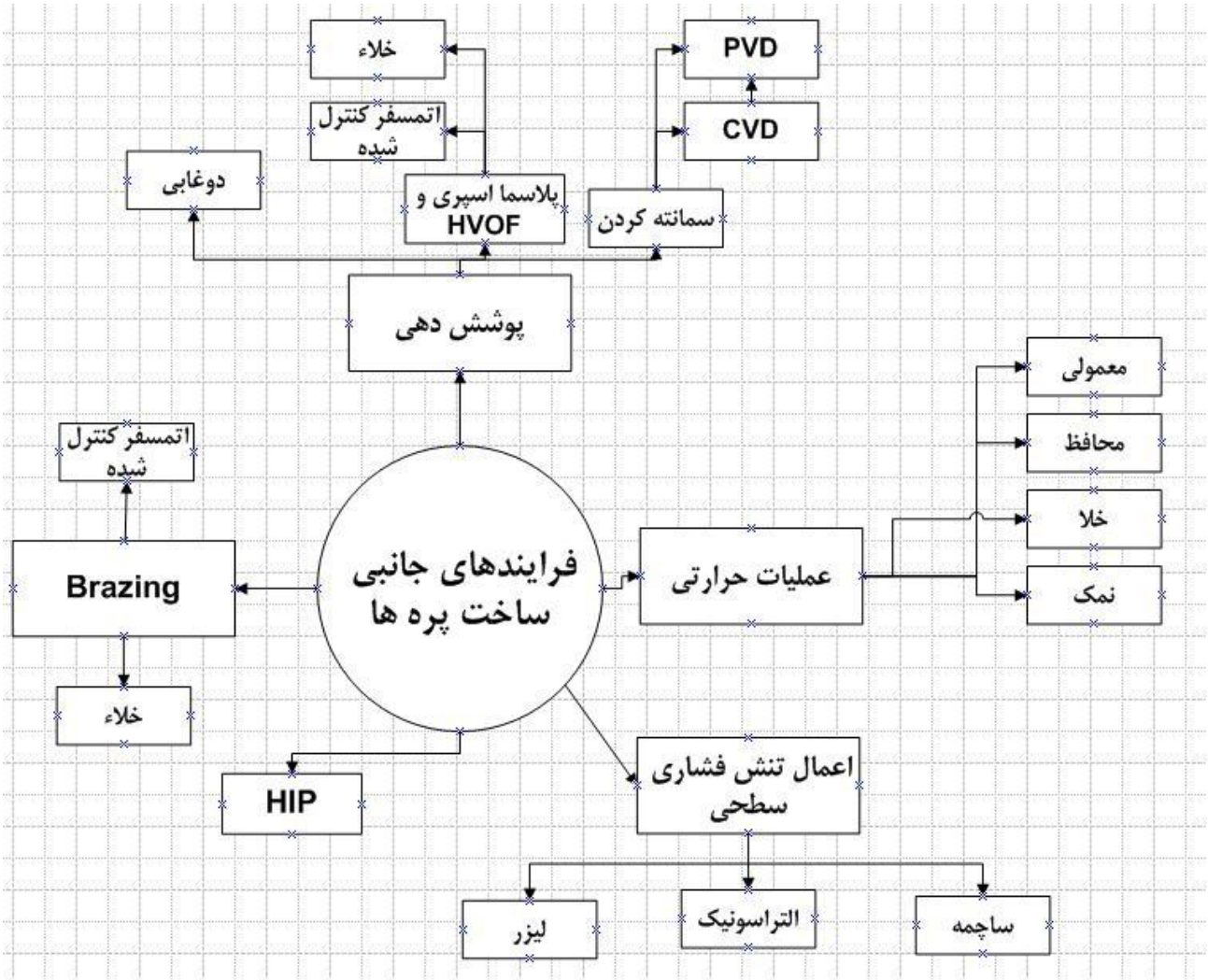
شکل (۲-۳) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای جانبی ساخت قطعات



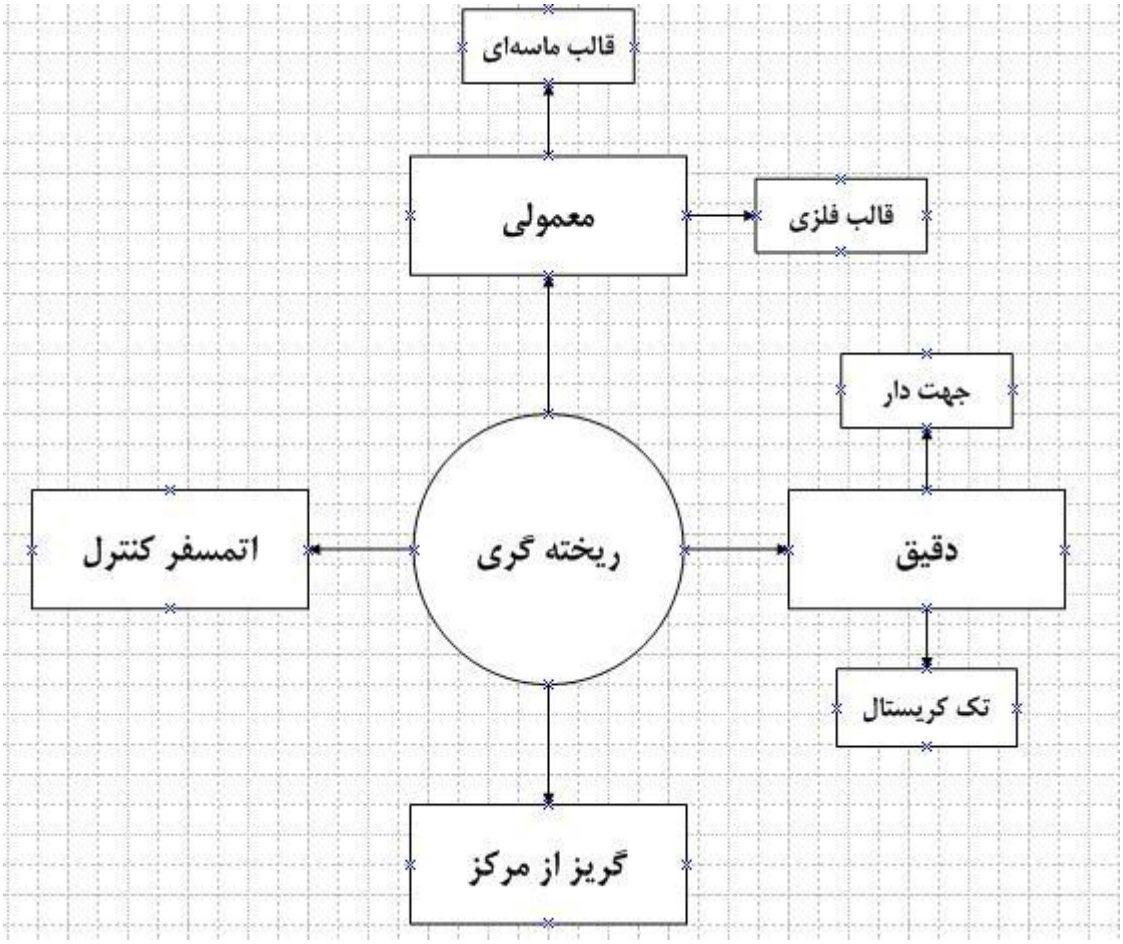
شکل (۲-۴) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت مواد



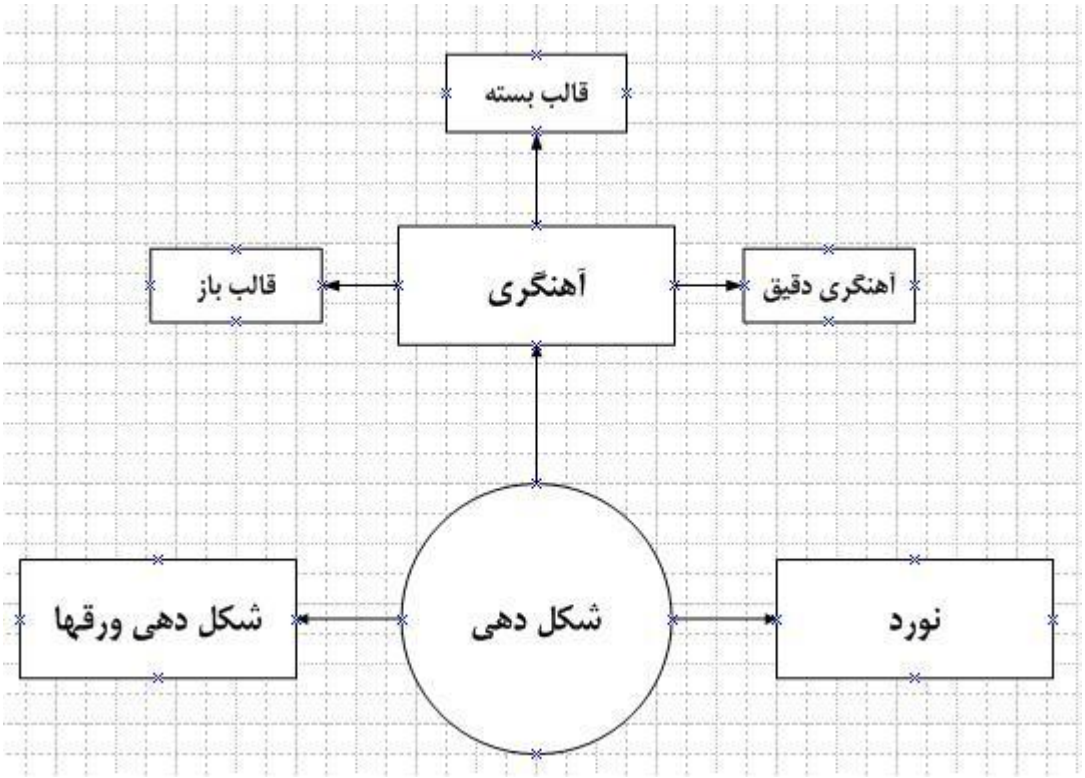
شکل (۲-۵) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت بر اساس تقسیم‌بندی قطعات از دیدگاه فرایند ساخت



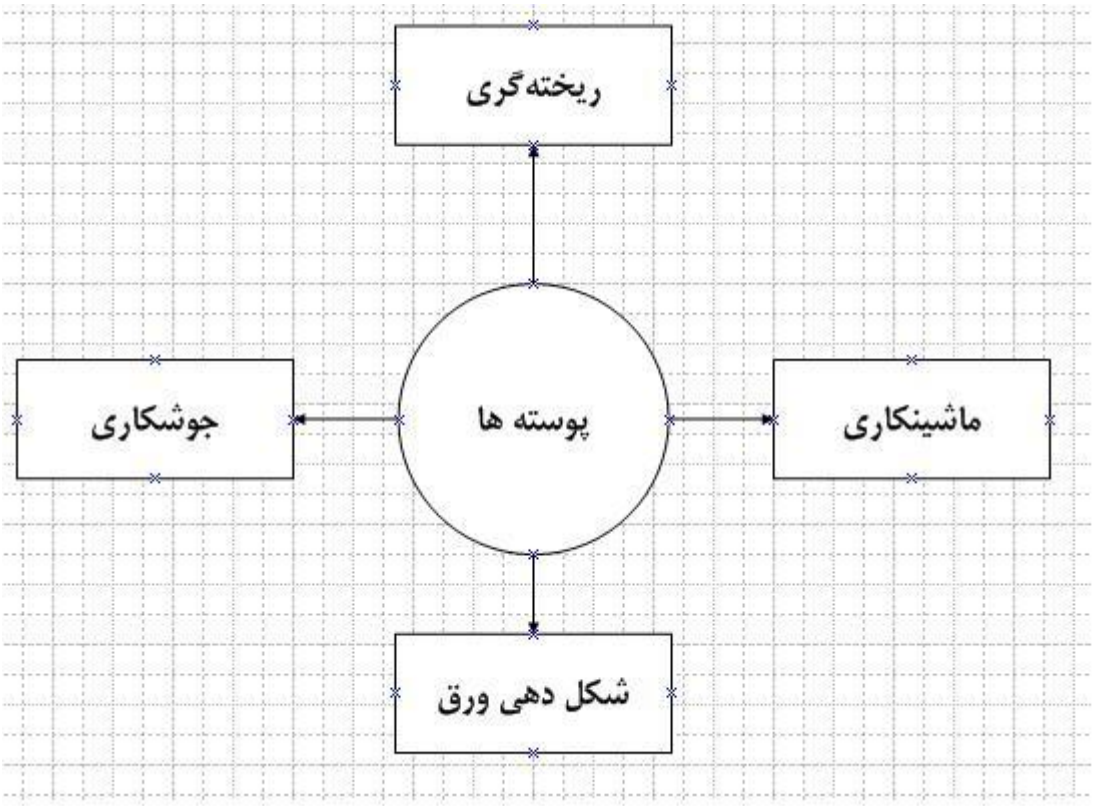
شکل (۲-۶) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت جانبی پره‌ها



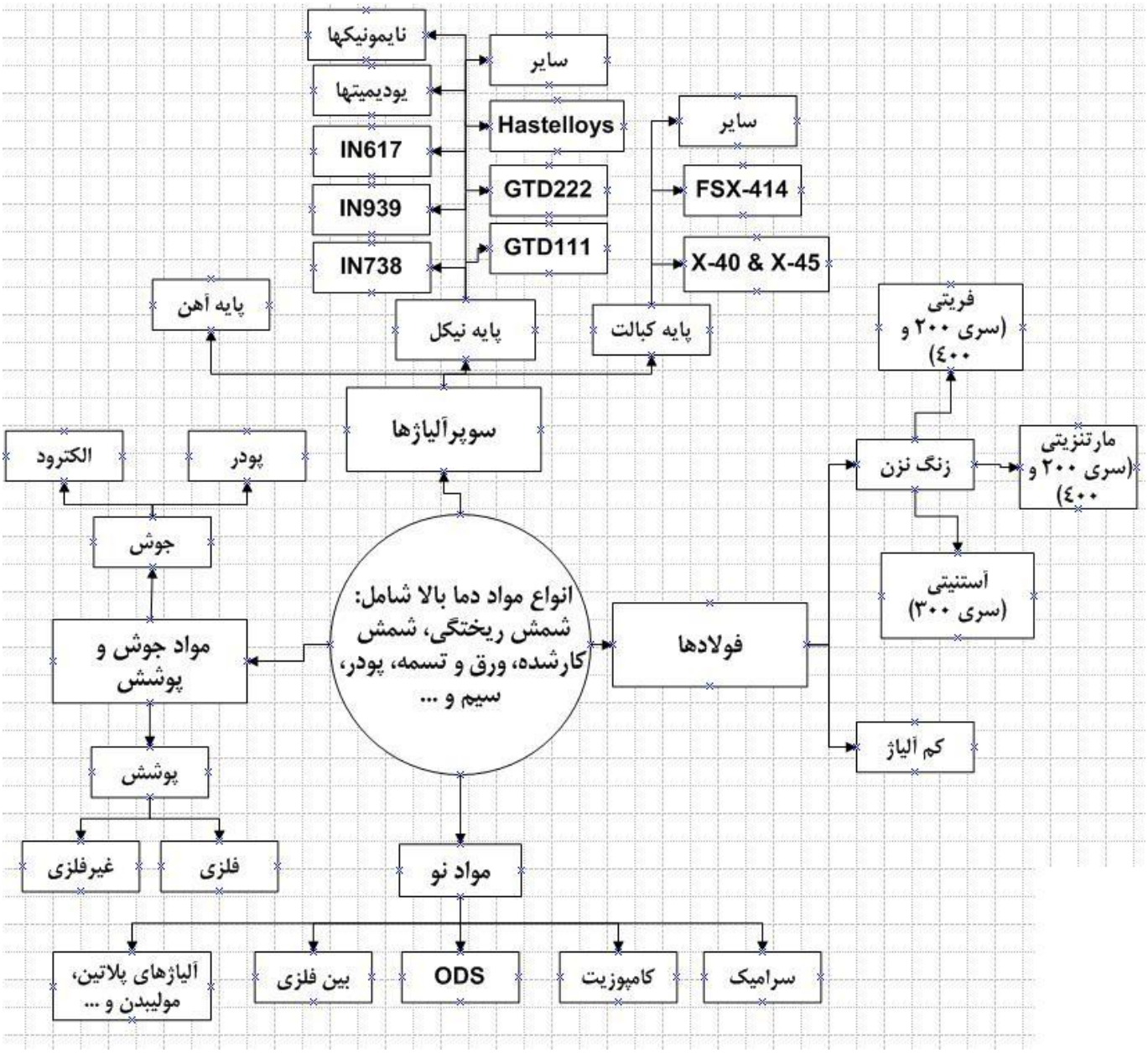
شکل (۲-۷) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت ریخته‌گری



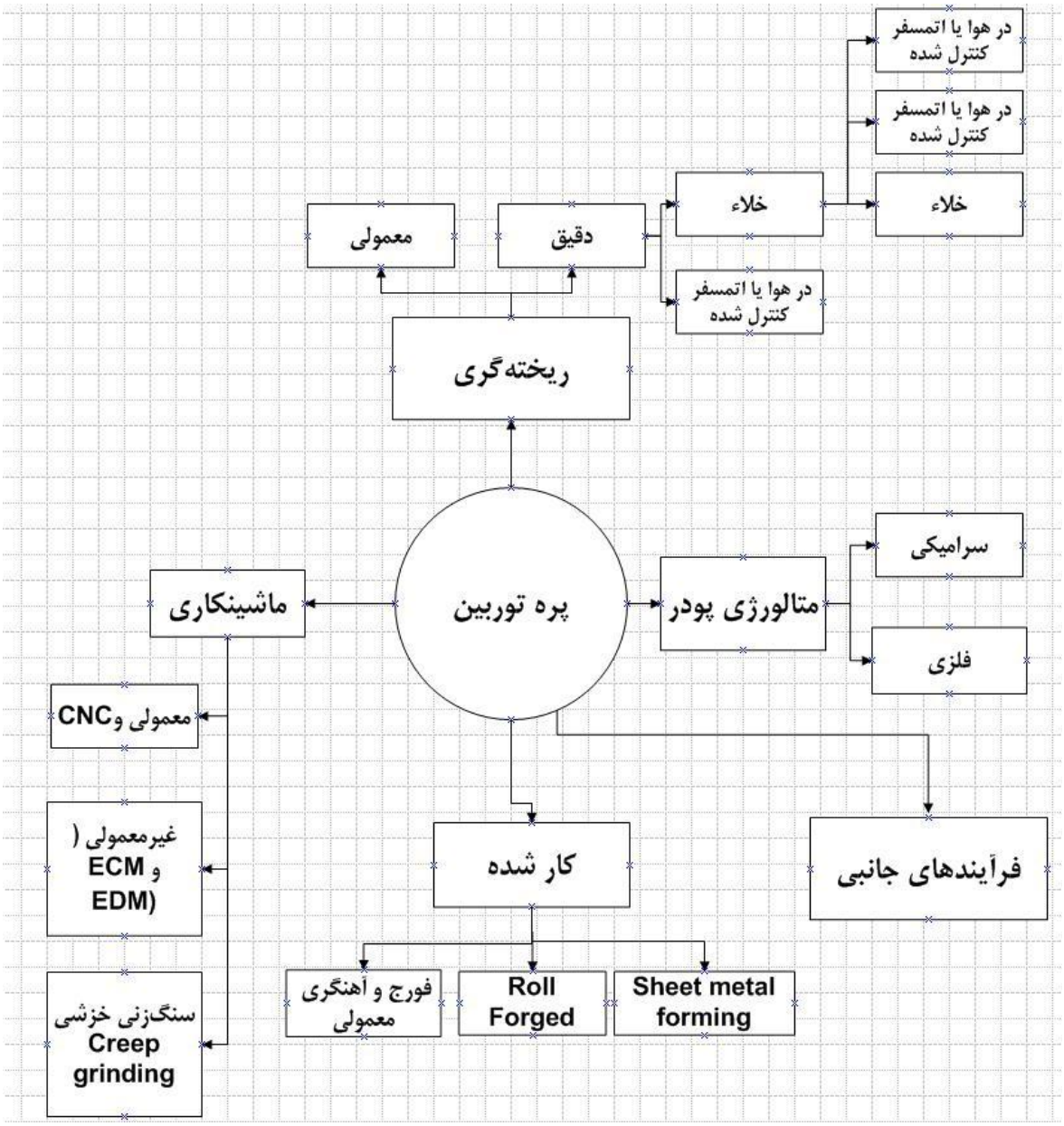
شکل (۲-۸) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت شکل‌دهی



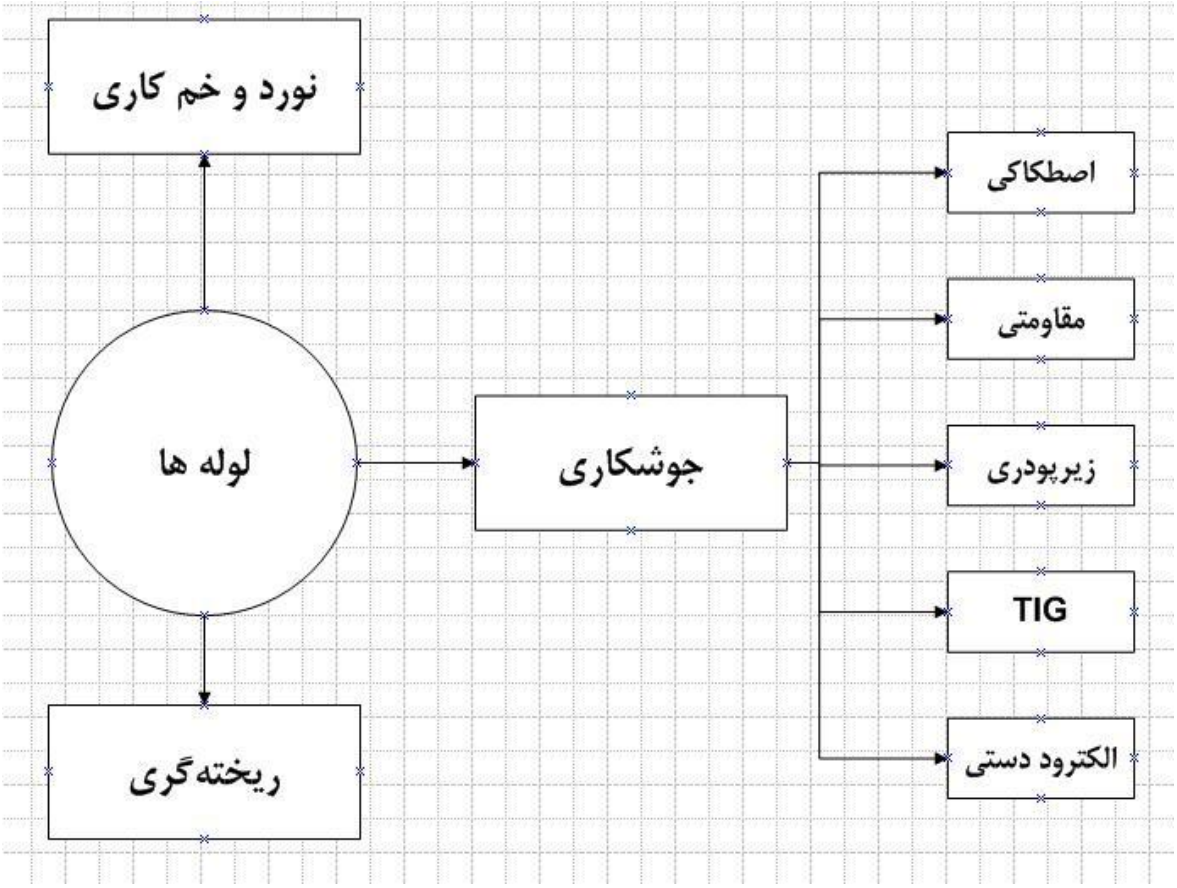
شکل (۲-۹) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مربوط به فناوریهای ساخت پوسته‌ها



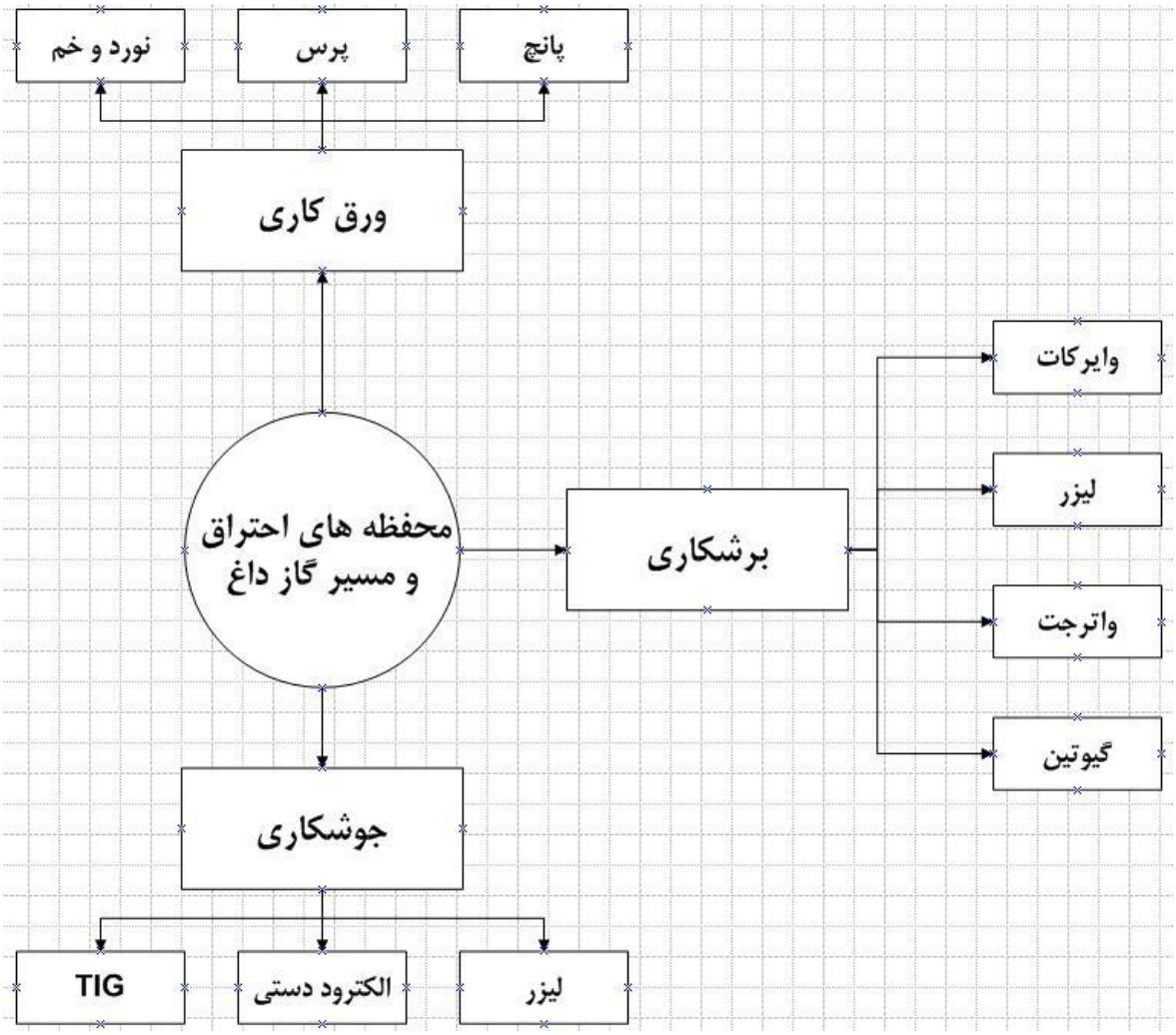
شکل (۲-۱۰) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی از دیدگاه انواع مواد مصرفی



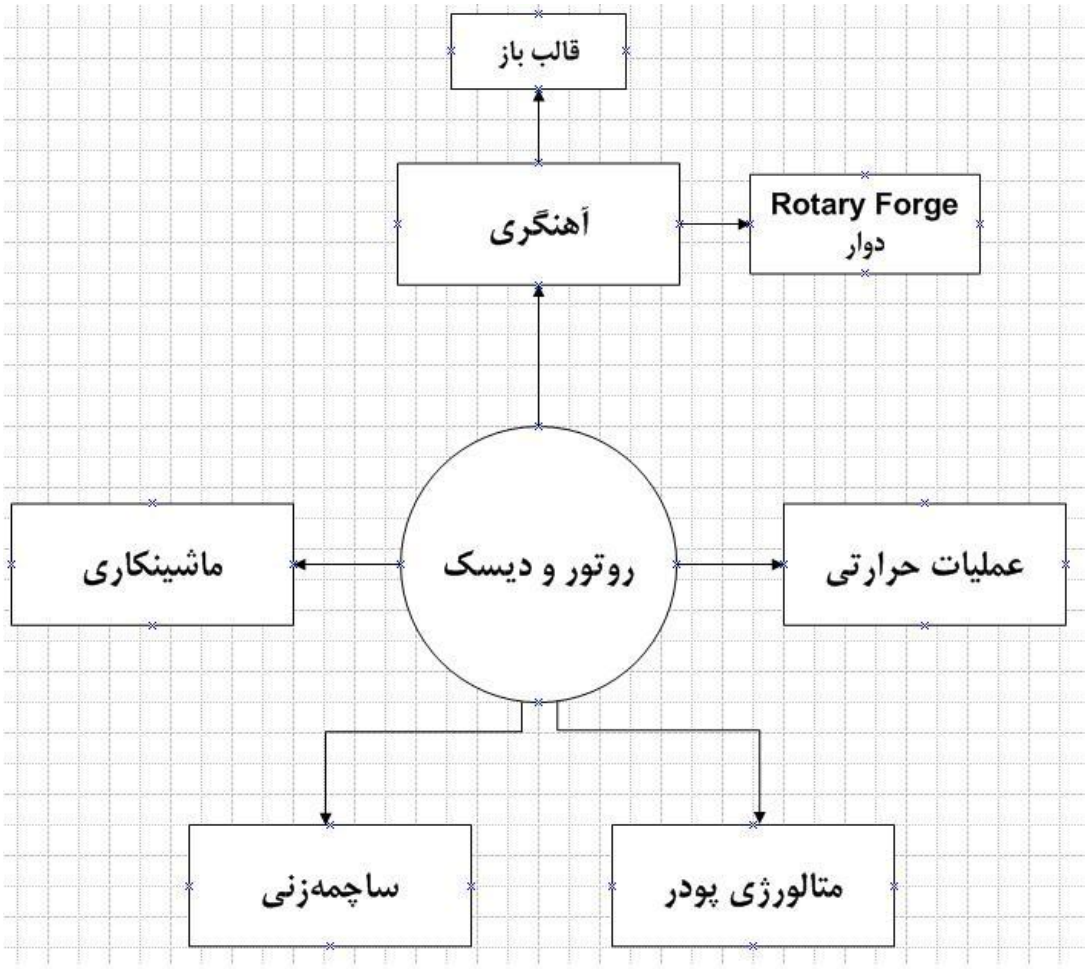
شکل (۲-۱۱) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت پره‌ها



شکل (۲-۱۲) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت لوله‌ها



شکل (۲-۱۳) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت محفظه های احتراق و مسیر گاز داغ



شکل (۲-۱۴) درخت توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای ساخت روتور و دیسک

۲-۲-آینده پژوهی دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در این بخش با توجه به عدم قطعیت‌های موجود و شناسایی آنها، آینده‌های محتمل برای فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی خواهد شد.

آینده‌پژوهی دانش و معرفتی است که منجر به باز شدن دید سیاستگذاران نسبت به رویدادها، فرصت ها و چالشهای احتمالی آینده شده و از طریق کاهش ابهامها و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخابهای هوشمندانه را افزایش می‌دهد. دانش حاصل از آینده پژوهی این اجازه را به سیاستگذاران میدهد تا بدانند که به کجاها می توانند بروند (آینده‌های اکتشافی) و به کجاها باید

بروند (آینده های هنجار). آینده پژوهی مشتمل بر مجموعه تلاش‌هایی است که با استفاده از تجزیه و تحلیل منابع، الگوها و عوامل تغییر و یا ثبات، به تجسم آینده های بالقوه و برنامه ریزی برای آنها می‌پردازد. به عبارت دیگر، آینده پژوهی منعکس می‌کند که چگونه از دل تغییرات امروز، واقعیت فردا تولد می‌یابد. یکی از پیش فرض های آینده پژوهی اذعان به وجود گزینه های متعدد آینده است. در مباحث آینده پژوهی، منظور از آینده درنظرگیری سه حالت آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب است .

آینده ممکن هر چیزی اعم از خوب یا بد، محتمل یا بعید است، که می‌تواند در آینده روی دهد. آینده محتمل، آینده ممکنی است که به احتمال زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست. آینده مطلوب نیز، آینده محتملی است که مطلوب و مرجح باشد.

در اینجا لازم است تا بیان گردد که آینده پژوهی روش‌های تعریف شده‌ای دارد که لازم است در این طرح این روش‌ها دنبال گردند. هدف از آینده پژوهی در این مطالعه بررسی وضعیت و روند توسعه فناوری‌ها در دنیا است صرف نظر از قلمروهای جغرافیایی، تا بر اساس آن احیانا در مراحل بعد فناوری هایی انتخاب نشوند که در دنیا در حال کنار گذاشته شدن هستند. آینده فناوری‌های مورد نظر در این طرح مواردی است که ما در این پروژه به دنبال ساختن آنها هستیم. بنابراین مشخص کردن این آینده در این بخش از پروژه بطور کامل امکان پذیر نبوده و لازم است در مراحل بعدی پروژه و بر اساس روش‌های تایید شده این کار انجام شود.

ذکر این نکته در این مجال بسیار حیاتی است که در نظر داشته باشیم که بررسی روند و وضعیت توسعه فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ در دنیا و انطباق آن با کشور، دقت، دانش و حساسیت ویژه‌ای را نیازمند است. بایستی بخاطر داشته باشیم که کشور ما در حال حاضر با تکنولوژیهای روز دنیا در زمینه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فاصله‌ای چند ده ساله داشته و لذا آگاهی از این فاصله در حین تصمیم‌گیری بسیار ضروری است. علاوه بر این، پیگیری نیازهای کوتاه مدت کشور در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی بسیار حیاتی است و این امر بخصوص با در نظر داشتن شرایط سیاسی و اجتماعی کشور اهمیت دوچندانی می‌یابد.

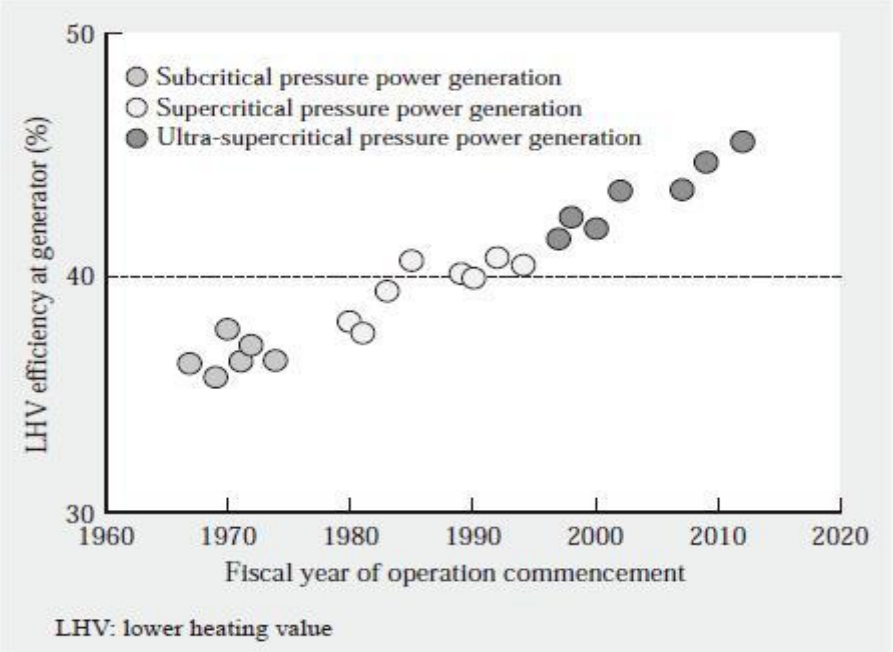
با توجه به بررسی‌های انجام شده، مطالعات تطبیقی مربوط به روند توسعه این تکنولوژیها در دنیا (ارائه شده در بخش‌های قبلی گزارش حاضر و متعاقب آن ترسیم درخت های فناوری در بخش ۲-۱) و جمع‌بندی نظرات اولیه در کمیته راهبری این طرح، نتایج اولیه مربوط به آینده پژوهشی توسعه تکنولوژی دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی به شرح ذیل ارائه

می‌شوند. بدیهی است که این نتایج در گزارش‌های مراحل آتی پروژه بازنگری و با تفصیل بیشتر ارائه خواهند شد. در این بخش از گزارش، در ابتدا بر اساس مطالعات مطرح شده در بخشهای قبلی گزارش، مجددا مروری بر روند رو به پیشرفت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در دنیا و تکنولوژی ساخت آنها بر اساس مطالعات انجام شده بعمل می‌آید و سپس وضعیت کنونی و آینده احتمالی این مواد و قطعات در داخل کشور ترسیم می‌شود. در مراحل بعدی پروژه نیز، با استفاده از الگوهای مناسب نسبت به انتخاب اولویتهای لازم متناسب با مسائل فنی و اقتصادی کشور اقدام خواهد شد.

۲-۲-۱- بررسی و مطالعه روند ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در کشورهای پیشرفته دنیا

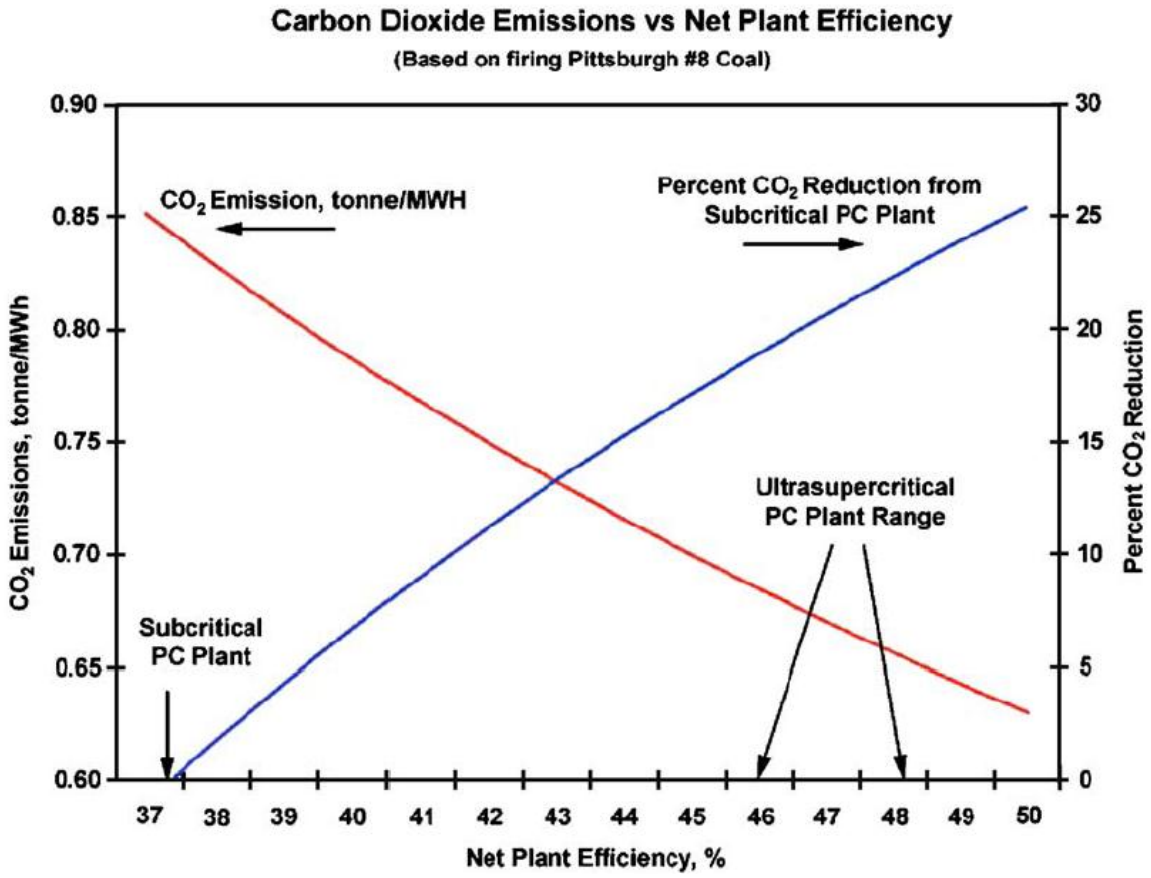
با توجه به اینکه چنین اطلاعاتی پیشتر در بخش‌های فوق‌الذکر از گزارش به تفصیل بیان گردیده است، در این بخش تنها به خلاصه‌ای از نتایج گردآوری شده از مطالعات روند پیشرفت آتی این مواد و قطعات داغ نیروگاهی پرداخته می‌شود.

مطالعات انجام شده نشان می دهد که در بخش واحدهای بخاری مولد برق، روند آتی جهانی به سوی واحدهای سوپرکریتیکال و التراسوپرکریتیکال می‌باشد. شکل (۲-۱۵) روند توسعه واحدهای بخاری را نشان می‌دهد.



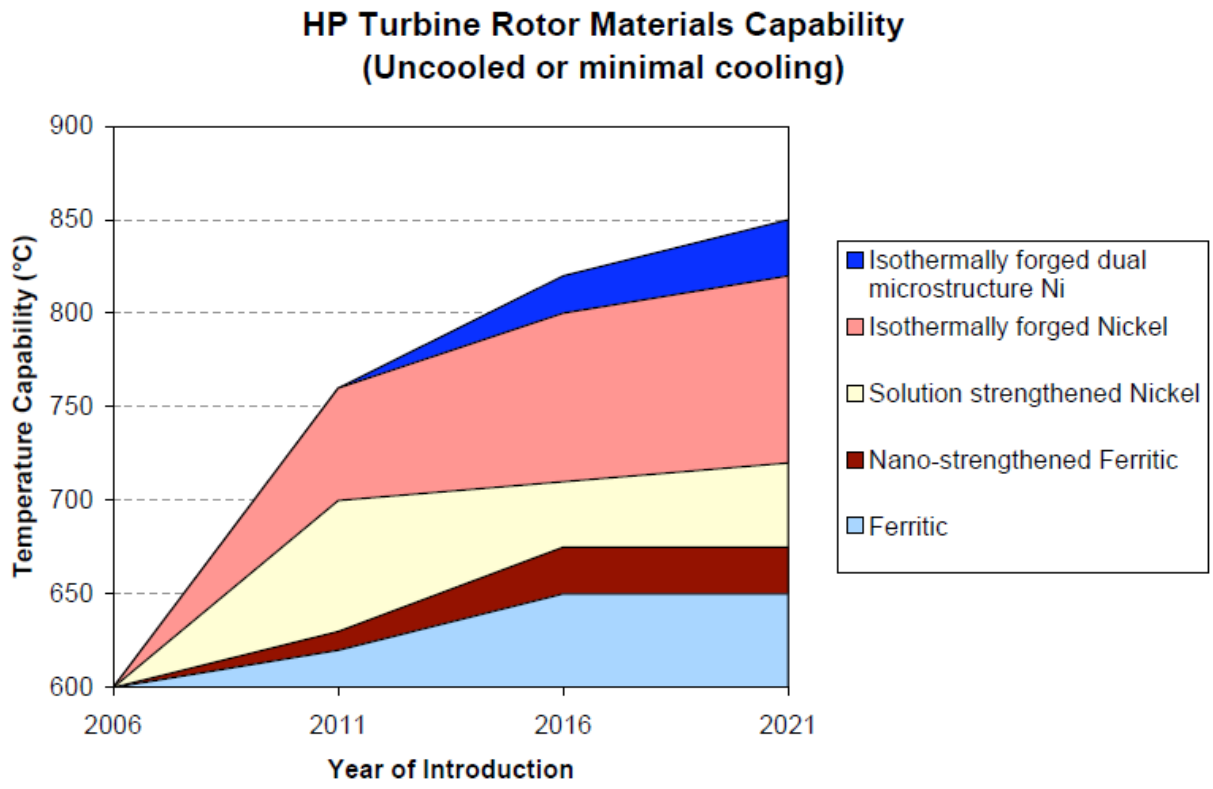
شکل (۲-۱۵) روند توسعه آتی واحدهای بخاری تولید انرژی در دنیا

همانگونه که از شکل فوق مشاهده می‌شود، نیروگاههای بخاری از سالها قبل به منظور بهبود بازدهی، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و نیز امکان تولید و توان بیشتر به سوی نیروگاههای با راندمان بیشتر رشد داشته‌اند (شکل ۲-۱۶). این امر در این نیروگاهها از طریق افزایش دما و فشار کاری واحدهای بخاری صورت پذیرفته و واحدهای با دمای کاری ۷۶۰-۶۰۰ درجه سانتیگراد و فشار کاری ۳۶-۳۲ مگاپاسکال به بازار تولید انرژی عرضه شده‌اند و یا عرضه خواهند شد. بر اساس برنامه پیشنهادی DOE و EPRI واحدهای تولید بخار در امریکا بایستی تا سال ۲۰۱۰ با بخار با دمای ۶۷۷° C و تا سال ۲۰۲۰ جهت کار در دمای ۷۶۰ °C طراحی و ساخته شوند. تحت این شرایط کاری سخت و بخصوص برای قطعاتی نظیر لوله‌های سوپرهیتر، پره‌ها و حتی روتور، مواد سنتی و معمولی جوابگو نبوده و تغییرات وسیعی در مواد مصرفی صورت پذیرفته است.

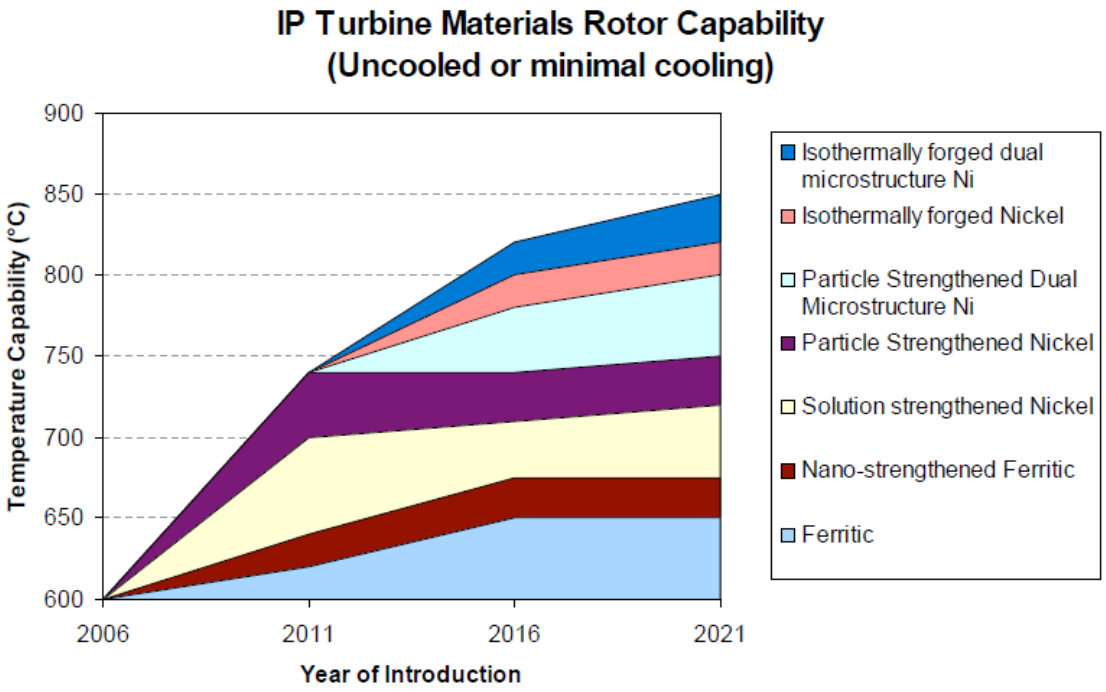


شکل (۲-۱۶) بهبود بازدهی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی با استفاده از واحدهای بخاری پیشرفته‌تر سوپرکریتیکال و الترا سوپرکریتیکال نسبت به واحدهای قدیمی‌تر سابکریتیکال

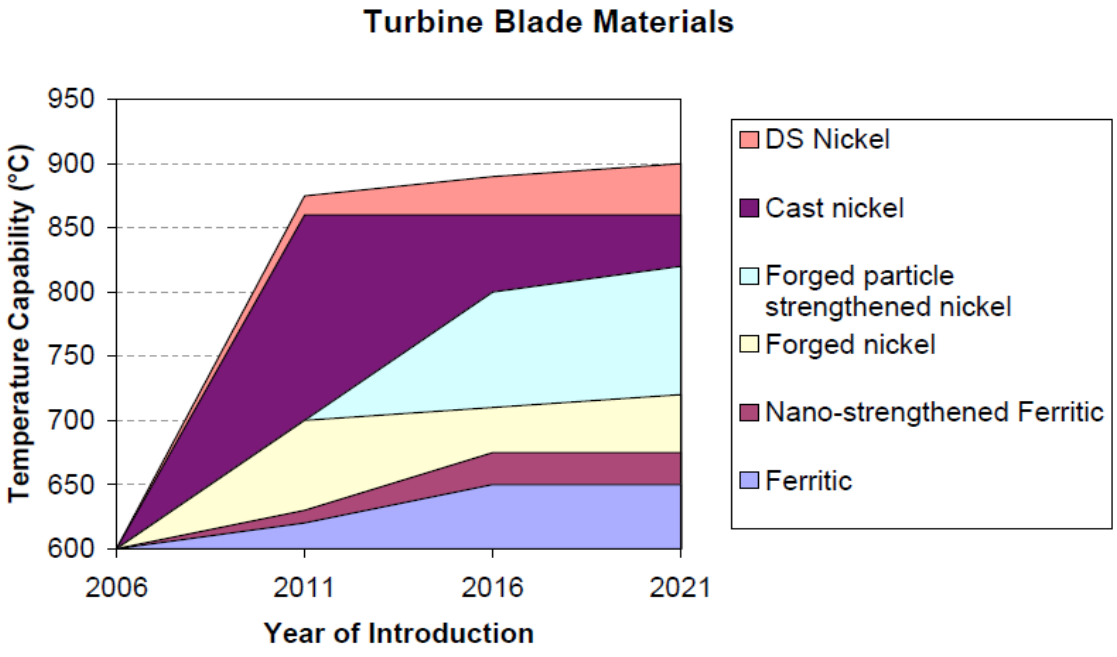
بر اساس گزارش منتشر شده از سوی DOE مواد مختلف مورد نیاز برای ساخت بخشهای روتور HP و IP، پرههای متحرک و ساکن توربین، پوششهای مقاوم به سایش و خوردگی و پوسته توربین واحدهای سوپرکریتیکال فوق پیشرفته مطابق با شکلهای ۲-۱۷ الی ۲-۲۲ در کشور آمریکا ساخته خواهند شد. بر اساس این گزارش، انتخاب مواد برای واحدهای کنونی و آتی (۷۶۰ °C) احتمالا بصورت شکل‌های ۲-۲۳ و ۲-۲۴ خواهد بود.



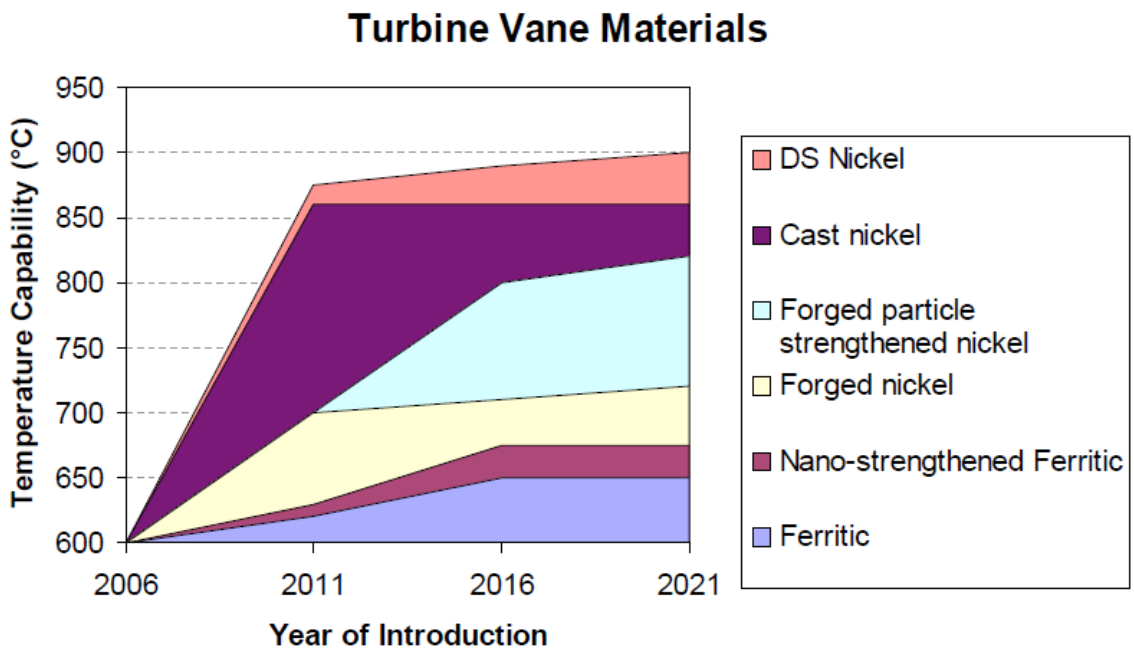
شکل (۲-۱۷) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد روتور HP



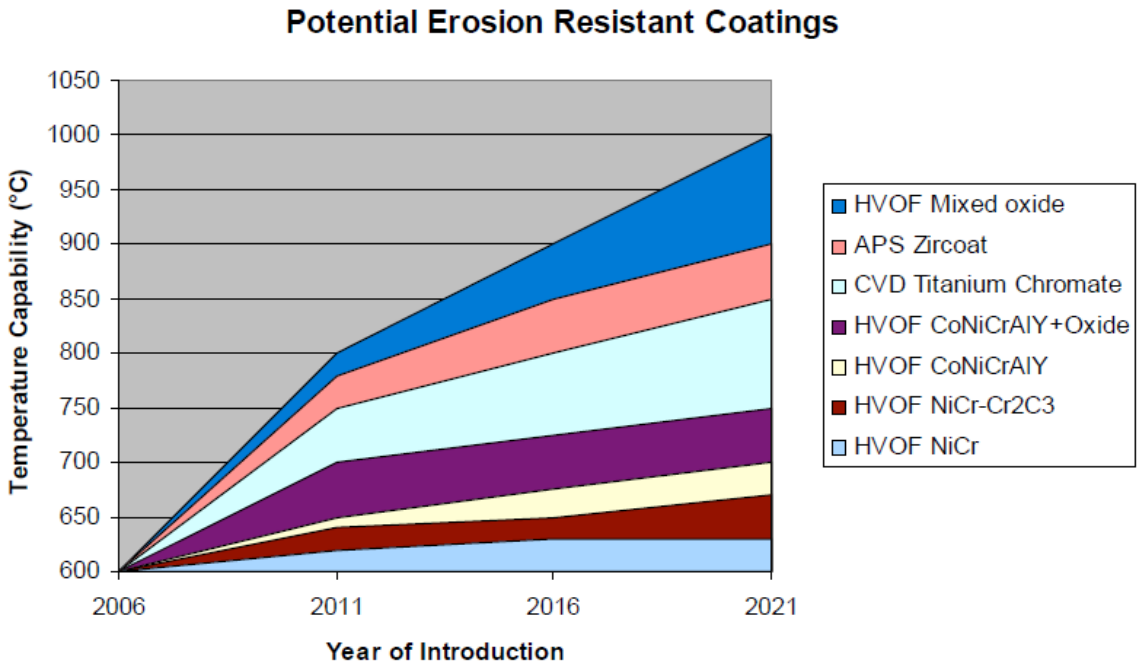
شکل (۲-۱۸) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد روتور IP



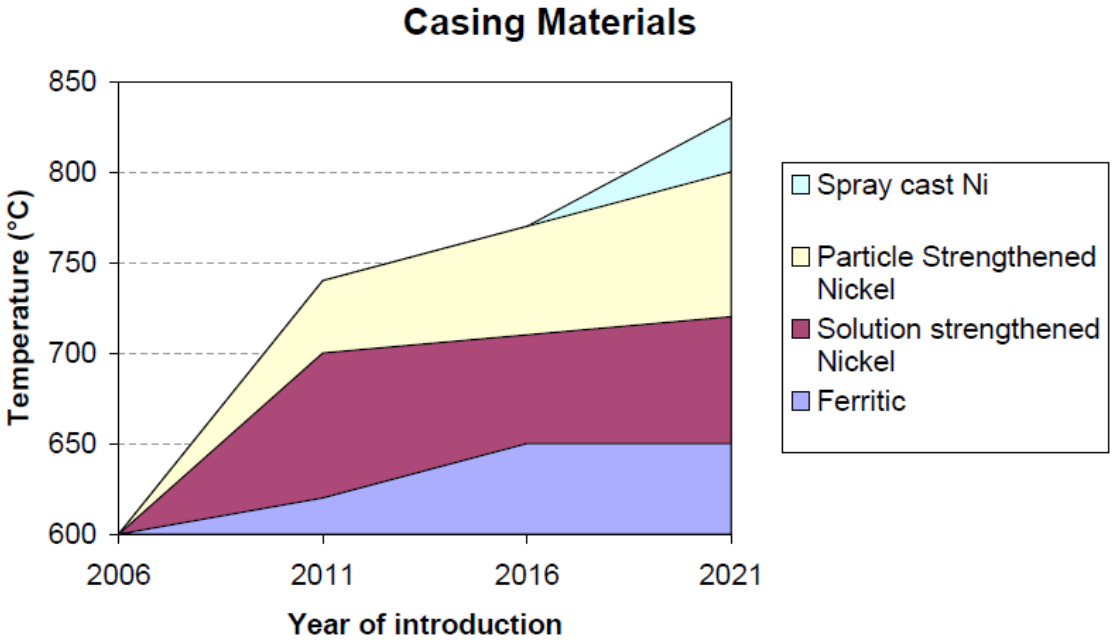
شکل (۲-۱۹) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد `پره متحرک



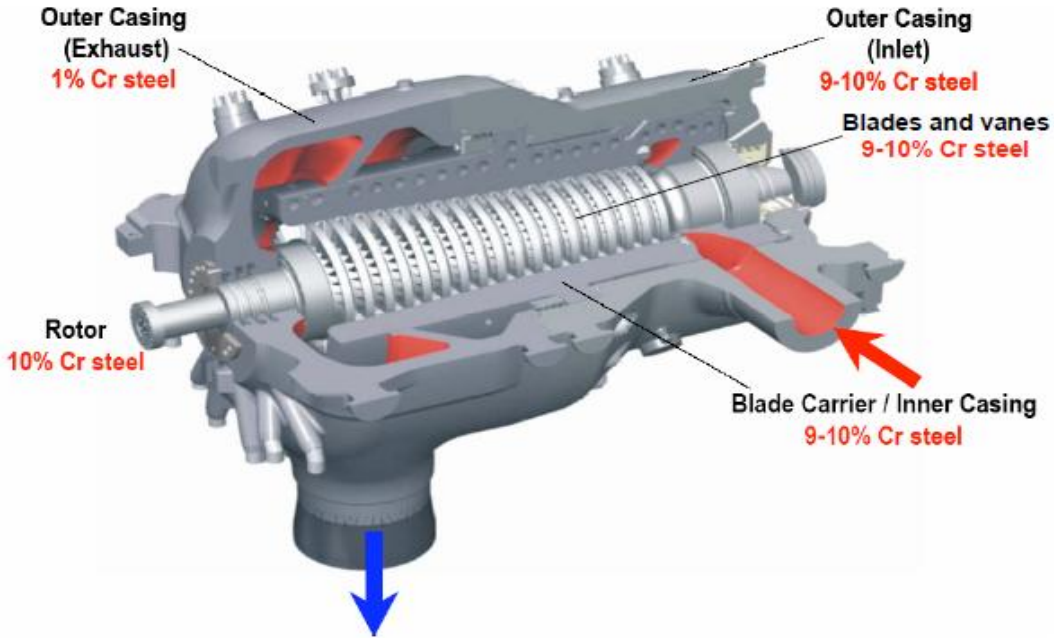
شکل (۲-۲۰) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد پره ثابت



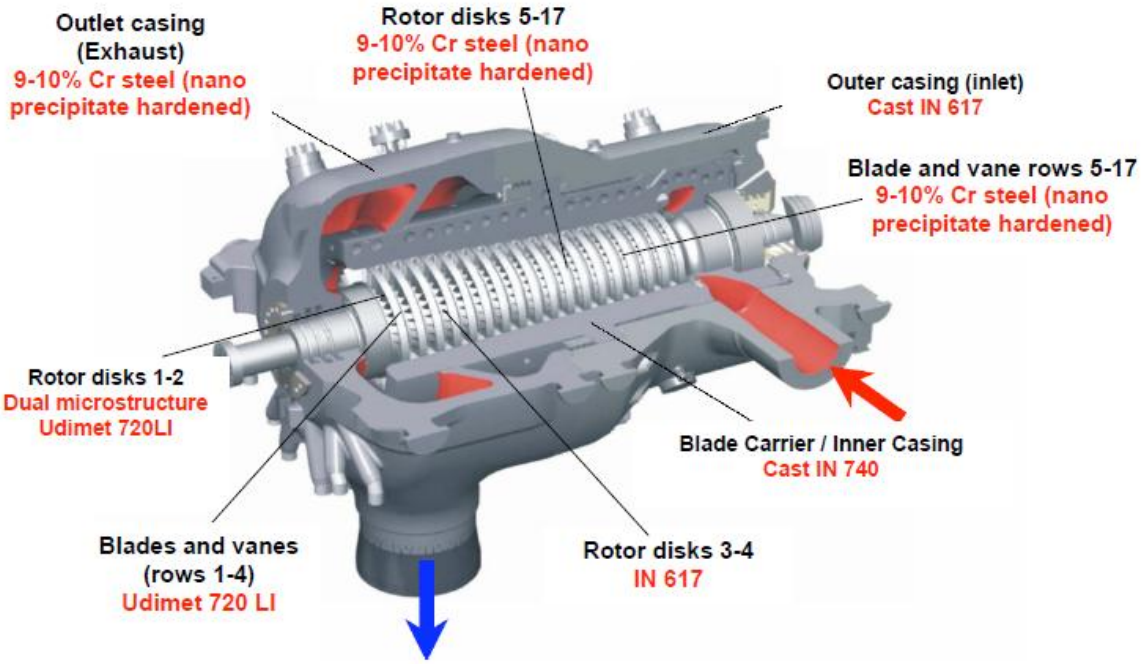
شکل (۲-۲۱) Roadmap پیشنهادی DOE برای پوششهای مقاوم به خوردگی و سایش



شکل (۲-۲۲) Roadmap پیشنهادی DOE برای مواد پوسته توربین



شکل (۲-۲۳) مواد مورد استفاده در توربین بخار با دمای ۶۰۰ °C



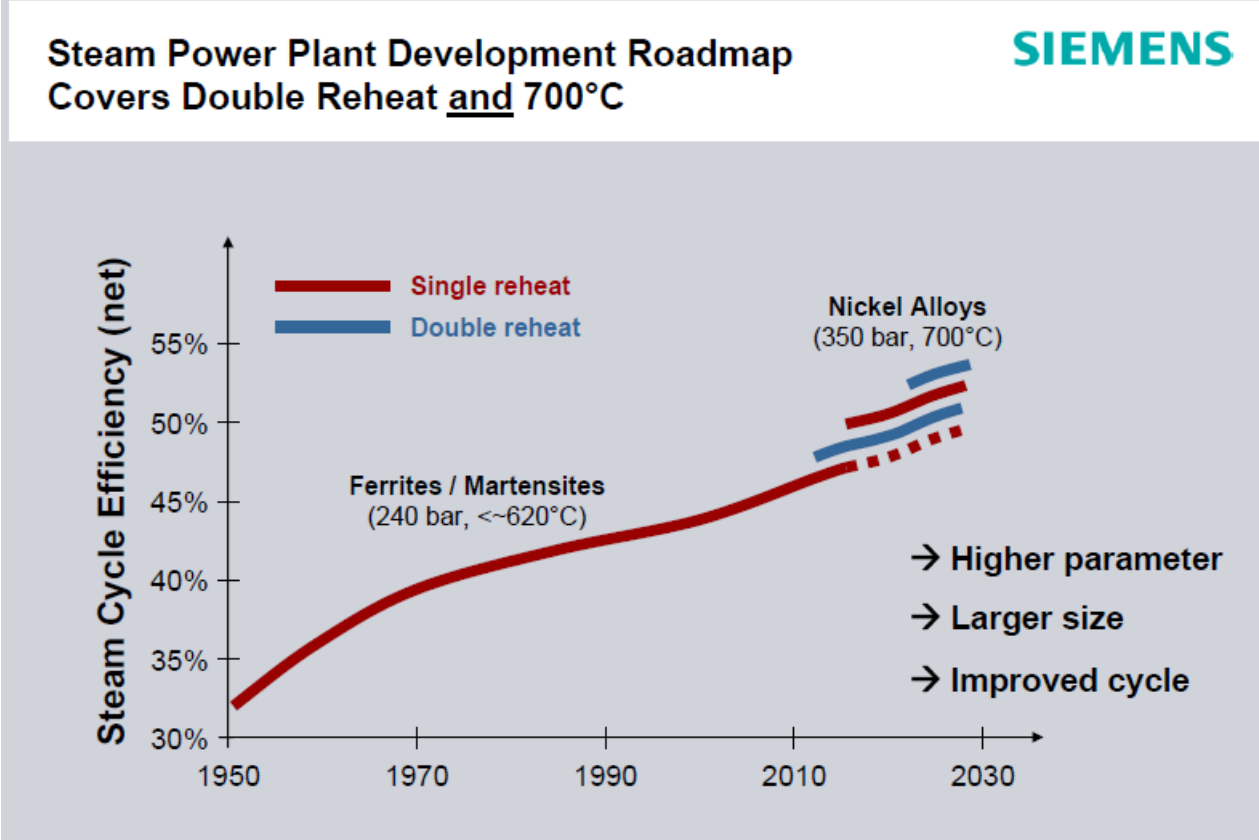
شکل (۲-۲۴) مواد احتمالی مورد استفاده در توربینهای بخار با دمای ۷۶۰ °C

جدول ۲-۱ برخی مواد پیشنهادی برای ساخت لوله های واحدهای بخاری سوپرکریتیکال را مطابق با Roadmap دپارتمان انرژی آمریکا نشان می‌دهد. همانگونه که از جدول فوق مشاهده می‌شود برای ساخت لوله‌های با شرایط کاری سخت نظیر سوپرهیترها و حتی لوله‌های ری‌هیتر، سوپرآلیاژها تنها مواد مصرفی می‌باشند در حالیکه در واحدهای موجود در کشور ما که جزء واحدهای قدیمی می‌باشند، به هیچ عنوان از سوپرآلیاژ استفاده نشده است.

جدول (۲-۱) برخی مواد پیشنهادی و مصرفی در ساخت لوله‌های واحدهای بخاری التراسوپرکریتیکال

Alloy	Nominal Composition	Developer	Application
Haynes 230	57Ni-22Cr-14W-2Mo-La	Haynes	P, SH/RH Tubes
INCO 740	50Ni-25Cr-20Co-2Ti-2Nb-V-Al	Special Metals	P, SH/RH Tubes
CCA 617	55Ni-22Cr-.3W-8Mo-11Co-Al	VDM	P, SH/RH Tubes
HR6W	43Ni-23Cr-6W-Nb-Ti-B	Sumitomo	SH/RH Tubes
Super 304H	18Cr-8Ni-W-Nb-N	Sumitomo	SH/RH Tubes
Save 12	12Cr-W-Co-V-Nb-N		P
T92	9Cr-2W-Mo-V-Nb-N	Nippon Steel	WW Tubes
T23	2-1/4Cr-1.5W-V	Sumitomo	WW Tubes
HCM12	12Cr-1Mo-1W-V-Nb	----	WW Tubes
P - pipe			

شکل ۲-۲۵ Roamap شرکت زیمنس را تا افق سال ۲۰۳۰ میلادی برای ساخت واحدهای التراسوپرکریتیکال پیشرفته همراه با مواد اصلی مصرفی در ساخت قطعات نشان می‌دهد. همانگونه که از این شکل مشخص است سوپرآلیاژهای پایه نیکل در این واحدهای پیشرفته نقش حیاتی دارند.



شکل (۲-۲۵) مواد احتمالی مورد استفاده در توربینهای بخار با دمای ۷۰۰ °C مربوط به شرکت زیمنس

موسسه IEA که بخشی از فعالیتهای تحقیقاتی مرتبط با انرژی در اتحادیه اروپا را انجام می‌دهد، اذعان نموده است که در کشور چین اولین واحدهای التراسوپرکریتیکال با دمای کاری ۷۰۰ درجه سانتیگراد در سال ۲۰۲۱ ساخته خواهند شد. همچنین در کشور هند نیز در همین محدوده سالها، واحدهای فوق به بهره‌برداری خواهند رسید. بنا بر نظر این موسسه سوپرآلیاژهای پایه نیکل و Ni-Fe در ساخت قطعات این واحدها بکار گرفته خواهند شد. در ژاپن نیز واحدهای با دمای کاری ۷۰۰ درجه سانتیگراد و با راندمان ۴۸٪ مقرر شده که تا سال ۲۰۲۰ به مرحله تجاری شدن برسند.

با بررسی جامع اطلاعات منتشر شده در خصوص واحدهای بخاری مشخص است که در آمریکا محدوده دمایی واحدها در حدود ۶۰ درجه سانتیگراد بالاتر از اروپا و ژاپن لحاظ شده است. جدول ۶-۲ برخی از مواد پیشنهادی و مورد استفاده برای ساخت قطعات داغ توربینهای بخار با طراحی سوپرکریتیکال را که توسط شرکتهای مختلف پیشنهاد شده است، نشان می‌دهد. همانگونه که از این جدول مشاهده می‌شود سوپرآلیاژها و بخصوص سوپرآلیاژهای کارشده پایه نیکل مهم‌ترین سازنده‌های این قطعات می‌باشند.

جدول (۲-۲) برخی مواد پیشنهادی و مصرفی در ساخت قطعات داغ توربین واحدهای بخاری التراسوپرکریتیکال

Component	566°C	620°C	700°C	760°C
Casings/Shells (valves; steam chests; nozzle box; cylinders)	CrMoV (cast) 10CrMoVNb	9-10%Cr(W) 12CrW(Co) CrMoWVNbN	CF8C+ CCA617 Inconel 625 IN 718 Nimonic 263	CCA617 Inconel 740
Bolting	422 9-12%CrMoV Nimonic 80A IN718	9-12%CrMoV A286 IN718	Nimonic 105 Nimonic 115 Waspaloy IN718	U700 U710 U720 Nimonic 105 Nimonic 115
Rotors/Discs	1CrMoV 12CrMoVNbN 26NiCrMoV11 5	9-12%CrWCo 12CrMoWVNbN	CCA617 Inconel 625 Haynes 230 Inconel 740	CCA617 Inconel 740
Vanes/Blades	422 10CrMoVNbN	9-12%CrWCo	Wrought Ni-base	Wrought Ni-base
Piping	P22	P92	CCA617	Inconel 740

جهت آشنایی بیشتر با ترکیب شیمیایی آلیاژهای ذکر شده در جداول فوق، جدول ۲-۳ ارائه شده است. این اطلاعات بخوبی نشان می‌دهد که استفاده از لوله های فولاد معمولی فریتی/پرلیتی در نیروگاههای بخاری پیشرفته آینده بسیار محدود خواهد بود.

جدول (۲-۳) ترکیب شیمیایی مواد پیشنهادی و مصرفی در نواحی مختلف دنیا جهت ساخت قطعات داغ واحدهای بخاری التراسوپرکریتیکال

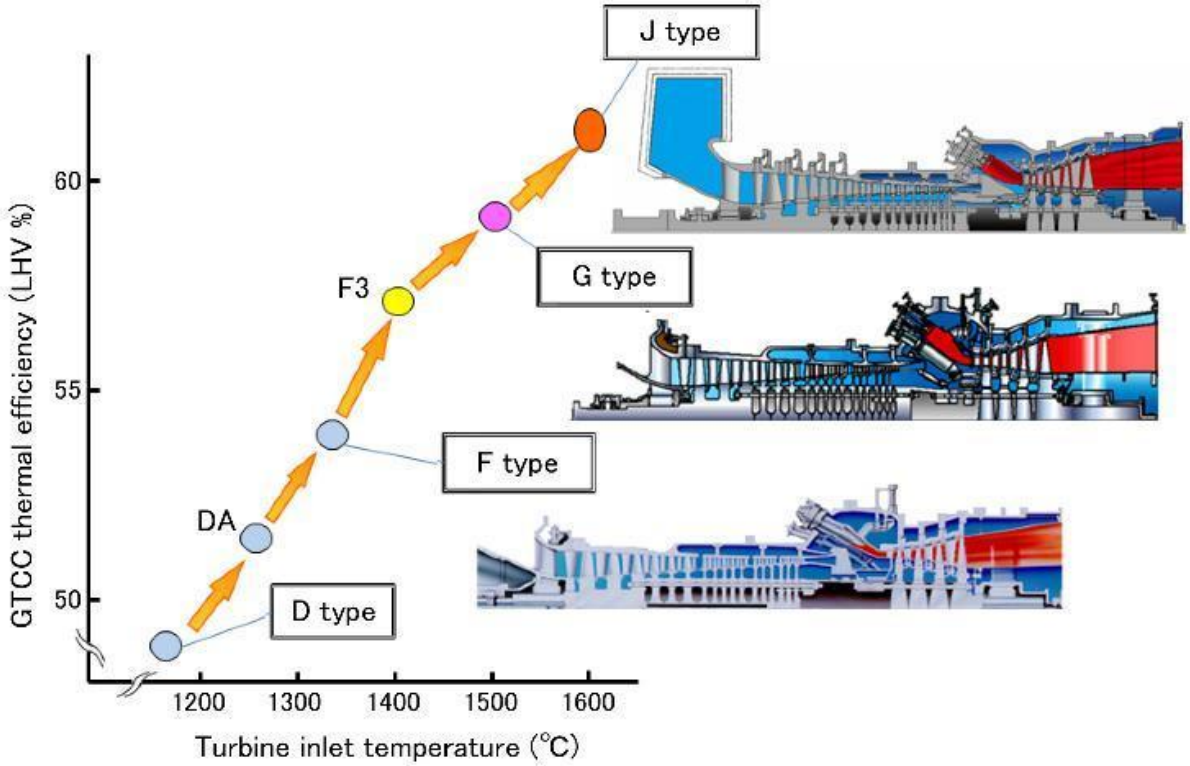
Alloy	Fe	Ni	C	Co	Cr	Nb	Mo	W	Ti	Al
T92	Bal	0.4	0.1	—	9	0.1	0.5	1.8	—	—
Type 422	Bal	0.7	0.22	—	12	—	1	1	—	—
T122	Bal	0.3	0.1	—	12	0.05	0.4	2	—	—
Nimonic 901	Bal	42.5	0.04	1	12.5	—	6	—	3	0.3
A286	Bal	26	0.05	—	15	—	1	—	—	2
Type 316	Bal	11-14	<0.08	—	16-18	—	2-3	—	—	—
Refractaloy 26	Bal	36	0.03	19	18	—	3	—	2.6	—
CF8C	Bal	10	0.08	—	19.5	0.85	—	—	—	—
N155	Bal	20	0.15	20	21	—	3	2.5	—	—
Haynes 230	3	Bal	0.1	5	22	—	2	14	—	0.3
Hastelloy X	18.5	Bal	0.1	1.5	22	—	9	0.6	—	—
CCA617	0.7	Bal	0.06	12	22	—	9	—	0.4	1.2
Inconel 625	3	Bal	0.05	22	—	9	—	0.2	0.2	3
Inconel 740	2	Bal	0.07	20	24	2	0.5	—	2	1
IN706	40	Bal	0.03	0.5	16	—	0.5	—	2	0.2
IN718	—	Bal	0.04	—	19	5	3	—	1	0.5
IN939	—	Bal	0.15	19	22	1	—	2	3.7	1.9
Nimonic 80A	5	Bal	0.1	2	20	—	—	—	3	2
Nimonic 105	1	Bal	0.2	20	15	—	5	—	2	4
Nimonic 115	—	Bal	0.2	15	15	—	4	—	4	5
Nimonic 263	1	Bal	0.06	20	20	—	6	—	2	0.5
U700	1	Bal	0.15	18.5	15	—	5.2	—	3.5	4.25
U710	—	Bal	0.07	15	18	—	3	1.5	5	2.5
U720	—	Bal	0.01	14.7	16	—	3	1.25	5	2.5
Waspaloy	2	Bal	0.07	14	20	—	4	—	3	1

مرور مطالعات انجام شده همچنین نشان می‌دهد که در بخش واحدهای گازی مولد برق، روند آتی جهانی به سوی واحدهای با راندمان بیشتر می‌باشد. شکل (۲-۲۶) روند توسعه واحدهای گازی را در شرکت GE و شکلهای (۲-۲۷) و (۲-۲۸) روند توسعه واحدهای گازی را در شرکتهای میتسوبیشی و زیمنس نشان می‌دهد. این واحدهای گازی پیشرفته پس از تستهای اولیه در حوالی سالهای ۲۰۲۰ بصورت تجاری شده به بازار عرضه خواهند شد. همانگونه که مشاهده می‌شود مهمترین اهداف این ارتقاء واحدهای گازی، دسترسی به راندمان بیشتر، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و افزایش توان واحدهای گازی بوده است.

این بررسیها و مطالعات نشان می‌دهد که واحدهای گازی آتی در دنیا با دماهای ورودی گاز بسیار بالا به توربین در حدود ۱۴۰۰–۱۶۰۰ درجه سانتیگراد کار خواهند کرد و لذا مواد مصرفی در قطعات داغ توربین بایستی مقاومت بسیار بالایی دارا باشند. همانگونه که در بخشهای قبلی گزارش و همچنین شکل (۲–۲۹) نشان داده شده است استفاده از سوپرآلیاژهای با مقاومت بالا (مثلا سوپرآلیاژهای تک کریستال برای ساخت پره‌ها)، استفاده از پوشش‌های عایق حرارتی و نیز بهبود سیستم خنک‌کنندگی قطعات داغ از جمله مهم‌ترین روش‌های کاربردی برای بهبود قابلیت مواد برای عملکرد مناسب در توربینهای جدید می‌باشد. علاوه بر این، استفاده از سوپرآلیاژهای تقویت شده با ذرات اکسیدی ODS، استفاده از آلیاژهای مقاوم بر مبنای Pt و Mo، استفاده از قطعات سرامیکی و کامپوزیتی و دیگر مواد نو نیز هم اکنون توسط برخی از سازندگان مهم توربینهای گازی در دنیا در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارد و می‌تواند در توربین‌های گازی آتی سهمی داشته باشد.

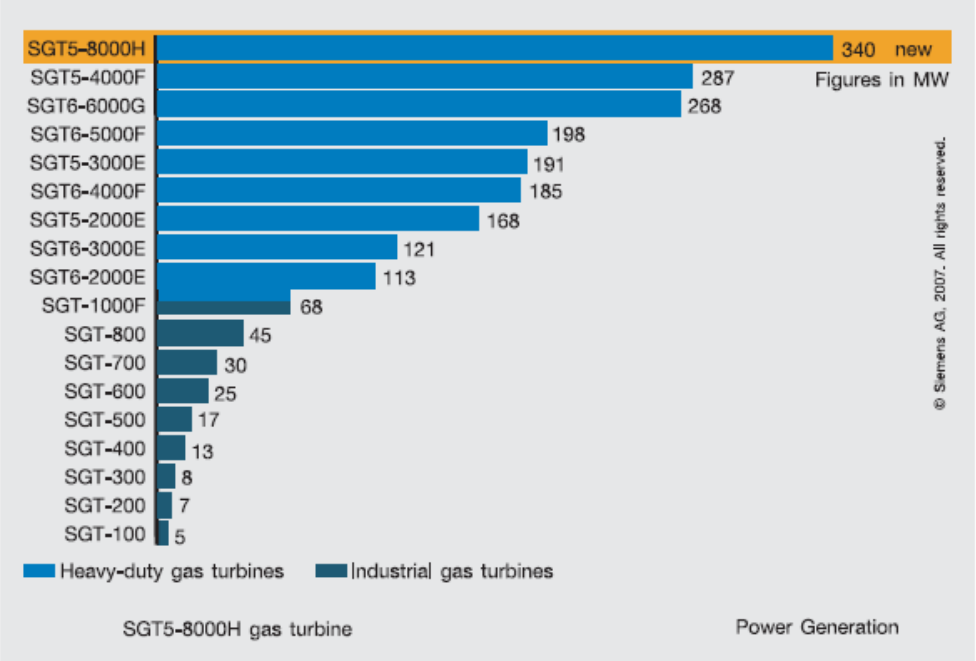
تکنولوژی ساخت این مواد نیز بطور عمده در گزارشهای مرحله اول و گزارش حاضر ذکر شده است. این تکنولوژی‌ها برای ساخت قطعات سوپرآلیاژی شامل روشهای ریخته‌گری (انواع ریخته‌گری‌های معمولی، جهت‌دار و تک کریستال) همراه با روشهای کارگرم و کار سرد می‌باشد. پوشش‌های جدید نیز بطور عمده توسط روش‌هایی مثل پلاسما اسپری، EBPVD، HVOF و ... اعمال می‌شوند که توضیحات مفصل در بخشهای قبلی گزارش آورده شده است. برای ساخت مواد و قطعات نو نیز بطور عمده از روشهای ذکر شده در گزارش شامل روشهای ریخته‌گری، کارگرم و سرد، متالورژی پودر و ... استفاده می‌شود که بطور مفصل در بخشهای قبلی گزارش و در درخت‌های فناوری در بخش ۶–۱ ارائه شده‌اند.

شکل (۲–۲۶) روند توسعه کنونی و آتی واحدهای گازی و سیکل ترکیبی تولیدی در شرکت GE

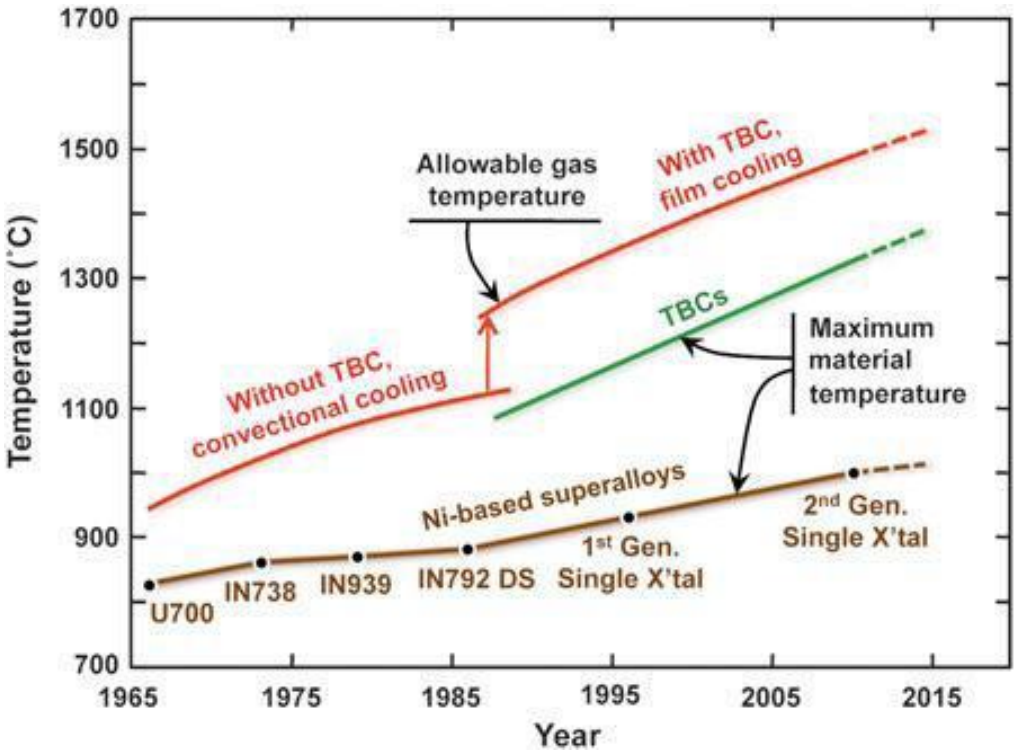


	60Hz unit		50Hz unit
Type	M501J	M501JAC	M701J
Rotating speed	3600rpm	3600rpm	3000rpm
GTCC output (generating-end)	470MW	450MW	680MW
GTCC efficiency (generating-end, on the LHV base)	61% or more	61% or more	61% or more
Compressor/pressure ratio	15 stages/23		
Combustor	Steam-cooled, 16 cans	Air-cooled, 16 cans	Steam-cooled, 22 cans
Turbine	Row 1-4 rotating blade, air-cooled Row 1-3 stationary vane, air-cooled Row 4 stationary vane, non-cooling		

شکل (۲-۲۷) روند توسعه کنونی و آتی واحدهای گازی و سیکل ترکیبی تولیدی در شرکت میتسوبیشی



شکل (۲-۲۸) روند توسعه کنونی و آتی واحدهای گازی در شرکت زیمنس



شکل (۲-۲۹) روند توسعه مواد و روش ساخت قطعات در واحدهای گازی با افزایش دمای کاری واحد

۲-۲-۲-آینده ممکن دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

آینده ممکن دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی دربرگیرنده تمامی سناریوهای قابل پیش‌بینی در این حوزه است. با توجه به مطالعات انجام گرفته آینده ممکن در حوزه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را می‌توان در دو بخش مواد داغ و قطعات داغ مورد بررسی قرار داد که با توجه به ارتباط تنگاتنگ این دو موضوع، در ادامه در خصوص هر دوی آنها بطور مشترک پرداخته خواهد شد.

آینده ممکن مواد و قطعات داغ نیروگاهی در دو حوزه بین‌المللی و ملی قابل بررسی است. هرچند این دو حوزه کاملا وابسته به یکدیگر بنظر می‌رسند ولی به دلیل برخی شرایط خاص داخل کشور ازجمله تحریمهای ظالمانه بین‌المللی در زمینه مواد و تکنولوژی‌های جدید و اقتصاد مقاومتی بعنوان راهگشای غلبه بر اثر تحریمها، بررسی موضوع دقت ویژه‌ای را طلب می‌نماید.

از منظر بین‌المللی با توجه به پیشرفت و توسعه مواد نو از یک سو و هزینه جایگزینی مواد، مشکلات زیست محیطی نیروگاههای حرارتی و کاربرد انرژی‌های نو از سوی دیگر، آینده ممکن در زمینه مواد داغ نیروگاهی را به شکل زیر می‌توان خلاصه نمود.

-الف) محدود شدن کاربرد نیروگاههای حرارتی به دلیل مشکلات زیست محیطی و مصرف بالای انرژی.

در این حالت یکی از سناریوهای محتمل کندشدن آهنگ تولید و مصرف قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی و جایگزین شدن آن با سایر نیروگاه‌ها است. این شرایط که احتمالا در سایر کشورهای دنیا و بخصوص کشورهای پیشرفته زودتر آغاز خواهد شد، نمی‌تواند در بازه های زمانی کوتاه مدت در کشور ما نقش چشمگیری داشته باشد.

-ب) استفاده از مواد جدید برای بهبود کارایی واحدهای تولید انرژی.

این سناریو که تقریبا از دهه قبل در کشورهای پیشرفته آغاز شده است بر مبنای افزایش راندمان نیروگاههای گازی تا حد امکان و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی این نیروگاهها بنا شده است. با توجه به اینکه راندمان نیروگاههای حرارتی بطور مستقیم با دمای سرویس این نیروگاهها ارتباط دارد، استفاده از مواد با تحمل دمایی بالاتر نظیر مواد سرامیکی در بخشهای داغ توربین‌های گازی و نیز استفاده از سوپرآلیاژهای مقاوم برای ساخت بخش‌های داغ واحدهای بخاری را شامل می‌شود. استفاده از مواد کامپوزیتی، آلیاژهای دیرگدازتر بر پایه پلاتین و مولیبدن، توسعه ترکیبات بین فلزی خاص و ... نیز از جمله فعالیتهای مرتبط در این زمینه است که در حال حاضر فعالیتهای تحقیق و توسعه زیادی روی آنها در دنیا در حال انجام است. لازم به ذکر

است که هرچند فعالیت‌های نسبتا گسترده‌ای در این خصوص در دنیا در حال انجام است، لیکن به نظر می‌رسد که تـا اسـتفاده فراگیر و مطمئن این قطعات در واحدهای آتی تولید نیرو فاصله وجود داشته باشد.

نتیجه‌گیری

در گزارش حاضر انواع مواد داغ نیروگاهی شامل انواع فولادهای کم آلیاژی و پرآلیاژی، انواع سوپرآلیاژها، مواد جدید سرامیکی و کامپوزیتی، مواد پوشش و ... و همچنین انواع فرایندهای ساخت مواد شامل روشهای ذوب و ریخته‌گری، آلیاژسازی و تصفیه، روشهای شکل‌دهی گرم و سرد و ... به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش تکنولوژیها نیز ضمن شناسایی انواع قطعات داغ نیروگاهی برای واحدهای بخاری و گازی شامل لوله‌ها، پره‌ها، قطعات محفظه احتراق، دیسک‌ها و ... فرایندهای ساخت قطعات شامل انواع ریخته‌گری‌ها، نورد و فورج، پوشش دهی، جوشکاری و ... بطور کامل بررسی شده‌اند. بر اساس این بررسیها، درخت‌های توسعه فناوری ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بطور کامل ترسیم شد و آینده‌پژوهی لازم برای این فناوری‌ها ارائه گردید. بر اساس این نتایج، در گزارش‌های مراحل بعدی پروژه، اهداف، راهبردها و برنامه‌های بهینه برای دستیابی به نتایج مناسب ارائه خواهد گردید.

مراجع

[1] I. Stambler , " EPRI Working on Cure for 2300 ° F + Gas Turbine Hot Section Maladies" , Gas Turbine World , July - August 2000.

[2] R. K. Matta et al , "Power Systems for the 21st Century - "H" Gas Turbine Combined Cycles " , GE Power Systems , GER - 3935B , 2000.

[3] S. Aoki , "Trend and Key Technologies for Gas Turbine Combined Cycle Power Generation in a Globbally Competetive Market and Environmental Regulations" , Proceedings of 2000 International Joint Power Generation Conference , Florida , July 2000.

[4] J. Stringer et al, " Gas Turbine Hot Section Materials and Coatings in Electric Utility Applications " , Proceedings of ASM 1993 Materials Congress , Pennsylivania , 1993.

[5] K.D. Sinfield , " Industrial Gas Turbine Development and Operating Experience", IMIA Conference , Sept. 1993.

[6] M. Valenti," New Gas Turbine Designs Push the Envelope", ASME , 1997.

[7] G. Muller et al , "Large Gas Turbines - The Insurance Aspects (update) " , IMIA WG P13 , 2000.

[8] W. Day , " Overview of Turbine Systems Development ", Presented at the Advanced Turbine Systems Annnal Program Review Meeting, 1997.

[9] M. Susta et al ," Combined Cycle Power Plant Efficiency", Modern Power Systems, April 1997.

[10] "Gas Turbine World 2000 - 2001 Handbook" , 2001.

[11] E. Gebhardt , "The F Technology Experience Story", GE Power Systems , GER-3950C.

[12] M. Okazaki , "High-Temperature Strength of Ni-Base Superalloy Coatings", Science and Technology of Advanced Materials", Vol. 2 , 2001.

[13] C. T. Sims et al ,"Superalloys II" , John Wiley , Newyork , 1987.

[14]Y.Yoshioka et al ,"Effect of Material Degradation on Mcehanicl Properties of Cast Nickel Based Superollay IN738 LC ", Proc. ASM 1993 Mat. Cong., 1993.

[15] D. M. Shah et al, "Superalloys 1984" , 1984.

[16] K.Harris et al, Fifth Int Symp. Superalloys , 1984.

[17] WWW. Epri . com

[18] "ABB's New Gas Turbines Decouple Efficiency and Temperature", Turbomachinary International, 1994.

[19] G.L. Erickson et al , "DS and SX Superalloys for Industrial Gas Turbines", Materials for Advanced Power Engineering , Part II , 1994.

[20] K. Fulton , "63-Mw Model V64.3 Power Plants now Averaging over 99% Reliability", Gas Turbine World, July 2000.

[21] R.Farmer, "New Industrial and Marine gas Turbine Engine Models 1997-2001", Gas Turbine World , Jan. 2000.

[22] J. Ramachandran et al ,"MS6001FA - An Advanced-Technology 70-MW Class 50/60 Hz Gas Turbine", GER - 3765B.

[23] I. Stambler,"ATS Technology Being Applied to Benefit Todays Gas Turbine Designs " , Gas Turbine World, March 2000.

[24] WWW . Fetc . doe. Gov / Products/ Power / ATS

[25] P.W. Schilke ," Advanced Gas Turbine Materials and Coatings", GER - 3569F, GE Power Systems , NY, USA.

[26] J.E. Gill ," Uprate Options for the MS 900A Heavy-Duty Gas Turbine", GER - 3928A , GE Power Systems.

[27] S.C. Huang et al," Unidirectionally Solidified Cast Article and Method of Making", US Pat: 6217286 , 2001.

[28] K. Schneider," Advanced Blading", High Temp. Materials for Power Engineering, Part II, Kluwer Academic Publishers, 1990.

[29] R.F. Singer ," New Materials for Industrial Gas Turbines", Material Science and Technology, Vol. 518 , 1987.

[30] A.R. Price," ATS Land Based Turbine Casting Initiative", Proceedings of the Advanced Turbine Systems, Annual Program Review Meeting, USA , 1997.

[31] H.Huppmann et al," Gas Turbines-Continuous Trend Towards Higher Performance, The Insurance Aspects", IMIA 16 - 70 (98), 1998.

[32] A.W. Layne et al," The US Department of Energy's Advanced Turbine Systems Progrom", Presented at the Advanced Turbine Systems Annual Program Review Meeting , 1997.

[33] M. Cybulsky et al, " Application of Aero-Engine Turbine Materials Technology to Industrial Gas Turbines", Proceedings of ASM 1993 Materials Week , 1993.

[34] K. Harris et al, " MAR M-247 Derivations : CM247LC DS Alloy, CMSX Single Crystal Alloys", 5 th Int. Symp. On Superalloys, 1484.

[35] J.R. Dobbs," Advanced Airfoil Fabrication", Superalloys 1996.

[36] G. Richards,"Addressing the Challenges of Low Emmisions Combustion" , Proceedings of the Advanced Turbine Systems Annual Program Review Meeting, 1992.

[37] T. Chance," General Electric ATS Program Technical Review Phase 2 Activities", Proceedings of the Advanced Turbine System Annual Program Review Meeting, DOE / METC - 96 - 1023 , 1995.

[38] C. Cook et al ," Overview of GE-H Gas Turbine Combined Cycle", Proceedings of the Adanced Turbine Systems Annual Program Review Meeting, DOE / OR - 2048 , 1996.

[39] I . Stambler," Steam-Cooled H-Technology Machines Set For Commercial Operation in 2002",Gas Turbine World ,Jan. 2000.

[40] E. D. Alderson et al," Closed Circuit Steam Cooling in Gas Turbines", ASME / IEEE Joint Power Generation Conference , Oct. 1987.

[41] www. gepower. Com

[42] G. Mc Quiggan et al, " Westinghouse's Advanced Turbine Systems Program", Proceedings of the Advanced Turbine Systems Annual Program Review Meeting, DOE / OR - 2048, 1996.

[43] G.R. Gaul et al, " The Siemens Westinghouse Advanced Turbine Systems Program " , Proceeding of the Adv. Turbine System Annual Review, 1999.

[44] G. Mc Quiggan, " Designing for High Reliability and Availability in New Combustion Turbines", (www. energy pubs.com) Presented at the International Gas Turbine and Aearo engine Congress, 1996.

[45]" 501G Enters Full Load Operation", Modern Power Systems , 1997.

[46] G.L. Erickson," Superalloy Developments for Aero and Industrial Gas Turbines", Proceedings of ASM 1993 Materials Congress, 1993.

[47] K. Harris et al, " Single Crystal alloy Technology", US Pat: 4 643782 , 1997.

[48] Catalogue of SPS Technologies, Cannon-Muskegon Corporation .

[49] M. Burke, "Cost-Effectire Manufacturing of High Performance Power Generation Turbine Components Using the Fabricated Component Method", 4 th Int. Charles Parsons Turbine Conference , UK , 1997.

[50] P. Freyer,"Cost Effective Manufacturing of Turbine Components Using the Fabricated Component", ATS Review Meeting , 1999.

[51] M. Burke et al," Single Crystal Turbine Components Made Using a Moving Zone Transient Liquid Phase Bonded Sandwich Construction “, US Pat : 6193141 , 2001.

[52] Y. Tsukuda et al," Unit No.4-1 Higashi Niigata Thermal Power Station Operating Status - 1450 °c Class Gas Turbine Operation", Mitsubishi Heavy Industries Ltd. , Technical Review, Vol .38 , No.3 , 2001.

[53] M. Matsubara, " High Temperatare Strength of Single Crystal Ni-Base Superalloys for Blade and Vane of a Gas Turbine in a Coal-Gasification Combined-Cycle Plant", JHPI, Vol. 29, No. 3, 1991.

[54] "Assessment of Applicability of Single Crystal Superalloy to Small gas Turbine Blade", Annual Research Roport, CRIEPI, 1996.

[55] T.Torigoe et al," Zirconia TBC Application in Power Generating Gas Turbine", Proceedings of ASM 1993 Materials Corngress, 1993.

[56] A.H. Mayer," ABB’s Advanced Tarbine System Program", ATS Review Meeting 1999.

[57] V. De Biasi, " 270MW Combined Cycle With Fast Start up and High Part Load Efficiency", Gas Turbine World, Jan. 2000.

[58] A. Mayer, " ABB’s Phase 2 ATS Activities”, ATS Review Meeting, 1996.

[59] B. Becker et al," A New Generation of Gas Turbines", Siemens Review, 1995.

[60] "Gas Turbines", Siemens, International Power Generation, May 1999.

[61] N. Czech et al," Thermal Cycle Fatigue Properties of Coated and Uncoated Single Crystal Superalloy", Surface and Coatigs Teohnology, 1996.

[62] Siemens Power Generation Web Site, Gas Turbines.

[63]" New Models and Design Uprates", Gas Turbie World 2000 – 2001 Handbook, 2001.

[64] F. L. Versnyder, " Superalloy Technology- Today and Tomorrow", High Temperature Alloys for Gas Turbines, 1982.

[65] D. C. Pratt, " I ndustrial Casting of Superalleys - Overview, " Materings Science and Technologg , May 1996.

[66] K. Harris et al," Directionally Slidified and Sinle Crystal Superallays, " ASM Hand book , Vol. L , 1990.

[67] J. Stringer," Coatings in the Electricity Supply Industry, Past, Present and Opportunities for the Future", Surface and Coatings Technology, 1998.

[68] R. Viswanathan, " Damage Mechanisms and Life Assessment of High Temp. Components”, ASM Int., Metals Park , 1989.

[69] G. W. Goward,” Coatings for Gas Turbine Hot Section Components", Proc. 3 rd Int. Symp. On High Temp. Crrosion and Protection of Materials, 1992.

[70] I. Vakhavia, " Guidelines for the use of Coated Buckets", General Electric Proposition Engineering Information, 1975.

[71] T. Khan et al, " Development of a New Single Crystal Superalloy for Industrial Gas Turbine Blades", High Temp Mat. Power Eng., part II, Kluwer Academic Publishers, 1990.

[72] G. L. Erickson, " The Development of the CMSX-11B and CMSX-IIC Alloys for Industrial Gas Turbine Application ", Superalloys, 1996.

[73] W. Fischer et al, " Fast Track to Efficiency", Power Engineering Int., Jan. 2001.

[74] A. Cohn et al, " Current Gas Turbine Developments and Future Projects", ATS Review Meeting, Electric Power Resarch Institute, 1997.

[75] J. A. Haynes et al, " Oxidation and Degradation of a Plasma -Sprayed Thermal Barrier Coating System", Surface and Catings Technology, 1996.

[76] J. R. Davis, " Directionally Solidified and Single Crystal Superalloys", Heat Resistant Materials, ASM Specialty Handbook, 1997.

[77] W.S. Walston et al, " Rene N6 : Third Generation Single Crystal Superalloy", TMS, Superalloy, 1996.

۷۸- کاتالوگ توربین های V94.2 شرکت زیمنس ، دفتر فنی توانیر

[79] D.A. Ford, " Development of Single Crystal Alloys for Specific Engine Applications” , TMS, Superalloys, 1984.

[80] W.Betteridge et al," Development of Superalloys", Mat. Sci. Technology, No.3, 1987.

[81] R.L.Dreshfield, " Understanding Single Crystal Superalloys", Metal Progress, 1986.

[82] T. Schulenber, “ Specific Problems in Advanced Stationary Gas Turbine Design", Siemens AG UB KWU, 1990.

[83] A.D. Cetel et al," Second Generation Nickel Base Single Crystal Superalloy", 6 th Int. Symp. Superalloys, 1988.

[84] K. Yutaka et al," Ni-Base Single Crystal Superalloys, Method of Manufacturing the Same and Gas Turbine Parts Prepared There From", US Pat : 6159314, 2000.

[85] W. Eber, " Directional Solidificatcim of Blades for Industrial Cas Turbines", Materials for Advanced Power Engineering, Pant I, 1994.

[86] J.W. Fernihongh et al, " The Columnar to Equiaxed Transition In Nickel Based Superalloys", TMS, Superalloys, 1996.

[87] S. Chuanqi et al, " The Engineering Applications of HF-Free Directionally Solidified Superalloy in the Aviation Industry of Chira", TMS, Superalloys, 1996.

[88] D. N. Duhl et al," Some Effects of Hafnium Additions On the Mechanical Propeties of a Columnar Grained Nickel Based Superallay", JOM, Vol. 23, No.7, 1971.

[89] G. McColvin," Second Generation DS Alloy CM186LC For Industrial Gas Turbines" , High Temp. Structural Materials Update, Notes from the 4th Int. Charles Parson Turbine Conference, 1997, UK.

[90] K.Harris et al," Low Carbon Directional Solidification Alloy", US Pat : 5069873 , 1991.

۹۱- احمدکرمانپور ، " پژوهشی در زمینه ساخت پره توربین گازی با ساختار دانه ای جهت دار به روش خنک کردن با فلز مذاب " ، سومین کنگره سالانه انجمن مهندسین متالورژی ایران ، مهر ماه ۱۳۷۸.

[92] J. Rosler et al," On the Castability of Corrosion Resistant DS Superalloys", TMS, Superalloys,1996.

[93] M.J. Donachie, " Superallys Sourcebook", 1986.

[94] K. Sato et al, " High Corrosion Resistant High Strength Superalloy and Gas Turbine Utilizng The Alloy", US Pat: 5916382.

[95] G.E. Fuchs, " Solution Heat Treatment Response of a Third Generation Single Crystal Ni-Base Supepalloy", Materials Science and Eng., 2001.

[96] J. R. Davis," Effect of Hcat Treating On Superalloy Properties", ASM Specialty Handbook, ASM Int., 1999.

[97] H. Frenz et al, " Behavior of Single Crystal Superalloys Under Cyclic Loading at High Temperatures", TMS, Superalloys, 1996.

[98] G. Gaul et al, " Siemence Westinghonse Advance Turbine Systems Program Success", 2000 ATS Review Meeting, 2000.

[99] T. Khan et al, " Nickel Based Superalloy for Industrial Turbine Blades", US Pat : 5403546.

[100] G. L. Erickson, Cannon Muskegon Corporation, US Pat : 5489346.

[101] C. Stander, " Advanced High Strength Single Crystal Superalloy SMP14 for Industrial Gas Turbines", 4th Int. Charles Parsons Turbine Conference, 1994.

[102] J.R. Mihalisin et al, " Clean Singlc Crystal Nickel Base Superalloy", US Pat: 5549765 , 1996.

[103] D.W. Seaver et al, " Nickel-Base Alloy GTD-222, a New Gas Turbine Nozzle Alloy" , J. Engineering for Gas Turbines and Power, 1993.

[104] J. S. Benjamin, " Dispersion Strenthened Superalloys by Mechanical Alloying", Metall. Trans., Vol. 1 , 1970.

[105] " Allison Engine Company's Industrial Advanced Turbine System Program", ATS Review Meeting , 1999.

[106] G. Navas et al, " Laboratory and Field Corrosion Behavior of Coatings for Turbine Blades", Surface and Coatings Technology, Vol. 94 - 95, 1997.

[107] G. W. Goward, " Progress in Coatings for Gas Turbine Airfoils", Surface and Coatings Technology, Vol. 108-109, 1998.

[108] Proceedings of the Conference on " Protective Coating Systems for High Temp. Gas Turbine Components", Mat. Sci. Tech., Vol. 2, 1986.

[109] J. W. Fairbanks et al, " The Durability and Performance of Coatings in Gas Turbine and Diesel Engines", Mat. Sci. Engineerirg, Vol. 88, 1987.

[110] W. Beele et al, " Long-Term Oxidation Tests on a Re-Containing MCrAlY Coating", Surface and Coatings Technology, Vol. 94 - 95, 1997.

[111] P.Y.Pekshev et al, " Plasma-Sprayed Multilayer Protective Coatings for Gas Trubine Units", Surface and Coating Technology, Vol. 64 ,1994.

[112] G. MC Donald et al, " Effect of Thermal Cycling on ZrO2-Y2O3 Thermal Barrrier Coatings (NASA)", Prepared for the Int. Conf. Metallurgical Coatings, 1980

[113] www. ipm. virginia . edu/ Process / PVD / Pubs / thesis 4/ Chapter 1. Pdf.

[114] E. Tzimas et al, " Failure of Thermal Barrier Coating Systems Under Cyclic Thermomechanical Loading", Acta Mater., 48 , 2000.

[115] R. Vaβer et al, " Development of a Micromechanical Life Prediction Model for Plasma Sprayed Thermal Barrier Coatings", Mat. Sci. Eng., A303, 2001.

[116] B. D. Choules et al, " Thermal Fracture of Ceramic Thermal Barrier Coatings Under High Heat Flux With Time – Dependent Behavior", Mat. Sci. Eng., A299, 2001

[117] I. Ohashi et al, " Development Of 300 Kw Class Ceramic Gas Turbine (CGT303)", J. Eng. For Gas Turbines And Power, Trans. ASME, Vol. 117, 1995

[۱۱۸] اطلاعات بدست آمده از نیروگاههای مختلف (مذاکره با کارشناسان واحدهای گازی آن نیروگاهها)

[۱۱۹] آمار تفصیلی صنعت برق، شرکت توانیر، ۱۳۹۲.

[120] R. Viswanathan,R. Purgert, S. Goodsteen, J. Tanzosh, “U.S. Program on Materials Technology for Ultrasupercritical Coal-Fired Boilers”, Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants: Proceedings of the 5th International Conference, ASM Int., 2008.

[121] I.G. Wrighta, P.J. Maziasza, F.V. Ellisb, T.B. Gibbonsc, and D.A. Woodfordd, “MATERIALS ISSUES FOR TURBINES FOR OPERATION IN ULTRA-SUPERCRITICAL STEAM”, Proceedings of 29 Int Conf. on Coal Utilization and Fuel Systems, held April 18-23, 2004.

[122] M. Boss T. Gadoury S. Feeny M. Montgomery, “Recent Advances in Ultra Super Critical Steam Turbine Technology”, 2008.

[123] T. Hashimoto, Y. Tanaka, “ Latest Technology of Highly Efficient Coal-Fired Thermal Power Plants and Future Prospects”, Mitsubishi Heavy Industries, Technical Review Vol. 45 No. 1 (Mar. 2008).

[124] P.S. Weitzel, J.M. Tanzosh, B. Boring, “Advanced Ultra-Supercritical Power Plant (700 to 760C)”, Technical Paper: BR-1884, Bobcock and Wilcox, 2012.

[125] D. Arrell, "Next Generation Engineered Materials for Ultrasupercritical Steam Turbines", US DOE, 2006.

Subject :

Backgrouand :

Objectives :

Principal Results :

Future Developments :

فهرست مطالب.

مقدمه ۱

۱- تدوین چشم انداز طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲

۱-۱- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز ۳

۱-۱-۱- تعریف چشم‌انداز ۳

۱-۱-۲- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب ۴

۱-۱-۳- ضرورت تدوین چشم‌انداز ۵

۱-۱-۴- انواع چشم‌اندازها ۶

۱-۱-۵- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز ۸

۱-۲- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۱۱

۱-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی ۱۳

۱-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی نظرات خبرگان و کارشناسان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۱۶

۱-۳- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز ۱۷

۲- تدوین اهداف کلان طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۱۹

۲-۱- چهارچوب نظری تدوین اهداف کلان طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۰

۲-۱-۱- حوزه‌های اهداف تعیین شده ۲۱

۲-۱-۲- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی و هوشمندی فناوری ۲۲

۲-۱-۳- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی ۲۳

۲-۱-۴- تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان ۲۴

۲-۱-۵- دریافت بازخورد ۲۴

۲-۲- فرآیند تدوین اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۵

۲-۲-۱- مراحل تدوین اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۵

۲-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری ۲۶

۲-۲-۳- نتایج حاصل از بررسی چشم‌انداز تدوین شده ۲۷

۲-۲-۴- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی ۲۹

۲-۳- اهداف کلان تعیین شده در سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۱

۳- تدوین راهبردهای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۴

۳-۱- اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ۳۶

۳-۱-۱- تعیین شاخص‌های جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۶

۳-۱-۲- ارزیابی جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۰

۳-۱-۳- تحلیل نتایج اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۸

۳-۱-۴- روش اکتساب مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۶۱

۳-۳- راهبردهای تعیین شده برای توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۶۶

منابع و مراجع ۶۹

فهرست اشکال

شکل (۱-۱): بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز ۷

شکل (۱-۲): گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب ۱۱

شکل (۱-۳): مدل اجرایی خلق چشم‌انداز ۱۲

شکل (۲-۱): ویژگی‌های اهداف کلان ۲۴

شکل (۲-۲): نحوه تعیین اهداف کلان در سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی... ۲۶

شکل (۲-۳): اهداف قابل استنتاج از چشم‌انداز ۲۸

شکل (۳-۱): مدل مفهومی تدوین راهبردها ۳۵

شکل (۳-۲): ماتریس جذابیت توانمندی مواد داغ نیروگاهی ۵۳

شکل (۳-۳): ماتریس جذابیت توانمندی قطعات داغ نیروگاهی ۵۴

شکل (۳-۴): اثر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت و توانمندی بر انتخاب نواحی ماتریس ۵۵

شکل (۳-۵): تقسیم بندی ماتریس جذابیت توانمندی مواد داغ نیروگاهی ۵۷

شکل (۳-۶): تقسیم بندی ماتریس جذابیت توانمندی قطعات داغ نیروگاهی ۵۹

شکل (۳-۷): الگوریتم روش اکتساب مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۶۳

فهرست جداول

جدول (۱-۱): عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده ۱۳

جدول (۱-۲): بررسی اسناد بالادستی ۱۴

جدول (۱-۳): تعریف عبارات کلیدی چشم‌انداز ۱۸

جدول(۱-۴): اسامی و سمت اعضای کمیته راهبری ۱۹

جدول (۲-۱): اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی در حوزه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۹

جدول (۳-۱): وزن سوالات پرسشنامه ارزیابی توانمندی فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۱

جدول (۳-۲): اسامی افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه ۴۱

جدول (۳-۳): نتایج جذابیت مواد داغ نیروگاهی ۴۳

جدول (۳-۴): نتایج جذابیت قطعات داغ نیروگاهی ۴۴

جدول (۳-۵): نتایج توانمندی فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۵

جدول (۳-۶): نتایج توانمندی مواد داغ نیروگاهی ۴۶

جدول (۳-۷): نتایج توانمندی قطعات داغ نیروگاهی ۴۷

جدول (۳-۸): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مواد ۴۸

جدول (۳-۹): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مواد ۴۹

جدول (۳-۱۰): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت قطعات ۵۰

جدول (۳-۱۱): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی قطعات ۵۱

جدول (۳-۱۲): روش اکتساب پیشنهادی برای مواد داغ نیروگاهی ۶۴

جدول (۳-۱۳): روش اکتساب پیشنهادی برای قطعات داغ نیروگاهی ۶۴

مقدمه

در مرحله سوم طرح «سند راهبردی و نقشه‌راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی»، ارکان جهت‌ساز طرح ندوین می گردد. این ارکان شامل بیانیه چشم انداز، اهداف و راهبردها می‌باشد. ساختار این گزارش به این صورت است:

بیانیه اولیه چشم‌انداز بر مبنای مطالعات صورت گرفته (خصوصاً چشم‌انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً اسناد راهبردی صنعت برق) تدوین می‌گردد. در ادامه روند تدوین اهداف ارائه شده و بر اساس روند تشریح شده، اهداف کلان در طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین می‌شوند.

سپس به تدوین راهبردها پرداخته می‌شود. جهت تدوین راهبردهای این طرح، سه موضوع اصلی مورد توجه قرار گرفته است. موضوع اول ساخت مواد داغ نیروگاهی، موضوع دوم ساخت قطعات داغ نیروگاهی و موضوع سوم طراحی مواد داغ اولویت‌دار می‌باشد. در موضوعات ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی دو شاخص جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی مورد توجه قرار گرفته است. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از جذابیت مواد و قطعات و نتیجه حاصل از توانمندی در فناوری‌های ساخت مواد و قطعات، ماتریس جذابیت– توانمندی برای مواد و قطعات ترسیم شده و با استفاده از این ماتریس اولویت بندی مواد و قطعات صورت گرفته و پس از تعیین روش اکتساب مواد و قطعات مختلف، راهبردهای مربوط به ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین گردیده است. در نهایت به منظور اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی، آن‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ارزیابی شده‌اند. در این روش پیشنهادی، تعیین مواد و قطعات برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت–توانمندی صورت پذیرفته است.

در راستای نیل به اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، راهبردهای توسعه این مواد و قطعات نیز شناسایی و در گزارش حاضر بیان گردیده‌اند.

۱- تدوین چشم انداز طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

به طور کلی چشم‌انداز[1] بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای سازمان، صنعت یا تکنولوژی است. چشم‌انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی را نشان می‌دهد و یادآوری می‌کند که جهت حرکت به کدام سو ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر چشم‌انداز آینده‌ای است واقع‌گرایانه، محقق‌الوقوع و جذاب که کلید رهبری حرکت به سوی اهداف است. بر این اساس در خصوص طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، چشم‌انداز شامل جایگاه مطلوب کشور در طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی خواهد بود.

اهمیت چشم‌انداز از ابعاد گوناگونی قابل بررسی است، با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت که چشم‌انداز دو کارکرد اصلی دارد: نخست از به بیراهه کشیده شدن فعالیت‌ها جلوگیری کرده و دوم اینکه همواره امید را برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می‌نماید.

انواع آینده که در چشم‌انداز به آن پرداخته می‌شود، در سه دسته، طبقه‌بندی می‌شود: آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب.

آینده ممکن: شامل تمامی آینده‌هایی است که می‌تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده‌ها تا چه حد احتمال وقوع داشته باشند و یا حتی دست‌نیافتنی باشند.

آینده‌های محتمل: آنچه به احتمال بسیار زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست.

آینده‌های مطلوب: آنچه مطلوب‌ترین و ارجح‌ترین رویداد آینده به شمار می‌رود.

هدف از نگارش این بخش، تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز فناوری‌های طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد. بیانیه اولیه چشم‌انداز باید مبتنی بر مطالعات صورت گرفته (خصوصاً چشم‌انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً اسناد راهبردی صنعت برق) تدوین گردد. با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت

1-Vision

اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و ملاحظات کلی تدوین چشم‌انداز می‌باشد در ابتدا بـه بررسـی چـارچوب نظـری و ملاحظات کلی تدوین و تبیین چشم‌انداز پرداخته می‌شود. پس از آن با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده و اسناد بالادسـتی، به تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز پرداخته می‌شود.

۱-۱- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز

همان‌طور که اشاره شد یکی از گام‌های اساسی در تدوین برنامه راهبردی، تدوین چشم‌انداز اسـت. در حقیقـت مـی‌بایسـت مقصد نهایی در یک افق زمانی مشخص تعیین گردد. با تهیه چنین تصویری از آینده، فعالیت‌ها و تصـمیم‌گیـری‌هـای کـلان، فرابخشی و بخشی دارای یک هدف واحد و آن رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده می‌باشد.

در این بخش از گزارش به بررسی مبانی نظری در انتخاب یک چشم‌انداز مناسب و همچنین بررسـی الزامـات آن پرداختـه شده است. بر این اساس، ابتدا تعاریف و ویژگی‌های چشم‌انداز از منابع علمی مختلـف ارائـه و سـپس متـدولوژی‌هـای تـدوین چشم‌انداز معرفی شده است.

۱-۱-۱- تعریف چشم‌انداز

واژه چشم‌انداز در زبان فارسی به معنی تصوری است که از آینده در نظر انسان مجسم می‌شود. در مطالعـات انجـام گرفتـه، تعاریف مختلفی از چشم‌انداز وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل ارائه می‌شود [۱]:

۱- آینده واقع‌گرایانه، قابل تحقق و جذاب
۲- بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد
۳- هنر دیدن نادیدنی‌ها
۴- چشم‌انداز یک عامل کلیدی در رهبری و یک جنبش ذهنی از شناخته‌ها به ناشناخته‌ها است که رهبران اثربخش را قادر می‌سازد با در کنار هم قرار دادن حقایق، آرزوها، ایده‌آل‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها، آینده‌ای جذاب برای خود خلق کنند.
۵- چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب و آرمان قابل دستیابی جامعه در یک افق زمانی معین بلندمدت که متناسب با

مبانی ارزشی و آرمان‌های نظام و مردم تعیین می‌گردد.

۶- چشم‌انداز به عنوان تصویر آینده‌ای که در جستجوی خلق آن هستیم معرفی شده، که هر چه این تصویر از نظر جزئیات غنی‌تر باشد، جالب‌توجه‌تر خواهد بود.

۷- چشم‌انداز علاوه بر این که برانگیزاننده، هدایتگر و جهت‌دهنده اداره جامعه و همچنین الهام‌بخش، وحدت‌آفرین و قابل فهم برای همه اقشار می‌باشد، باید از ویژگی‌های آینده‌نگری، واقع‌گرایی، ارزش‌گرایی و جامع‌نگری برخوردار بوده و نسبت به وضع موجود، چالش اساسی داشته باشد تا بتوان عزم ملی را جهت تحقق آن فراهم آورد.

۸- چشم‌انداز هر مجموعه اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر حرکت را همواره هدفمند و جهت‌دار نماید. آگاهی کامل ذینفعان به چشم‌انداز، می‌تواند آن‌ها را در تصمیمات کلیدی یاری دهد. البته چشم‌انداز می‌تواند در طی زمان تکمیل گردد.

۹- چشم‌انداز آمیزه‌ای از ارزش و داوری‌های مبتنی بر ایدئولوژی و واقعیت‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی می‌باشد. طبق این دیدگاه، هر ایدئولوژی، ترسیم‌کننده یک چشم‌انداز است، لذا در مقام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باید ایدئولوژی واحدی حاکم باشد تا چشم‌انداز واحدی شکل بگیرد.

۱۰-چشم‌انداز، ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی است که مانند چراغی در افق بلندمدت، فرآوری سازمان و ذی‌نفعانش قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد.

۱۱-چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در افق زمانی معین بلندمدت، که متناسب با مبانی ارزشی ذی‌نفعان تعیین می‌گردد.

مبتنی بر تعاریف مختلف ارائه شده، ویژگی‌های زیادی را برای یک چشم‌انداز مطلوب می‌توان مدنظر قرار داد که در ادامه و مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

۱-۱-۲- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب

در تعاریف اشاره شده ویژگی‌های مختلفی برای چشم‌انداز مطلوب بیان شده است که در این بخش برخی از مهم‌ترین آنها بیان شده است. ویژگی‌هایی که چشم‌انداز مطلوب باید دارای آن‌ها باشد عبارتند از[۱]:

۱- قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت‌پذیر

۲- برآیند آثار ناشی از مزیت‌ها (مؤلفه‌های قوت و فرصت) از یک طرف و رافع چالش‌ها (نقاط ضعف و تهدید)

۳- جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا

۴- دارای افق زمانی معین

۵- بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد

۶- برانگیزاننده مشارکت همگانی و مشوق حرکت

۷- پیونددهنده حال و آینده به همدیگر (یعنی در عین آنکه باید واقع‌گرایانه باشد، مطابق با آرمان‌ها نیز باشد)

۸- اطمینان‌بخش و توجه‌برانگیز برای توجه ذینفعان

۹- دارای حس مالکیت و تعلق و تقویت‌کننده این حس در ذینفعان

۱۰- تعیین‌کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم (در این خصوص چشم‌انداز باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب را دارا باشد)

۱۱- تداوم‌بخش به برنامه‌ریزی و اجرا آن‌ها

۱۲- نشان‌دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها

۱-۱-۳- ضرورت تدوین چشم‌انداز

از دیگر مواردی که باید در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز در نظر گرفته شود، درک و بیان ضرورت و اهمیت تدوین چشم‌انداز می‌باشد. همان طور که اشاره شد ضرورت اصلی تدوین چشم‌انداز تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است که با تعیین آن از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در مجموعه ذینفعان مدنظر تقویت می‌شود.

به طور کلی چشم‌انداز در سطوح مختلف ملی، بخشی و سازمانی در پاسخ به مجموعه سؤالاتی مشابه سؤالات زیر تعریف می‌شود:

۱- آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟

۲- آیا افراد از یکنواخت بودن کار خود شکایت دارند؟

۳- آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟

۴- آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟

۵- آیا به نظر می‌رسد حرکت جامعه با روندهای تغییر محیطی هماهنگ نیست؟

۶- آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟

۷- آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار می‌کنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته باشند؟

۸- آیا اجتناب از ریسک در جامعه بیش از حد لازم است؟ (افراد تمایل به مسئولیت‌پذیری ندارند، در چارچوب قوانین و مقررات، محدود مانده‌اند و در مقابل تغییر مقاومت می‌کنند؟)

۹- آیا احساس مشترک نسبت به پیشرفت یا حرکت به سمت جلو مشاهده می‌شود؟

۱۰- چنانچه پاسخ هر یک از سؤالات فوق در یک نظام توسط کارشناسان مستقل مثبت قلمداد شود، اصلاح ساختارهای راهبردی و در رأس آن تعریف چشم‌اندازی جدید اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

لذا باید جهت‌دهی جدید و نوینی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم‌انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز اهمیت خواهد شد.

۱-۱-۴- انواع چشم‌اندازها

هر بیانیه چشم‌انداز از لحاظ محتوایی، باید سه عنصر زیر را به صورت روشن دارا باشد:

۱- صحنه و یا مرزهای رقابتی

۲- مزیت رقابتی

۳- قابلیت رقابتی یا شایستگی‌های محوری

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم‌انداز در شکل (۱-۱) ارائه شده است.

شکل (۱-۱): بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز

اکثر چشم‌اندازها به بیان جمله‌ای کیفی و کلی پرداخته‌اند. با این وجود، می‌توان چشم‌انداز را به چهار نوع دسته‌بندی نمود [۱]:

چشم‌انداز کمی

چشم‌اندازی است که در آن شاخص‌های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص‌ها عددگذاری می‌شوند. چشم‌اندازهای کمی می‌توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم‌انداز) و یا از نوع درصدی (درصد سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم‌انداز) باشند.

چشم‌انداز کیفی

بر خلاف چشم‌انداز کمی، در این چشم‌انداز به بیان جملاتی کیفی و عاری از اعداد و ارقام پرداخته می‌شود. این نوع چشم‌انداز، شاخص‌های کیفی را برای نشان دادن آینده مطلوب سازمان یا بخش به کار می‌برند.

چشم‌انداز رتبه‌ای

در چشم‌انداز رتبه‌ای، جایگاه کشور، سازمان یا بخش بین دیگران به عنوان ملاک بیان آینده مطلوب در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ممکن است کشور یا سازمانی در بیانیه چشم‌انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین رقبا جایگاه سوم را دارا باشد.

چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم می‌شود و ملاک پیشرفت و توسعه برتری نسبت به یک رقیب خاص اعلام شده است.

البته باید توجه داشت که چشم‌اندازهای رتبه‌ای و مقایسه‌ای تا حدی زیرمجموعه چشم‌اندازهای کمّی و کیفی هستند و از این روی چشم‌انداز در دو دسته کلی کیفی و کمی قابل طبقه‌بندی خواهند بود.

پس از شناسایی مبانی پایه، ضرورت‌های خلق چشم‌انداز و معرفی انواع آن نوبت به شناخت روش‌های تبیین چشم‌انداز می‌رسد، از این رو در ادامه به بررسی روش‌های مختلف تبیین چشم‌انداز پرداخته شده است.

۱-۱-۵- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

فرآیند تدوین چشم‌انداز دارای پیچیدگی و سختی وصف‌ناپذیری است، از این رو روش‌های بسیار متنوعی توسط محققان مختلف برای تدوین بیانیه چشم‌انداز پیشنهاد شده است. به دلیل پیچیدگی موجود در این فرآیند، می‌توان گفت که هیچ کدام از روش‌های موجود کامل نیست و به همین دلیل در اکثر موارد برای تدوین بیانیه چشم‌انداز باید از ترکیب چند روش استفاده نمود. از این رو در ادامه برخی از مهم‌ترین روش‌های تدوین و خلق چشم‌انداز در ادامه ارائه شده است.

روش ۵ چرا

کالینز و پوراس در سال ۱۹۹۶ طی مقاله‌ای در مجله "بررسی‌های بازرگانی هاروارد" توصیه کردند که با این پرسش کار را آغاز کنید که "چرا این کالاها و خدماتی را که ما تولید می‌کنیم مهم هستند؟" این سؤال را ۵ بار تکرار کنید تا به هدف بنیادین خود پی ببرید.

روش استوارت

توماس استوارت قالبی را طراحی کرده که تدوین چشم‌انداز را برای هر جامعه‌ای تسهیل می‌نماید:

- ✓ جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...)
- ✓ کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...)
- ✓ مشتریان و ذی‌نفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی به ذینفعان،...)
- ✓ صنعت

روش برت نی‌نوس

برت نی نوس روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ✓ وضعیت فعلی جامعه، کسب و کار و نحوه فعالیت
- ✓ تعیین مرزهای چشم‌انداز (شناسایی ذینفعان و نیازهای آنان)
- ✓ تعیین جایگاه جامعه در محیط آتی
- ✓ ارزیابی و انتخاب چشم‌انداز نهایی

روش کیگلی

به زعم کیگلی، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهم‌تر از آن، نقشه‌راهی برای آینده ارائه می‌کند و به افراد راهکارهایی در جهت عمل و عکس‌العمل برای تحقق آینده مطلوب عرضه می‌دارد. باید توجه داشت که پس از تبیین هر

یک از ارکان چشم‌انداز، کیگلی در فرآیندی با نام فرآیند برنامه‌ریزی رایزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

۱- انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز

۲- تدارک جلسه آشنایی مختصری برای تمام افراد گروه مرکزی

۳- تهیه و ارسال پرسشنامه برای هر یک از اعضا و گروه‌های مرتبط

۴- مصاحبه با افرادی که این شیوه را ترجیح می‌دهند

۵- جمع‌آوری پاسخ‌ها و دسته‌بندی پاسخ‌های مشابه

۶- خلاصه کردن نتایج

۷- آماده‌سازی و ارسال کتاب داده‌ها برای اعضای گروه مرکزی

روش لاتام

در این شیوه هشت گام معرفی شده که به شرح زیر می‌باشند:

۱- گام اول: جمع‌آوری داده ها و اطلاعات بنیادین

۲- گام دوم: طوفان ذهنی

۳- گام سوم: حذف اضافات

۴- گام چهارم: تدوین سند اولیه

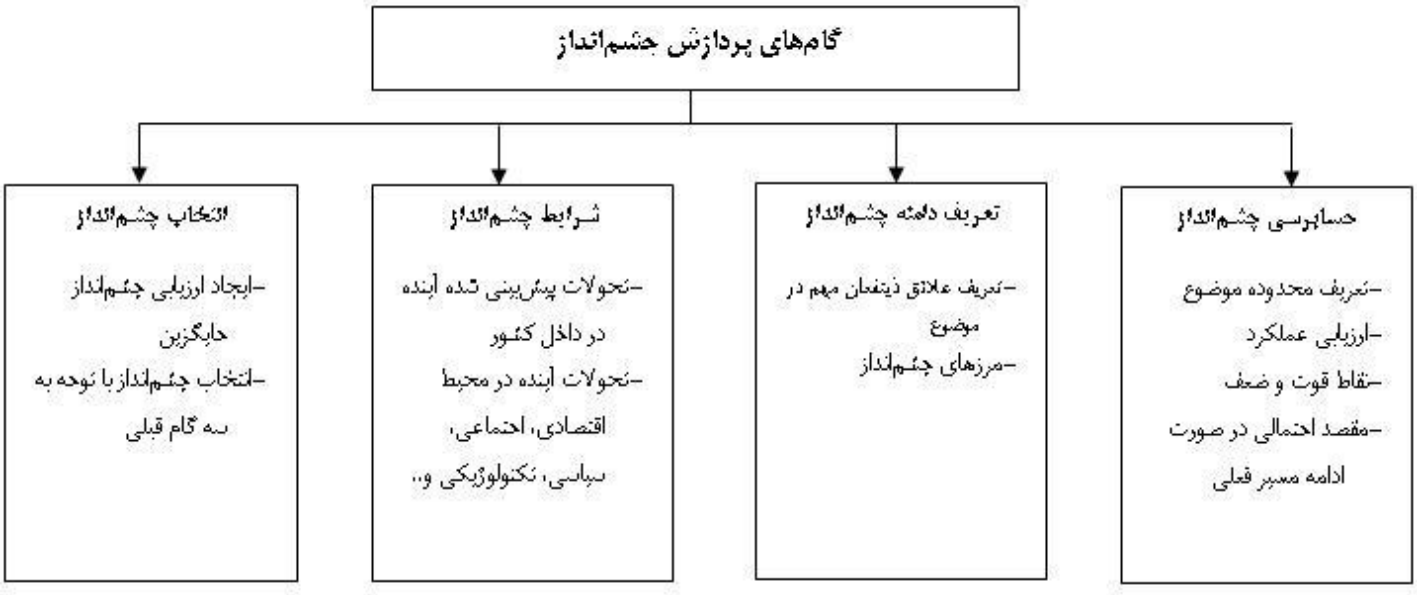
۵- گام پنجم: تصحیح بیانیه

۶- گام ششم: آزمون معیارها

۷- گام هفتم: کسب تأیید یا تصحیح

۸- گام هشتم: ابلاغ چشم‌انداز

در شکل (۱-۲) گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است:



شکل (۱-۲): گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب

۱-۲- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

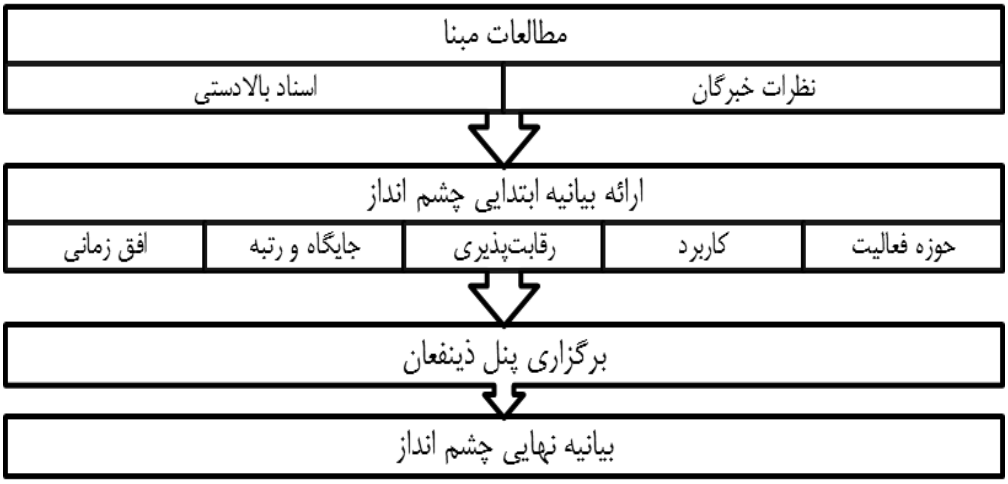
با توجه مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی‌ها و روش‌های چشم‌انداز و جمع‌بندی این مطالب می‌توان به انتخاب یک روش پیشنهادی ترکیبی برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. همان طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم‌انداز دارای اهمیت می‌باشند، که به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم‌انداز باید به یک سری سؤالات کلیدی و اساسی توجه شود. این سؤالات عبارتند از:

۱- رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟

۲- چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم‌انداز محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از زیربخش‌های اصلی آن چیست؟

۳- اگر زیر بخش‌های اصلی پتانسیل لازم برای رشد را نداشته باشند، راهبرد رشد خارجی برای تحقق آرزوی چشم‌انداز تبیین شده کدام است؟

در واقع می‌توان اشاره کرد که روش (متدلوژی) منتخب تدوین هر چشم‌انداز پاسخ به سؤالات فوق‌الذکر بوده و پیشنهاد می‌شود برای تدوین چشم‌انداز بر اساس فلوچارت ارائه شده در شکل (۱-۳) عمل شود.



شکل (۱-۳): مدل اجرایی خلق چشم‌انداز

از این رو بر اساس روش منتخب گام‌های خلق یک چشم‌انداز به شرح زیر می‌باشد:

در مرحله اول به بررسی اسناد بالادستی، نظرات خبرگان پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای سیستم مدنظر به دست می‌آید.

در مرحله دوم باید ویژگی‌های اساسی ذکر شده در یک بیانیه اولیه مطلوب لحاظ شود. در مرحله سوم با توجه به اطلاعات انجام شده و دید به دست آمده از مرحله قبل، به تدوین بیانیه ابتدایی از چشم‌اندازپرداخته می‌شود.

در مرحله چهارم که در شکل (۱-۳) از آن تحت عنوان برگزاری پنل ذینفعان یاد شده است، چشم‌انداز اولیه با ذینفعان در میان گذاشته می‌شود. در این مرحله پس از دریافت و بررسی نظرات ذینفعان در صورت لزوم تغییراتی در بیانیه اولیه چشم‌انداز داده می‌شود. با استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان ذهنی بیانیه چشم‌انداز که مورد قبول تمام ذینفعان باشد نهایی و تدوین می‌شود.

لازم به یادآوری است که چشم‌انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود.

۱-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همان طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی تبیین چشم‌انداز است، که منظور تدوین چشم‌انداز نیاز به بررسی اسناد مختلف پرداخته می‌شود. یکی از منابع اصلی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز اسناد بالادستی مرتبط با حوزه مدنظر می‌باشند. با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار، اسناد بالادستی متعددی در رابطه با طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بررسی شده‌اند که لیست این اسناد در جدول (۱-۱) ارائه شده است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به موضوع طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی اشاره نشده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط، با توجه به پتانسیل‌های موجود در به کارگیری طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، ویژگی‌های قابل تصور برای چشم‌انداز پیشنهادی را می‌توان برداشت کرد. ویژگی و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی می‌توانند در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند، در جدول (۱-۲) ارائه شده‌اند.

جدول (۱-۱): عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده

ردیف	قانون	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴[۲]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۸۲
۲	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران[۴]	مجلس شورای اسلامی	۱۳۹۰
۳	سند چشم‌انداز و برنامهٔ راهبردی بلندمدت وزارت نیرو[۳]	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۴	مجموعه مقاصد و اهداف فناورانه کلان در صنعت برق کشور[۳]	وزیر نیرو	۱۳۹۱
۵	سیاست‌های کلی نظام در زمینه تولید ملی، حمایت از کار و سرمایه ایرانی[۵]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۹۱
۶	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی[۵]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۹۲
۷	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف[۵]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۸۹
۸	سیاست‌های کلی نظام در زمینه انرژی[۵]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۷۹
۹	سیاست‌های کلی نظام در زمینه علم و فناوری[۵]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۹۳
۱۰	سند "اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری"[۷]	شورای عالی عتف	۱۳۹۰
۱۱	قانون هدفمند کردن یارانه‌ها[۵]	مجلس شورای اسلامی	۱۳۸۸

جدول (۱-۲): بررسی اسناد بالادستی

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوط به صنعت برق	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴	● توسعه‌یافته ● برخوردار از دانش پیشرفته، توانا در تولید علم و فناوری ● متکی بر تولید ملی ● بهره‌مند از محیط زیست مطلوب ● دست یافتن به جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در افق ۱۴۰۴
			حمایت از محیط زیست به واسطه افزایش بازدهی نیروگاه‌ها از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۲	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	دستیابی به جایگاه دوم علمی و فناوری در منطقه و تثبیت آن	دستیابی به فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
		دستیابی به فناوری‌های پیشرفته مورد نیاز	
		بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه‌ها و کاهش اتلاف	بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه‌ها با استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی مناسب
۳	سند چشم‌انداز و برنامهٔ راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به‌عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند	● ارتقاء بهره‌وری از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ● سازگاری با محیط زیست به وسیله بهبود بازدهی نیروگاه‌ها ● گسترش تبادل برق با کشورهای منطقه با افزایش پایایی در شبکه از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ● دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
		گسترش بازار صنعت آب و برق کشور به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه از طریق توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی	توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
		افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها	افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها از طریق به روزرسانی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
		حمایت از مراکز پژوهشی و صنایع مرتبط به منظور توسعهٔ فناوری‌های جدید در راستای کاهش مصرف انرژی	توسعه فناوری‌های جدید در راستای کاهش مصرف انرژی از طریق افزایش راندمان نیروگاه‌ها به وسیله ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
		توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آنها	بهینه سازی تولید برق از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوط به صنعت برق	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
۴	مجموعه مقاصد و اهداف فناورانه کلان در صنعت برق کشور	افزایش امنیت انرژی (پدافندی-فنی و قابلیت اطمینان) جهت تحقق مقصد کلان سرآمد کشورهای منطقه در عرضه برق پاک، مطمئن، پایا با کیفیت مناسب	سرآمد کشورهای منطقه در عرضه برق مطمئن و پایا با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۵	سیاست‌های کلی تولید ملی، حمایت از کار و سرمایه ایرانی	بالا بردن قدرت رقابت و افزایش بهره‌وری عوامل تولید با: • کاهش هزینه ها و بهبود کیفیت تولید • بهینه‌سازی تعامل عوامل تولید	بالا بردن قدرت رقابت و افزایش بهره‌وری عوامل تولید از طریق کاهش هزینه عرضه برق و افزایش پایداری شبکه از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۶	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی	افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف	افزایش بهره‌وری برق در بخش تولید با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
		توسعه زیرساخت‌های تولید و انتقال برق و تلاش برای تأمین ملزومات تبدیل کشور به قطب تامین و تبادل برق منطقه	تبدیل کشور به قطب تامین و تبادل برق منطقه از طریق توسعه زیرساخت‌های تولید، به واسطه توسعه فناوری طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۷	سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف	اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت های جدید تولید انرژی.	افزایش بهره وری در تولید با ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۸	سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی	• ارتقاء جایگاه جهانی کشور در علم و فناوری و تبدیل ایران به قطب علمی و فناوری جهان اسلام. • دستیابی به علوم و فناوری‌های پیشرفته با سیاستگذاری و برنامه ریزی ویژه	دستیابی به فناوری طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۹	سیاست‌های کلی نظام در بخش علم و فناوری	• استفاده از فناوری‌های جدید و انتقال تکنولوژی • دستیابی به روش‌ها و فناوری‌های نوین جهانی (انتقال فناوری و دانش فنی به کشور) و همگام سازی با روند سریع پیشرفت جهانی • به‌روزسازی آموزش‌های مرتبط با فناوری‌های جدید • انتقال فناوری و دانش فنی به کشور در عرصه‌هایی که هنوز نیاز به ورود فناوری خارجی می‌باشد • ارتقا و انتقال دانش فنی در بخش طراحی و مهندسی	
۱۰	سند "اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری"	• استفاده از فناوری‌های جدید و انتقال تکنولوژی • دستیابی به روش‌ها و فناوری‌های نوین جهانی (انتقال فناوری و دانش فنی به کشور) و همگام سازی با روند سریع پیشرفت جهانی • به‌روزسازی آموزش‌های مرتبط با فناوری‌های جدید • انتقال فناوری و دانش فنی به کشور در عرصه‌هایی که هنوز نیاز به ورود فناوری خارجی می‌باشد ارتقا و انتقال دانش فنی در بخش طراحی و مهندسی	دستیابی به فناوری طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۱۱	قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	بهبود بازده تولید انرژی	بهبود بازده تولید انرژی از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

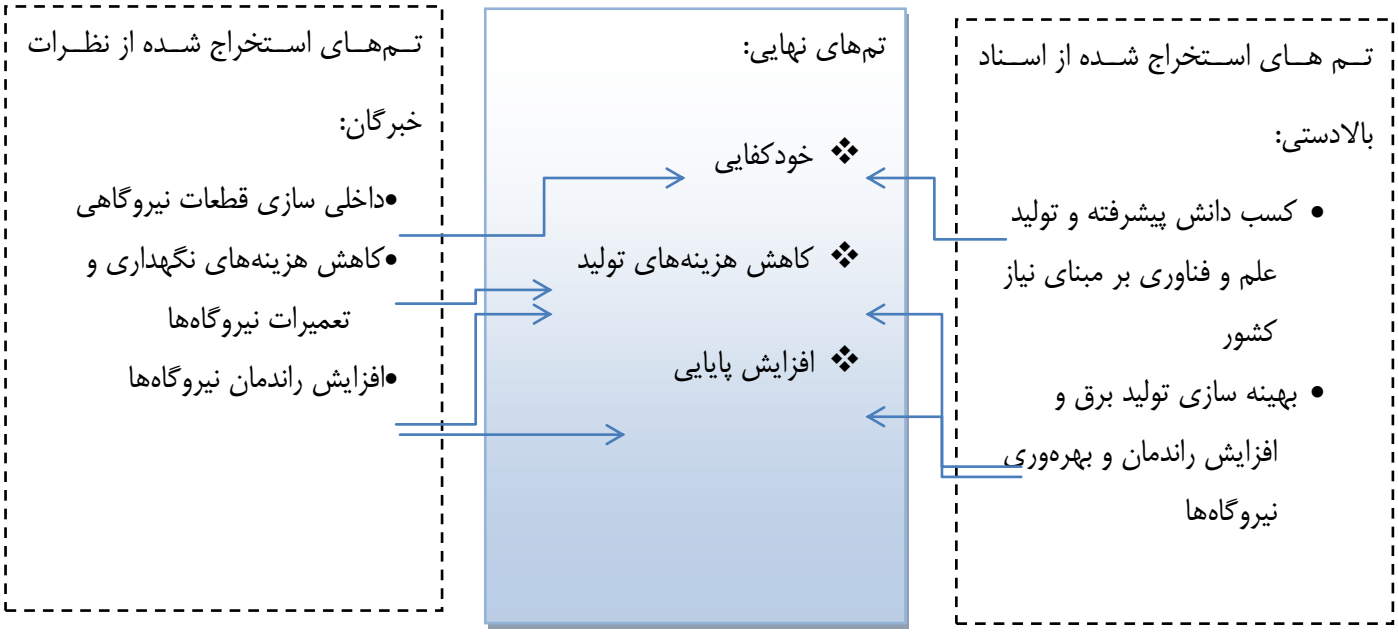
۱-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی نظرات خبرگان و کارشناسان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

استفاده از نظرات افراد دارای علم و تجربه در هر زمینه‌ای می‌تواند جهت تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مفید باشد چراکه نظرات خبرگان می‌تواند راهنمایی باشد که به کاربردی شدن برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته کمک کند و نظرات برگرفته از تجربه آنها در این زمینه به افراد دیگر دید بهتری در حوزه تخصصی خبرگان دهد. در حوزه مواد و قطعات داغ باید توجه داشت که دیدگاه‌های خبرگان وکارشناسان داخلی باتوجه به شناخت مطلوب ایشان از وضعیت فعلی حوزه تولید انرژی، بسیار حائز اهمیت و اساسی است. مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای اعم از نشریات، مقالات، مصاحبه‌ها، سخنرانی‌ها و سایر نقل قول‌های منتشرشده، و همچنین برمبنای صحبت‌های اخیر و نقطه نظرات کلان مسئولین و کارشناسان تخصصی حوزه مورد بحث از جمله وزیر نیرو، قائم‌مقام وزیر نیرو، معاون هماهنگی تولید توانیر، مدیرعامل شرکت مدیریت تولید برق ری، معاون بازسازی شرکت قطعات توربین شهریار، معاونت مهندسی نیروگاه شهید منتظری و سرپرست نیروگاه رامین اهواز. عمده نظرات خبرگان و کارشناسان در موارد زیر خلاصه می‌شود:

۱- تولید داخلی این محصولات سبب قطع وابستگی ما به کشورهای خارجی می‌شود
۲- ساخت بومی تمام تجهیزات نیروگاهی
۳- افزایش راندمان نیروگاه‌ها
۴- داخلی‌سازی قطعات نیروگاهی
۵- سرمایه‌گذاری بیشتر در توسعه ساخت قطعات داخل کشور
۶- حمایت از صنایع پشتیبان صنعت نیروگاهی
۷- کاهش هزینه تعمیر توربین از طریق بازسازی قطعات داغ

۱-۳- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز

پس از بررسی‌های صورت گرفته، ویژگی‌ها و زمینه‌های مهم برای تدوین بیانیه چشم انداز مشخص شد. این زمینه‌ها و روش استخراج آنها در ادامه آمده است:



با جمع‌بندی ویژگی‌های استنتاج شده از بررسی اسناد مختلف و بر اساس موارد ذکر شده بیانیه اولیه چشم‌انداز طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در کشور به شرح زیر تبیین و اعلام می‌گردد:

صنعت برق ایران در بخش تولید در افق ۱۴۰۴، با تاکید بر افزایش خودکفایی، ضمن توانایی به کارگیری به روزترین و مناسب ترین فناوری های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، تسلط به دانش فنی طراحی مواد را در راستای رفع نیازهای صنعت برق، کمک به کاهش هزینه های تولید نیرو و افزایش پایایی شبکه دارا می‌باشد.

پس از تدوین بیانیه اولیه چشم انداز، جهت جمع‌بندی نظرات، بیانیه اولیه چشم‌انداز در کمیته راهبری طرح ارایه گردید کـه اسامی اعضای کمیته راهبری در جدول (۱-۴) آمده است. در این جلسه اعضای کمیته راهبری مطرح نمودند که در افق ۱۴۰۴، امکان تسلط به دانش فنی طراحی مواد در کشور وجود نخواهد داشت. زیرا هم اکنون میزان ۹۰ درصد از مواد موردنیاز کشور از خارج وارد شده و دانش فنی طراحی مواد در مراحل ابتدایی خود در ایران قرار دارد. بنابراین در فاصله‌ای ۱۰ ساله تسلط کامل به دانش فنی طراحی مواد داغ نیروگاهی امکان پذیر نبوده و صنعت برق در بازه زمانی سند، تنها امکان انجـام تحقیقـات پایـه در زمینه طراحی مواد اولویت دار را خواهد داشت. از این‌رو با توجه به نظرات اعضای محترم کمیته راهبری، بیانیه نهایی چشم‌انداز طرح طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، به شرح زیر تبیین و اعلام می‌گردد:

صنعت برق ایران در بخش تولید در افق ۱۴۰۴، با تاکید بر افزایش خودکفایی، ضمن تمرکز بر انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی مواد داغ نیروگاهی، توانایی به کارگیری به‌روزترین و مناسب‌ترین فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را در راستای رفع نیازهای صنعت برق، کمک به کاهش هزینه های تولید نیرو و افزایش پایایی شبکه دارا می‌باشد.

به منظور تبیین هرچه بیشتر عبارات کلیدی مورد استفاده در چشم‌انداز توضیحات مربوط به هر یک از آن‌ها در جدول (۱-۳) ارائه شده است.

جدول (۱-۳): تعریف عبارات کلیدی چشم‌انداز

عبارت	توضیحات
خودکفایی	وضعیتی که در آن برای بقاء به کمک، حمایت کشور خارجی یا تعامل با آن‌ها نیاز نباشد. این امر می‌تواند با آموزش نیروی انسانی متخصص و توسعه فناوری‌ها و تجهیزات نوین به منظور بومی‌سازی تکنولوژی در داخل محقق شود.
به کارگیری	علاوه بر دستیابی به دانش فنی امکان استفاده از آن نیز مهیا باشد.
به‌روزترین	جدیدترین فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
مناسب‌ترین	فناوری‌های سازگار با نیاز فعلی صنعت نیروگاهی کشور
دانش فنی	مجموعه ای از اطلاعات صنعتی، مفید و ارزشمند که به همراه آن آگاهی‌ها و مهارت‌های

عبارت	توضیحات
	فنی و غیر فنی جهت طراحی مواد داغ نیروگاهی وجود دارد.
پایایی شبکه	بیانگر سطح احتمال تأمین بار مشترکین در چهارچوب استانداردهای مرتبط و به میزان مورد تقاضا می‌باشد. این سطح با استفاده از شاخص‌هایی از قبیل تعداد دفعات، مدت و دامنه اثرات نامطلوب در تأمین نیاز مصرف‌کنندگان بیان می‌شود.

نام اعضای کمیته راهبری	سمت
جناب آقای دکتر موسوی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق
جناب آقای مهندس تیموری	مدیرعامل شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران
جناب آقای دکتر درویش	مدیرعامل شرکت بدر سیستم
جناب آقای مهندس چراغزاده	رییس دفتر مهندسی شرکت موادکاران (مپنا)
جناب آقای مهندس نمازی	کارشناس دفتر فنی تولید شرکت توانیر
جناب آقای دکتر غلامی‌پور	عضو هیئت علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
جناب آقای مهندس عرب عامری	مدیرعامل شرکت تجربه نور
جناب آقای مهندس فلاح	مدیر گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو
جناب آقای دکتر محمدرضا جهانگیری	مدیر طرح حاضر

جدول(۱-۴): اسامی و سمت اعضای کمیته راهبری

۲- تدوین اهداف کلان طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در ادامه روند تدوین اهداف ارائه شده و بر اساس روند تشریح شده، اهداف کلان در طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین شده‌اند. اهداف در برنامه‌های توسعه یک فناوری بیانگر مقاصد و یا خواسته‌های مطلوب حاصل از توسعه فناوری می‌باشند، که این اهداف از طریق انجام اقدامات پیشنهادی محقق می‌شوند. اگرچه اهداف ممکن است در سطوح مختلفی قابل تعریف باشند، اما در سند راهبردی لازم است صرفاً اهداف اساسی معرفی شوند. اهداف اساسی به اهدافی گفته می‌شود که بر جهت‌گیری‌های اصلی فعالیت‌های حوزه سند تأثیرگذار هستند.

۲-۱- چهارچوب نظری تدوین اهداف کلان طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی، تدوین اهداف توسعه در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به‌منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی است با عنوان "به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟". با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنش‌گران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن به‌صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام دهند[۱].

در روش‌شناسی پیشنهادی، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه صنعت است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله‌محور[1] به توسعه صنعت دارد. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف هم‌راستایی اهداف با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده، و از طرف دیگر، تمام مسایل و مشکلات موجود در مسیر توسعه صنعت نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرآیند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های اهداف مشخص می‌شوند. علاوه بر حوزه‌های هدف که بیان کننده ابعاد اهداف هستند، کیفیت و ویژگی‌های این اهداف باید تعیین شود. به منظور تعیین کردن حوزه‌ها و ویژگی‌های ضروری هدف، به بررسی مدل‌های هدف‌گذاری پرداخته شده است.

1- Issue-based

۲-۱-۱- حوزه‌های اهداف تعیین شده

در منابع برنامه‌ریزی راهبردی، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه‌های اهداف تعیین شده است. در زیر به طور خلاصه به بررسی این مدل‌ها پرداخته می‌شود:

حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن [۹]

- منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)
- منظر مشتری (تعیین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- منظر فرآیندهای داخلی (روابط با تأمین کنندگان، تصمیم‌گیری درمورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)
- منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های آموزش کارکنان)

حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رابینسون[1] [۱۰]

توجه به مشتری، نوآوری، بهره‌وری، توجه به بخش مالی، منابع انسانی، لحاظ کردن محیط خارجی

حوزه‌های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس[۱۱]

- بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- نوآوری (بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)

1- Pierce & Robinson

- مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی[۱] [۱۲]

- سودآوری
- بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها برمبنای استانداردهای جهانی)
- موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
- پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)
- روابط کارکنان
- رهبری فناورانه
- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)

۲-۱-۲- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی و هوشمندی فناوری

در ابتدا لازم است تا از نظرات خبرگان پیرامون اهداف کلان توسعه صنعت استفاده شود. این کار با برگزاری پنل‌های خبرگی و بحث گروهی میان متخصصین، در چارچوب نتایج حاصل از هوشمندی فناوری (روندهای رشد و توسعه فناوری در آینده)، تأکید بر مولفه‌های موجود در چشم‌انداز، و در نظر داشتن اصول ارزشی صورت می‌گیرد. در مجموع می‌توان این طور بیان نمود که اهداف ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف هستند.

۲- این مدل در مورد تدوین استراتژی گمرک ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۱-۳- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی

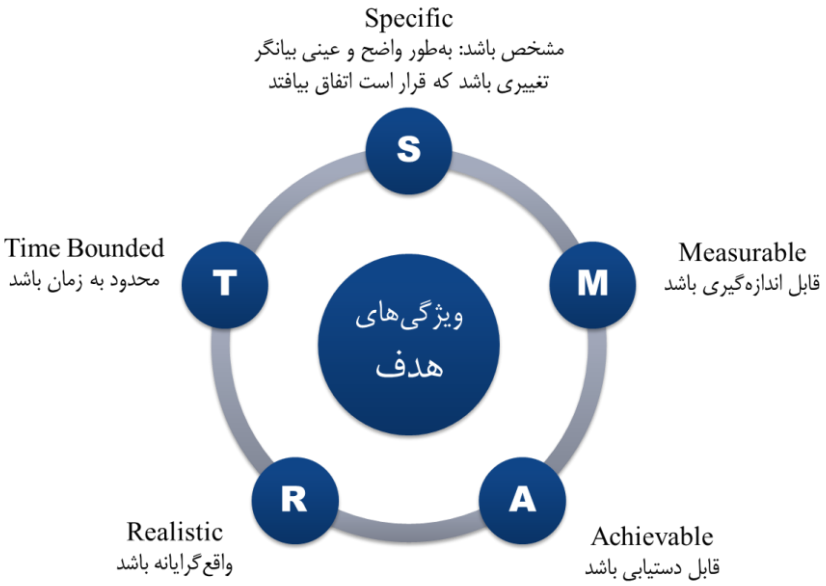
با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، در این مرحله لازم است تا تحلیل‌گران به پالایش این نتایج با درنظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف بپردازند. به عبارت دیگر، تحلیل‌گران نظرات خبرگان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با درنظرداشتن ویژگی‌های ضروری، آن‌ها را بازنویسی می‌کنند.

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است تا به آن‌ها پرداخته شود. اگرچه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی هستند، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته‌بندی تنها به منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در پوشش همه‌جانبه آن‌ها در هر مورد مطالعاتی به وجود نمی‌آورد.

اهداف تدوین شده در یک سند ملی باید دارای ویژگی‌های ضروری نیز باشند. این ویژگی‌ها در ادبیات با نام SMART Goals مطرح می‌شود. این ویژگی‌ها عبارتند از:

- مشخص باشد[1] (به‌طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیافتد)،
- قابل اندازه‌گیری باشد[2]،
- قابل دستیابی باشد[3]،
- واقع‌گرایانه باشد[4]، و
- محدود به زمان باشد[5].

1- Specific
2- Measurable
3- Achievable
4- Realistic
5- Time Bound



شکل (۲-۱): ویژگی‌های اهداف کلان

۲-۱-۴- تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی شده برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

۲-۱-۵- دریافت بازخورد

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین-به-بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهمترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود.

۲-۲- فرآیند تدوین اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

به منظور تدوین اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، ابتدا به مرور ادبیات و مطالعه تعاریف و مفاهیم مرتبط با اهداف پرداخته می‌شود. نتیجه مرور ادبیات و مطالعات انجام گرفته در بخش‌های قبلی این فصل ارائه شده است. اهم این مباحث عبارت بودند از تعریف اهداف، رابطه چشم‌انداز با اهداف، ویژگی‌های اهداف، حوزه‌های اهداف بلندمدت و ... که به صورت مفصل ارائه‌گشت. مراحل تدوین اهداف کلان به طور خلاصه در شکل (۲-۲) به صورت گرافیکی ارائه شده است.

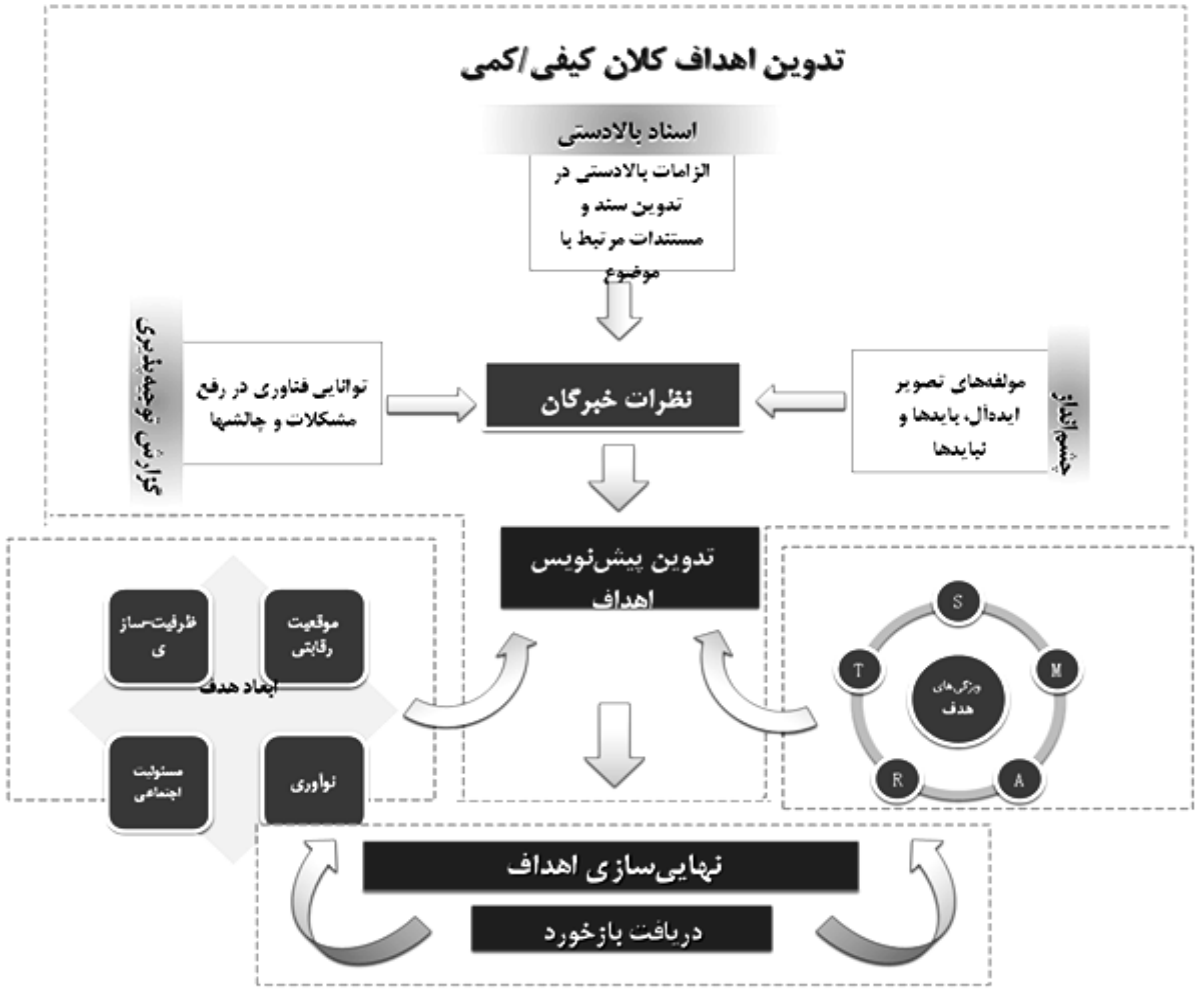
مطابق فرآیند ذکر شده در بخش‌های قبل، در این گزارش به منظور تعیین اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی از سه منبع استفاده شد، که عبارتند از:

۱- اسناد بالادستی مرتبط با فناوری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۲- گزارش توجیه‌پذیری استفاده از فناوری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۳- چشم انداز طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۲-۲-۱- مراحل تدوین اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

مراحل تدوین اهداف کلان برای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی به طور خلاصه در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل (۲-۲) مشخص است اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی باید در جهت رسیدن به چشم‌انداز و در مسیر استراتژی کلان انرژی کشور باشد و از سوی دیگر اهداف با توجه به قابلیت‌های فناوری تعیین گردند. در اینجا لازم است تفاوت بین شاخص‌های چشم‌انداز و اهداف بیان شود. شاخص‌های چشم‌انداز از یک‌سری عوامل کلی تشکیل شده‌اند که بازه زمانی آن بلند مدت است، در حالیکه اهداف بازه زمانی کوتاه‌تر و نیز ابعاد و سنجه‌های جزئی‌تری نسبت به شاخص‌های چشم‌انداز دارا هستند.

در گام بعدی با اخذ نظرات خبرگان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی به بررسی اطلاعات حاصل از این منابع یاد شده پرداخته و پیش‌نویس اهداف سند مورد بحث تعیین می‌گردد. در نهایت پس از نهایی‌سازی اهداف و تعیین بازخوردها، اهداف کلان تعیین می‌گردند.



در ادامه اهداف استخراج شده به عنوان نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف ارائه شده است.

۲-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری[۱۳]

یکی از پارامترهای مهم در تعیین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مختلف، توانایی و پتانسیل به کارگیری فناوری در زمینه‌های مختلف است، که با فعال‌سازی و شکوفاسازی پتانسیل‌های فناوری در حوزه‌های مختلف می‌توان به نتایج مناسبی

دست یافت. قابلیت‌ها و پتانسیل‌های به کارگیری فناوری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی به طور مفصل در گزارش توجیه‌پذیری توسعه این فناوری‌ها بحث شده و می‌توان گفت که گزارش توجیه‌پذیری یک منبع مناسب برای تعیین توانایی فناوری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی و تعیین اهداف برای آینده می‌باشد. اهداف استنباط شده از این گزارش عبارتند از:

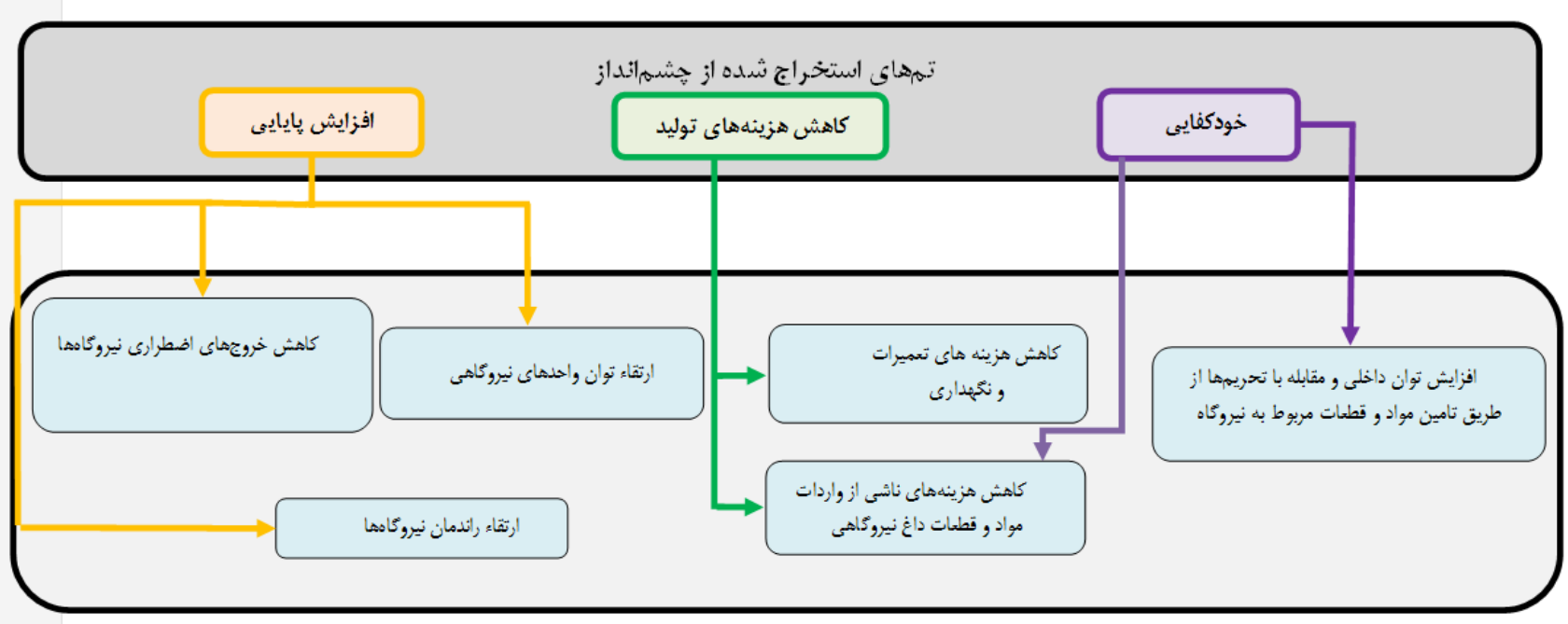
۱- کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری واحدهای نیروگاهی

۲- کاهش میزان خاموشی های ناشی از کمبود قطعات داغ نیروگاهی

۳- تامین برق مطمئن و با کیفیت

۲-۲-۳- نتایج حاصل از بررسی چشم‌انداز تدوین شده

با توجه به چشم‌انداز تدوین شده برای فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، تم‌های اصلی چشم‌انداز، خودکفایی، کاهش هزینه های تولید و افزایش پایایی می‌باشد. لذا برای دستیابی به موارد ذکر شده در چشم‌انداز می‌بایست اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را طوری تعریف کرد که امکان دستیابی به موارد ذکر شده در چشم‌انداز را در افق تعیین شده امکان‌پذیر سازد، در این راستا با توجه به شکل (۲-۳)، اهداف ارائه شده در شکل را می‌توان در راستای چشم‌انداز تعریف کرد:



شکل (۲-۳): اهداف قابل استنتاج از چشم‌انداز

۲-۲-۴- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی

با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار اسناد بالادستی متعددی در رابطه با طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بررسی شده‌اند که لیست این اسناد بخش تدوین چشم‌انداز آورده شده‌است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به حوزه فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی اشاره‌ای نشده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط، اهداف قابل استنتاج از این قوانین در حوزه فناوری‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین شده‌اند.

جدول (۲-۱): اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی در حوزه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

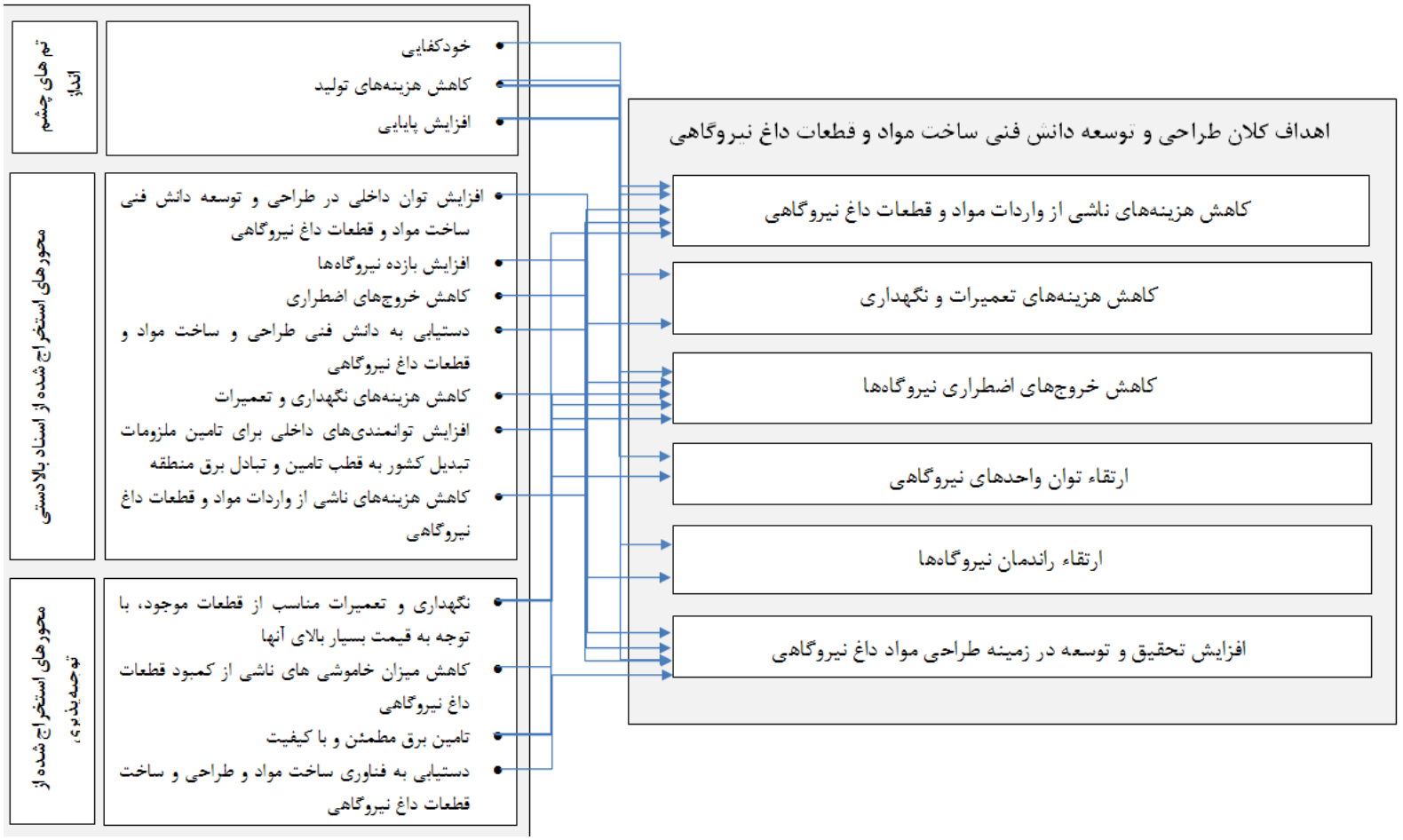
ردیف	قانون	بخش مربوط به صنعت برق	اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	• توسعه‌یافته • برخوردار از دانش پیشرفته • متکی بر تولید ملی • مستقل و مقتدر سامان دفاعی • بهره‌مند از محیط زیست مطلوب • دست یافتن به جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی	• افزایش توان داخلی در طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۲	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	• بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه‌ها، کاهش اتلاف و توسعه تولید همزمان برق و حرارت • دستیابی به جایگاه دوم علمی و فناوری در منطقه و تثبیت آن • دستیابی به فناوری های پیشرفته مورد نیاز	• ارتقا راندمان نیروگاه‌ها • کاهش هزینه‌های ناشی از واردات مواد و قطعات داغ نیروگاهی • کاهش خروج های اضطراری نیروگاه‌ها

ردیف	قانون	بخش مربوط به صنعت برق	اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی
۳	سند چشم‌انداز و برنامهٔ راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	• افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها • وزارت نیرو با **ارتقاء بهره‌وری** و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به‌عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در **رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه** ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، **افزایش خوداتکایی** و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند • گسترش بازار صنعت آب و برق کشور به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه از طریق توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی • توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آنها	افزایش بازده نیروگاه‌ها و خوداتکایی از طریق دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۴	مجموعه مقاصد و اهداف فناورانه کلان در صنعت برق کشور	افزایش امنیت انرژی (پدافندی–فنی و قابلیت اطمینان) جهت تحقق مقصد کلان سرآمد کشورهای منطقه در عرضه برق پاک، مطمئن، پایا با کیفیت مناسب	کاهش خروج‌های اضطراری افزایش توان داخلی در حوزه طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۵	سیاست‌های کلی تولید ملی، حمایت از کار و سرمایه ایرانی	بالا بردن قدرت رقابت و افزایش بهره‌وری عوامل تولید با: • کاهش هزینه ها و بهبود کیفیت تولید • بهینه‌سازی تعامل عوامل تولید	• کاهش هزینه‌های ناشی از واردات مواد و قطعات داغ نیروگاهی • کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۶	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی	• افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف • پایداری و بهبود کیفیت و کمیت خدمات آب و برق در بخش‌های مختلف مصرف • توسعه زیرساخت‌های تولید و انتقال برق و تلاش برای تأمین ملزومات تبدیل کشور به قطب تامین و تبادل برق منطقه	• افزایش راندمان نیروگاه‌ها • کاهش خروج های اضطراری • ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۷	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت های جدید تولید انرژی.	افزایش راندمان نیروگاه‌ها
۸	سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی	بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی.	افزایش راندمان نیروگاه‌ها
۹	سیاست‌های کلی نظام در بخش علم و فناوری	• ارتقاء جایگاه جهانی کشور در علم و فناوری و تبدیل ایران به قطب علمی و فناوری جهان اسلام. • دستیابی به علوم و فناوری‌های پیشرفته با سیاستگذاری و برنامه ریزی ویژه	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	قانون	بخش مربوط به صنعت برق	اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی
۱۰	سند "اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری"	• استفاده از فناوری‌های جدید و انتقال تکنولوژی • دستیابی به روش‌ها و فناوری‌های نوین جهانی (انتقال فناوری و دانش فنی به کشور) و همگام سازی با روند سریع پیشرفت جهانی • به‌روزسازی آموزش‌های مرتبط با فناوری‌های جدید • انتقال فناوری و دانش فنی به کشور در عرصه‌هایی که هنوز نیاز به ورود فناوری خارجی می‌باشد • ارتقا و انتقال دانش فنی در بخش طراحی و مهندسی	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
۱۱	قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	بهبود بازده تولید انرژی	ارتقا راندمان نیروگاه‌ها از طریق ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۲-۳- اهداف کلان تعیین شده در سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

بر اساس نتایج حاصل از بررسی منابع ذکر شده، اهداف کلان سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی به صورت زیر تعریف می‌شوند:


تم های چشم انداز
خودکفایی
کاهش هزینه‌های تولید
افزایش پایایی
محورهای استخراج شده از اسناد بالادستی
افزایش توان داخلی در طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
افزایش بازده نیروگاه‌ها
کاهش خروج‌های اضطراری
دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات
افزایش توانمندی‌های داخلی برای تامین ملزومات تبدیل کشور به قطب تامین و تبادل برق منطقه
کاهش هزینه‌های ناشی از واردات مواد و قطعات داغ نیروگاهی
محورهای استخراج شده از توصیه‌نامه
نگهداری و تعمیرات مناسب از قطعات موجود، با توجه به قیمت بسیار بالای آنها
کاهش میزان خاموشی های ناشی از کمبود قطعات داغ نیروگاهی
تامین برق مطمئن و با کیفیت
دستیابی به فناوری ساخت مواد و طراحی و ساخت قطعات داغ نیروگاهی
اهداف کلان طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
کاهش هزینه‌های ناشی از واردات مواد و قطعات داغ نیروگاهی
کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری
کاهش خروج‌های اضطراری نیروگاه‌ها
ارتقاء توان واحدهای نیروگاهی
ارتقاء راندمان نیروگاه‌ها
افزایش تحقیق و توسعه در زمینه طراحی مواد داغ نیروگاهی

جهت استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان، اهداف تدوین شده در جلسه کمیته راهبری ارائه شده و کلیه اهداف مورد تایید اعضای کمیته راهبری قرار گرفت. اسامی اعضای کمیته راهبری پیشتر در جدول (۱-۴) آمده است. همچنین در راستای کمی‌سازی اهداف، در این جلسه تصمیم بر این شد که کمی‌سازی اهداف نیاز به تعریف پروژه‌هایی مجزا داشته که لازم است طی یک یا دو سال به انجام برسد. نهایتا تنها هدف اول "کاهش ۵۰ درصدی هزینه واردات ناشی از مواد و قطعات داغ" کمی شده و بقیه اهداف به صورت کیفی باقی‌ماندند. در رابطه به مقدار در نظر گرفته شده برای کاهش هزینه واردات نیز لازم به ذکر است که در مرحله اول سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، میزان تقریبی نیاز به مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای واحدهای گازی و بخاری (و سیکل ترکیبی) در هرسال در حدود ۳۰۰۰ میلیارد تومان تخمین زده شده است. با در نظر گرفتن آنکه در حال حاضر بیش از ۹۰درصد مواد داغ نیروگاهی از خارج از کشور تامین می‌شود و به تقریب حدود ۵۰ درصد قطعات داغ واحدهای بخاری و گازی در داخل کشور ساخته می‌گردد لذا پتانسیل زیادی جهت ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی و به خصوص مواد داغ نیروگاهی در کشور وجود دارد. با در نظر گرفتن امکانات متعدد فرآیندهای ساخت مواد داغ، نظیر کارخانجات بزرگ ذوب و ریخته‌گری و همچنین تجهیزات موجود در کشور در زمینه فرآیندهای ساخت نظیر فورج، نورد و ... می‌توان با یک برنامه‌ریزی مناسب و البته در صورت تامین منابع مالی و ایجاد یک سیستم مدیریتی مناسب از این پتانسیل‌ها استفاده نمود. با توجه به کلیه موارد فوق می‌توان انتظار داشت در یک بازه ۵ تا ۱۰ ساله، ۵۰ درصد از هزینه‌های واردات مواد و قطعات داغ نیروگاهی کاسته شود و در داخل کشور تولید شود. با توجه به موارد مطرح شده، اهداف نهایی شده عبارتند از:

۱- کاهش حداقل ۵۰ درصد هزینه‌های ناشی از واردات مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۲- کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری

۳- کاهش خروج‌های اضطراری نیروگاه‌ها

۴- ارتقاء توان واحدهای نیروگاهی

۵- ارتقاء راندمان نیروگاه‌ها

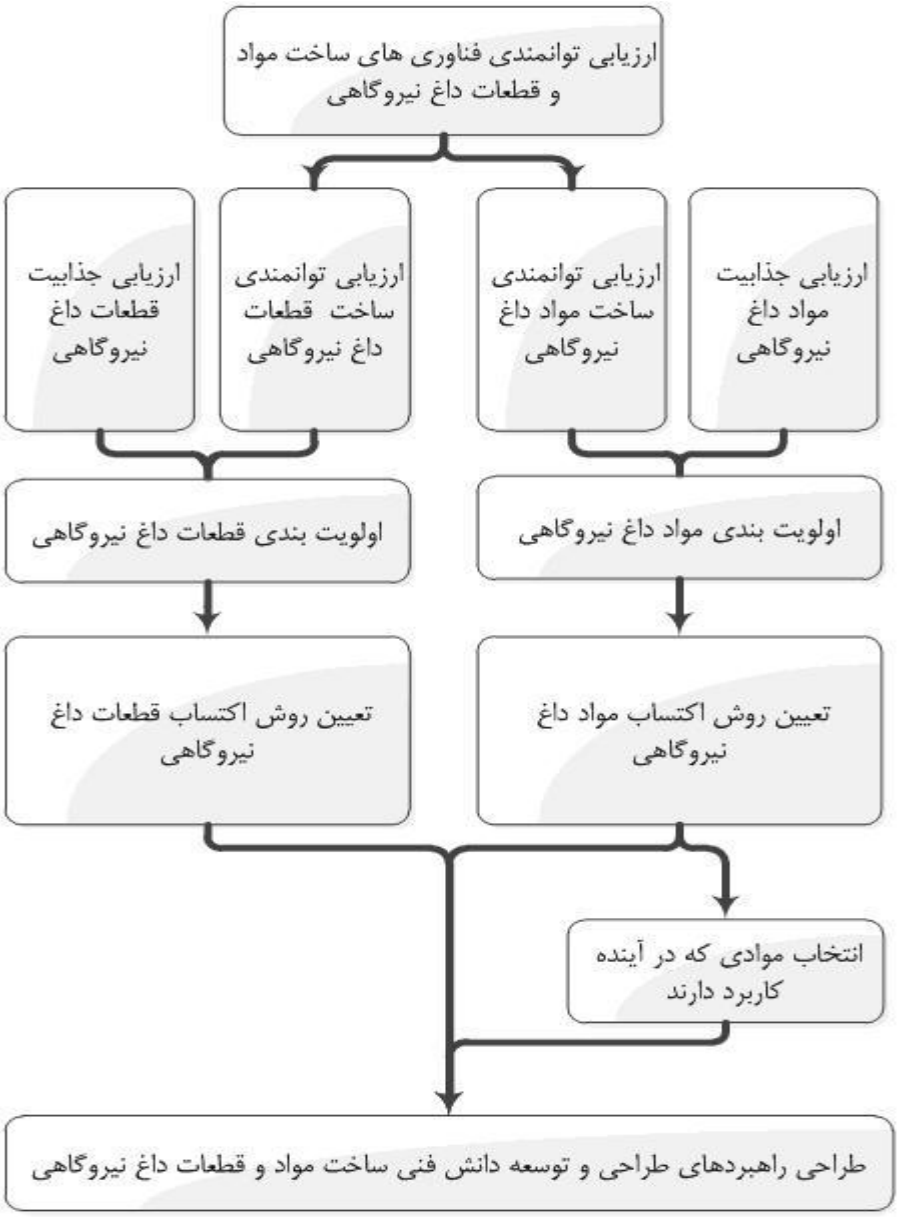
۶- افزایش تحقیق در زمینه طراحی مواد اولویت‌دار داغ نیروگاهی

۷- افزایش صادرات خدمات فنی مهندسی و مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۳- تدوین راهبردهای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در گام سوم از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، به تدوین راهبردها پرداخته می‌شود. راهبردها مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. جهت تدوین راهبردهای این طرح، با توجه به چشم‌انداز سند، سه موضوع اصلی لازم است مورد توجه قرار گیرد. موضوع اول ساخت مواد داغ نیروگاهی، موضوع دوم ساخت قطعات داغ نیروگاهی و موضوع سوم طراحی مواد داغ اولویت‌دار می‌باشد. در موضوعات ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی دو شاخص جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی مورد توجه قرار گرفته است. جهت ارزیابی جذابیت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، سوالاتی مطرح شده و پرسشنامه‌ای تهیه شده که بر اساس این پرسشنامه و طبق نظر خبرگان، جذابیت مواد و قطعات مختلف به دست آمده است. برای ارزیابی توانمندی ساخت مواد و قطعات، از آنجا که مصداق معیار توانمندی در ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فناوری‌های ساخت این مواد و قطعات بوده و با توجه به این نکته که بسیاری از این فناوری‌ها در ساخت مواد و قطعات مختلف مشترک بوده و دستیابی به این فناوری‌ها می‌تواند ساخت مواد و قطعات بسیاری را تسهیل کرده و همچنین از آنجا که گلوگاه اصلی در ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، فناوری‌های ساخت آنها می‌باشد، در این طرح معیار توانمندی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، به طور مجزا ارزیابی شده و بعد از دسته‌بندی فناوری‌های ساخت بر اساس معیار توانمندی، توانمندی ساخت هریک از مواد و قطعات داغ نیروگاهی محاسبه شده است. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از جذابیت مواد و قطعات و نتیجه حاصل از توانمندی در فناوری‌های ساخت مواد و قطعات، ماتریس جذابیت- توانمندی برای مواد و قطعات ترسیم شده و با استفاده از این ماتریس اولویت بندی مواد و قطعات صورت گرفته و پس از تعیین روش اکتساب مواد و قطعات مختلف، راهبردهای مربوط به ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین گردیده است. همچنین در موضوع طراحی مواد، از آنجا که طبق نظر کمیته راهبری توانمندی کشور در طراحی مواد بسیار پایین می‌باشد، برای تصمیم‌گیری در رابطه با موادی که

می‌توان بر روی طراحی آنها، به تحقیق پرداخت، از بین موادی که روش اکتساب آنها توسعه درون‌زا شده است و در افـق ۱۰ سـاله سند می‌بایست در کشور تولید شوند، مواد داغ نیروگاهی که در آینده نیز دارای کاربرد می‌باشند انتخاب شده و بر اساس آن راهبـرد مربوط به طراحی مواد داغ نیروگاهی تدوین گردیده است. در شکل (۳-۱) فرایند تدوین راهبردها در این طرح نشان داده شده است.



شکل (۳-۱): مدل مفهومی تدوین راهبردها

۳-۱- اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی

در این بخش ابتدا جذابیت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ارزیابی شده سپس توانمندی فرآیندهای ساخت آنها ارزیابی شده و در نهایت به منظور اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی، آن‌ها را بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ارزیابی می‌کنیم. در این روش پیشنهادی، تعیین مواد و قطعات برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت–توانمندی[1] صورت می‌پذیرد.

شاخص جذابیت بیان کننده ابعاد ذاتی گزینه‌هایی است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، شاخص توانمندی به دنبال ارزیابی قابلیت های موجود در برگزیدن هر یک از گزینه‌هاست. بدین منظور شاخص‌های جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی، مشخص گردیده و پرسشنامه‌ای برای ارزیابی این شاخص‌ها طراحی شده است. این پرسشنامه‌ها برای خبرگان و متخصصان ارسال شده و جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ها میزان جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی را مشخص کرده است. سپس نتایج به دست آمده وارد ماتریس جذابیت–توانمندی شده و جایگاه هر ماده و قطعه در ماتریس جذابیت توانمندی مشخص گردیده است. در ادامه روند اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی توضیح داده شده است.

۳-۱-۱- تعیین شاخص‌های جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

جذابیت یک فناوری به ویژگی‌ها و موقعیت آن فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها بر می‌گردد. تعیین موقعیت نسبی جایگاه یک فناوری یا تجهیز از سوی متخصصان، میزان جذابیت آن را مشخص خواهد کرد. برای اندازه گیری جذابیت توسعه یک فناوری یا تجهیز ابتدا باید شاخص های مرتبط با آن را شناسایی کرد. نمونه‌ای از شاخص‌های جذابیت موجود در ادبیات عبارتند از:

- تنوع کاربرد فناوری
- هزینه‌های دستیابی به دانش فنی فناوری
- میزان منافع اقتصادی ناشی از به کارگیری فناوری
- میزان اشتغال‌زایی ناشی ازتوسعه فناوری و ...

توانمندی یک فناوری به میزان قابلیت دستیابی به آن فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها برمی‌گردد. تعیین موقعیت نسبی توانایی در دستیابی به یک فناوری از سوی متخصصان، میزان توانمندی آن را مشخص خواهد کرد. برای اندازه‌گیری توانمندی توسعه یک فناوری ابتدا باید شاخص های مرتبط با آن را شناسایی کرد. نمونه‌ای از شاخص‌های توانمندی موجود در ادبیات عبارتند از:

- وضعیت دسترسی به دانش فنی، مواد اولیه و قطعات مربوط به فن آوری
- وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه فن آوری
- وضعیت دسترسی به زیرساخت نرم مورد نیاز برای توسعه فن آوری
- هماهنگی ذینفعان و نهادهای مسئول توسعه فن آوری و ....

در ادامه شاخص‌های جذابیت و توانمندی شناسایی شده برای اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی آورده شده است.

۳-۱-۱-۱- شاخص‌های جذابیت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

جهت اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی پس از بررسی شاخص‌های جذابیت موجود در ادبیات، شاخص‌های جذابیت مواد و قطعات داغ نهایی شدند. که از بین این شاخص‌ها، ۴ شاخص بین مواد و قطعات مشترک می‌باشد. معیارهای مشترک ارزیابی جذابیت مواد و قطعات داغ نیروگاهی عبارتند از:

۱- میزان استفاده از ماده/قطعه در مقایسه با سایر مواد/قطعات داغ نیروگاهی: هر چه یک ماده/قطعه نسبت به سایر مواد/قطعات، کاربرد بیشتری داشته باشد، بالطبع از جذابیت بالاتری نیز برخوردار خواهد بود.

۲- میزان فوریت نیاز کشور به ماده/قطعه: هرچه میزان فوریت و نیاز کشور به یک قطعه یا ماده بیشتر باشد، آن ماده یا قطعه داغ نیروگاهی جذابیت بالاتری خواهد داشت.

۳- ارزش مالی ماده/قطعه در مقایسه با سایر مواد/قطعات داغ نیروگاهی: از جمله اهداف اصلی این طرح، کاهش هزینه‌ی واردات در صورت ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد که با توجه به اهمیت این هدف، در این شاخص به آن

پرداخته شده است. از همین روی با توجه به این شاخص، مواد و قطعاتی کـه ارزش ریـالی بـالاتری داشـته باشـند دارای جذابیت بیشتری خواهند بود.

۴- نرخ رشد کاربرد مواد/قطعات در آینده: هرچه ماده یا قطعه در آینده دارای کاربرد بیشتری باشد جذابیت آن قطعه یـا مـاده داغ نیروگاهی بالاتر خواهد بود.

همان‌طور که اشاره شده یکی از شاخص‌های جذابیت برای ارزیابی جذابیت قطعات داغ نیروگاهی با شـاخص‌هـای در نظـر گرفته شده برای ارزیابی جذابیت مواد داغ نیروگاهی متفاوت بوده که در ادامه آمده است:

۵- میزان خسارت‌ها و هزینه های تحمیل شده به واحد نیروگـاهی در اثـر عملکـرد نامناسـب قطعـه: ایـن معیـار بـه ارزیـابی هزینه‌های ناشی از عملکرد نامناسب قطعات می‌پردازد. هرچه عملکرد نامناسب یک قطعه هزینه‌های بیشتری را به واحـد نیروگاهی تحمیل کند ساخت آن قطعه جذابیت بیشتری خواهد داشت.

۳-۱-۱-۲- شاخص‌های توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، گلوگاه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فرآیندهای ساخت آنها می‌باشد لذا برای تدقیق تعیین توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی، توانمندی فرآیندهای ساخت آنها به صورت مجزا سنجیده شده و جهت محاسـبه توانمنـدی هریک از مواد و قطعات داغ نیروگاهی از میانگین حسابی توانمندی فرآیندهای ساخت آنها استفاده شده اسـت. بـرای مثـال جهـت ساخت روتور توربین گازی به فناوری‌های شکل‌دهی به روش آهنگری، شکل‌دهی به روش کشـش و اکسـتروژن و ذوب و ریختـه گری در اتمسفر کنترل شده و خلا نیاز می‌باشد. توانمندی هریک از فرآیندهای ساخت فوق توسط پرسشنامه‌ای که در ادامـه شـرح داده خواهد شد، سنجیده شده است. توانمندی روتور توربین گازی حاصل میانگین حسابی توانمندی ۳ فرآیند ساخت آن می‌باشد.

بـرای تعیـین شـاخص‌هـای مـرتبط بـا توانمنـدی فرآینـدهای سـاخت مـواد و قطعـات داغ نیروگـاهی پـس از بررسـی شاخص های موجود در ادبیات تعدادی شـاخص نهـایی شـد. شـاخص هـای تعیـین شـده بـرای توانمنـدی در ایـن طـرح عبارتنـد از:

۱- وضعیت دانش فنی موجود در کشور برای توسعه فناوری: طبیعی است هرچه دانش فنی بیشتری موجود یا در دسترس باشد، زیرساخت توسعه فناوری مورد نظر فراهم‌تر بوده و توانمندی بالا می‌رود. دانش فنی در قالب مستندات موجود، مقالات و دانش‌های ثبت شده و ثبت نشده نیز مطرح می‌شود.

۲- وضعیت منابع مالی قابل تخصیص برای توسعه فناوری: از عوامل تعیین‌کننده جهت توسعه یک فناوری توانایی جذب منابع مالی جهت تحقیق و توسعه می‌باشد. هرچه جذب منابع مالی آسان‌تر باشد، توانمندی توسعه فناوری بیشتر است.

۳- وضعیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد برای توسعه فناوری: این معیار یکی از اساسی‌ترین فاکتورهای توانمندی می‌باشد. در صورت وجود نیروی انسانی متخصص بیشتر و کارآمدی ایشان، امکان تحقیق در زمینه این فناوری بیشتر فراهم می‌گردد. کارآمدی به معنای داشتن دانش و همچنین تجربه کافی است.

۴- وضعیت زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در دسترس جهت توسعه فناوری: در بحث زیرساخت‌های سخت‌افزاری، وضعیت تجهیزات و آزمایشگاه‌های موجود در کشور، اصلی‌ترین شاخص می‌باشد. طبیعی است که هرچه میزان امکانات سخت‌افزاری بیشتر فراهم می‌شود، امکان توسعه بیشتر و سریع‌تری در آن زمینه به وجود می‌آید. زیر ساخت‌های نرم‌افزاری نیز مانند نرم افزارهای تخصصی مورد نیاز برای مراحل مختلف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد.

۵- وضعیت آمادگی و هماهنگی دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط برای توسعه این فناوری: ممکن است برای توسعه یک فناوری به هماهنگی بین دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف نیاز باشد. شاخص اخیر سطح آمادگی و هماهنگی بین دستگاه‌ها و سازمان‌ها را بررسی می‌نماید.

۳-۱-۲- ارزیابی جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در این بخش به بررسی روش ارزیابی شاخص‌ها پرداخته می‌شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی وجود دارد (از روش‌های ریاضی محض گرفته تا روش‌های کاملاً کیفی همچون پنل خبرگان) که روش منتخب در این قسمت استفاده از نظر کارشناسان از طریق ارسال پرسشنامه است.

پرسشنامه‌های طراحی شده حاصل ساعت‌ها تلاش کارشناسان طرح تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی است و سعی شده است تا پرسشنامه‌ها تا حد ممکن گویا و موجز باشد تا برای فرد پاسخ‌دهنده خسته‌کننده نباشد. از طرف دیگر سوالات به نحوی طراحی شده است که پاسخ آن‌ها توانایی تفکیک توانمندی فناوری‌های مورد استفاده را داشته باشد و از سوالات دارای پاسخ مشترک یا بسیار شبیه هم برای فناوری‌های مختلف خودداری شده است. به منظور ارزیابی جذابیت مواد داغ نیروگاهی پرسشنامه‌ای حاوی ۴ سوال، به منظور ارزیابی جذابیت قطعات داغ نیروگاهی پرسشنامه‌ای حاوی ۵ سوال و به منظور ارزیابی توانمندی فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، پرسشنامه‌ای شامل ۵ سوال برای خبرگان ارسال شد. معیارهای این پرسشنامه‌ها در بخش‌های قبل به تفصیل بیان شده‌است. همچنین پرسشنامه توانمندی فرآیندهای ساخت در پیوست ۱، جذابیت قطعات در پیوست ۲ و جذابیت مواد در پیوست ۳ به نمایش درآمده است.

با توجه به این که میزان خبرگی افراد پاسخ‌دهنده متفاوت بود ضروری بود تا نظرات ارائه شده در پرسشنامه بر اساس میزان دانش پاسخ‌دهندگان نسبت به فناوری مورد نظر ارزیابی گردد. بنابراین از پاسخ‌دهندگان خواسته شد تا قبل از پاسخ به سوالات میزان آشنایی خود با فناوری را مشخص کنند. همچنین در پرسشنامه ارزیابی توانمندی فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، با توجه به اهمیت متفاوت شاخص‌ها به سوالات وزن‌های متفاوتی داده شده است. در معیارهای توانمندی، وضعیت زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و وضعیت دانش فنی موجود در کشور نسبت به سایر شاخص‌ها اهمیت بیشتری داشته و وضعیت منابع مالی و منابع نیروی انسانی در درجات بعدی اهمیت قرار دارند در نهایت هم وضعیت آمادگی و هماهنگی دستگاه‌ها و سازمان‌های مربوط، کمترین اهمیت را نسبت به سایر شاخص‌ها دارا می‌باشد. جدول (۳-۱) نشان‌دهنده وزن هریک از شاخص‌ها می‌باشد.

جدول (۳-۱): وزن سوالات پرسشنامه ارزیابی توانمندی فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

شماره سوال	معیارهای توانمندی فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی	وزن
۱	وضعیت دانش فنی موجود در کشور برای فناوری	۰/۲۶
۲	وضع منابع مالی قابل تخصیص برای فناوری	۰/۱۸
۳	وضعیت نیروی انسانی متخصص در زمینه فناوری	۰/۱۶
۴	وضعیت زیرساخت های سخت افزاری و نرم افزاری	۰/۲۶
۵	وضعیت آمادگی و هماهنگی دستگاه ها و سازمانهای زیربط	۰/۱۴

این پرسشنامه‌ها بین کارشناسان حوزه متالورژی، شرکت‌های فعال در حوزه ساخت قطعات داغ نیروگاهی و کمیته راهبری تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، توزیع شد. اسامی افرادی که پرسشنامه را تکمیل نموده‌اند در جدول (۳-۲) آمده‌است.

جدول (۳-۲): اسامی افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه

ردیف	اسامی افراد	سمت
۱	دکتر موسوی	عضو هیات علمی دانشگاه شهید عباسپور
۲	مهندس چراغزاده	مدیر مهندسی موادکاران- شرکت مپنا
۳	دکتر آقایی	عضو هیات علمی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۴	مهندس نمازی	کارشناس دفتر فنی تولید توانیر
۵	مهندس فلاح	مدیر گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو
۶	دکتر رحمانی	عضو هیات علمی دانشگاه شهید عباسپور
۷	مهندس طباطبایی	کارشناس شرکت برق منطقه‌ای تهران
۸	مهندس مهدی‌زاده	کارشناس پژوهشگاه نیرو
۹	مهندس آیینه‌روایی	کارشناس شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران
۱۰	مهندس طاهرسیما	کارشناس بازنشسته دفتر فنی تولید توانیر

ردیف	اسامی افراد	سمت
۱۱	مهندس کاظم پور	کارشناس پژوهشگاه نیرو
۱۲	مهندس تیموری	مدیر عامل شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران
۱۳	مهندس ضیایی	کارشناس گروه مکانیک پژوهشگاه نیرو
۱۴	مهندس خداپرستی	کارشناس شرکت مشانیر
۱۵	مهندس غیاثی‌پور	شرکت مدیریت تولید برق ری
۱۶	دکتر جهانگیری	مدیر طرح حاضر
۱۷	دکتر غلامی‌پور	عضو هیات علمی سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران
۱۸	مهندس شیرپی	سرپرست آزمایشگاه متالورژی پژوهشگاه نیرو
۱۹	دکتر درویش	مدیر عامل شرکت بدر سیستم
۲۰	مهندس رضاخانی	کارشناس پژوهشگاه نیرو
۲۱	مهندس سلطانلو	کارشناس آزمایشگاه متالورژی پژوهشگاه نیرو

در مجموع ۲۱ پرسشنامه دریافت شد که نتایج این پرسشنامه‌ها وارد نرم‌افزار اکسل شد و محاسبات لازم برای اولویت‌بندی انجام شد. برای پاسخگویی به هرسوال فرد پاسخ‌دهنده می‌بایست عددی بین یک تا ده را انتخاب نماید. نحوه محاسبه برای فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بدین صورت است که عدد توانمندی هر فناوری، که میانگین اعداد نسبت داده‌شده به سوالات مختلف است و عددی بین ۱ تا ۱۰ می‌باشد در ضریب آشنایی هر فرد خبره، که افراد قبل از تکمیل پرسشنامه به خود نسبت می‌دهند، ضرب شده و در نهایت بر جمع ضرایب آشنایی تقسیم می‌شود و بدین ترتیب برای هر فناوری عددی بین ۱تا ۱۰ بدست می‌آید. همچنین همان‌طور که اشاره شده هریک از سوالات پرسشنامه توانمندی، دارای اهمیت متفاوتی نسبت به سایر سوالات می‌باشد لذا به هریک از سوالات پرسشنامه توانمندی، ضریب اهمیتی نسبت داده شده و سوالات وزن دهی شدند که در جدول (۳-۱) قابل مشاهده است. بنابراین توانمندی هریک از فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی به صورت میانگین وزنی اهمیت هریک از سوالات محاسبه شده‌است که عددی بین ۱ تا ۱۰ می‌باشد.

پس از ارزیابی توانمندی در هریک از فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، برای محاسبه توانمندی نهایی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مختلف همانطور که پیش‌تر توضیح داده شد، از میانگین توانمندی فرآیندهای ساخت آن ماده یا قطعه

استفاده شده است. برای مثال جهت ساخت روتور توربین گازی به فناوری‌های شکل دهی به روش آهنگری، شکل دهی بـه روش کشش و اکستروژن و ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا نیاز می‌باشد. توانمندی فناوری شکل دهی به روش آهنگری ۵,۹۹، شکل‌دهی به روش کشش و اکستروژن ۵,۶۲ و توانمندی فناوری ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنتـرل شـده و خـلا ۵,۸۸ می‌باشد که میانگین حسابی توانمندی این سه فناوری ۵,۸۲ می‌باشد. پس میانگین توانمندی فرآیندهای ساخت روتور توربین گازی یا همان توانمندی ساخت روتور توربین گازی ۵,۸۲ می‌باشد. توانمندی مابقی مواد و قطعات داغ نیروگـاهی نیـز بـه همـین ترتیـب محاسبه شده است. جهت اطمینان از صحت نتایج به دست آمده، نتایج در جلسه کمیته راهبری ارائه گردیده که مورد تاییـد ایشـان قرار گرفت.

در ادامه نتایج مربوط به جذابیت مواد و قطعات داغ نیروگاهی و توانمندی فرآیندهای ساخت آنهـا در جـداول (۳-۳) الـی (۳-۵) آمده است.

جدول (۳-۳): نتایج جذابیت مواد داغ نیروگاهی

ردیف	ماده	جذابیت
۱	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۹,۳۸
۲	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe	۴,۷۶
۳	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۷,۲۳
۴	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe	۴,۸۴
۵	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۸,۷۳
۶	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن	۴,۵۹
۷	پودر پوشش فلزی	۸,۴۶
۸	پودر پوشش سرامیکی	۸,۴۳
۹	شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی	۵,۵۴
۱۰	شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی	۵,۴۱
۱۱	مواد جوشکاری و بریزینگ	۷,۲۵
۱۲	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	۳,۱۹

ردیف	ماده	جذابیت
۱۳	ورق و تسمه ODS(مواد نو)	۴,۵۸
۱۴	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	۴,۵۹
۱۵	ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	۴,۳۴

جدول (۳-۴): نتایج جذابیت قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	قطعه	جذابیت
۱	پره ثابت توربین گازی	۹,۰۴
۲	پره متحرک توربین گازی	۹,۳۲
۳	روتور توربین گازی	۶,۷۷
۴	دیسک توربین گازی	۶,۸۰
۵	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	۸,۱۳
۶	پوسته توربین گازی	۵,۰۱
۷	پیچ و مهره دما بالا توربین گازی	۵,۴۹
۸	شرود توربین گازی	۶,۸۴
۹	انواع سیل توربین گازی	۶,۴۴
۱۰	لوله بویلر واحد بخاری	۸,۰۴
۱۱	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	۸,۱۳
۱۲	پره ثابت توربین بخاری	۷,۳۵
۱۳	پره متحرک توربین بخاری	۷,۵۵
۱۴	روتور توربین بخاری	۶,۰۳
۱۵	دیسک توربین بخاری	۵,۷۸
۱۶	مسیر انتقال بخار توربین بخاری	۵,۵۵
۱۷	پوسته توربین بخاری	۵,۱۲
۱۸	پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری	۵,۵۳

ردیف	قطعه	جذابیت
۱۹	ولو توربین بخاری	۶,۳۳
۲۰	هدر و درام توربین بخاری	۵,۰۷

جدول (۳-۵): نتایج توانمندی فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فرآیند	توانمندی
۱	جوشکاری اصطکاکی	۶,۱۶
۲	جوشکاری لیزر	۴,۸۵
۳	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	۴,۸۶
۴	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی	۴,۱۰
۵	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	۳,۷۰
۶	متالورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	۴,۹۰
۷	ماشینکاری با روش سنگ خزشی	۵,۱۴
۸	شکل دهی به روش آهنگری	۵,۹۹
۹	شکل دهی به روش نورد	۶,۲۰
۱۰	شکل دهی به روش کشش و اکستروژن	۵,۶۲
۱۱	فرایند تولید پودر فلزی	۴,۵۳
۱۲	فرایند تولید پودر سرامیکی	۴,۲۹
۱۳	ذوب و ریخته گری دقیق به روش انجماد جهت دار	۴,۶۹
۱۴	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال	۳,۲۹
۱۵	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	۵,۸۸
۱۶	HIP	۴,۲۸
۱۷	پوشش دهی پلاسما و HVOF	۵,۶۸
۱۸	بریزینگ در خلاء	۴,۶۵
۱۹	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده	۵,۱۲
۲۰	برشکاری با لیزر	۵,۴۲

ردیف	فرآیند	توانمندی
۲۱	اعمال تنش فشار سطحی از طریق التراسونیک	۵,۰۹
۲۲	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر	۴,۸۳
۲۳	ساخت ماهیچه سرامیکی	۵,۵۵

جدول (۳-۵) توانمندی فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی را نشان می‌دهد. طبق نتایج حاصل از این جدول به صورتی که پیش‌تر توضیح داده شده است توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی محاسبه شده است که در جداول (۳-۶) و (۳-۷) به نمایش در آمده است.

جدول (۳-۶): نتایج توانمندی مواد داغ نیروگاهی

ردیف	ماده	توانمندی
۱	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۴,۸۶
۲	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe	۴,۸۶
۳	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۵,۴۳
۴	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe	۵,۴۳
۵	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۵,۶۹
۶	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن	۵,۶۹
۷	پودر پوشش فلزی	۴,۷۰
۸	پودر پوشش سرامیکی	۴,۵۸
۹	شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی	۵,۷۳
۱۰	شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی	۵,۳۷
۱۱	مواد جوشکاری و بریزینگ	۵,۳۷
۱۲	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	۴,۵۸
۱۳	ورق و تسمه ODS(مواد نو)	۴,۹۳
۱۴	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	۵,۴۴
۱۵	ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	۵,۰۰

جدول (۳-۷): نتایج توانمندی قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	قطعه	توانمندی
۱	پره ثابت توربین گازی	۴,۹۲
۲	پره متحرک توربین گازی	۴,۸۸
۳	روتور توربین گازی	۵,۸۳
۴	دیسک توربین گازی	۵,۳۳
۵	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	۵,۱۱
۶	پوسته توربین گازی	۵,۳۹
۷	پیچ و مهره دما بالا توربین گازی	۵,۷۴
۸	شرود توربین گازی	۵,۳۷
۹	انواع سیل توربین گازی	۵,۲۹
۱۰	لوله بویلر واحد بخاری	۵,۹۲
۱۱	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	۵,۹۲
۱۲	پره ثابت توربین بخاری	۵,۷۷
۱۳	پره متحرک توربین بخاری	۵,۵۷
۱۴	روتور توربین بخاری	۵,۸۳
۱۵	دیسک توربین بخاری	۵,۶۳
۱۶	مسیر انتقال بخار توربین بخاری	۵,۸۳
۱۷	پوسته توربین بخاری	۶,۰۸
۱۸	پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری	۵,۷۴
۱۹	ولو توربین بخاری	۵,۸۵
۲۰	هدر و درام توربین بخاری	۶,۱۰

۳-۱-۳- تحلیل نتایج اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در ابتدا می‌توان میزان جذابیت و توانمندی را تفکیک کرد و نتایج را بر اساس هر یک از این دو معیار مرتب کـرد. در ادامـه بـه بررسی نتایج اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی پرداخته می‌شود.

نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت و توانمندی مربوط به مواد داغ نیروگاهی در جدول (۳-۸) و (۳-۹) نشان داده شـده است.

جدول (۳-۸): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مواد

ردیف	ماده	توانمندی	جذابیت
۱	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۴,۸۶	۹,۳۸
۲	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۵,۶۹	۸,۷۳
۳	پودر پوشش فلزی	۴,۷۰	۸,۴۶
۴	پودر پوشش سرامیکی	۴,۵۸	۸,۴۳
۵	مواد جوشکاری و بریزینگ	۵,۳۷	۷,۲۵
۶	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۵,۴۳	۷,۲۳
۷	شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی	۵,۷۳	۵,۵۴
۸	شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی	۵,۳۷	۵,۴۱
۹	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe	۵,۴۳	۴,۸۴
۱۰	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe	۴,۸۶	۴,۷۶
۱۱	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن	۵,۶۹	۴,۵۹
۱۲	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	۵,۴۴	۴,۵۹
۱۳	ورق و تسمه ODS(مواد نو)	۴,۹۳	۴,۵۸
۱۴	ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	۵,۰۰	۴,۳۴
۱۵	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	۴,۵۸	۳,۱۹

بر اساس جدول فوق مشخص است شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co، ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co، پودر پوشش فلزی و پودر پوشش سرامیکی دارای بالاترین جذابیت در میان مواد داغ نیروگاهی هستند و کلیه مواد نو (پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره، ورق و تسمه ODS، ترکیبات بین فلزی و پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره) به همراه ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن جذابیت کمتری نسبت به سایر مواد و قطعات داغ نیروگاهی دارند.

جدول (۳-۹): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مواد

ردیف	ماده	توانمندی	جذابیت
۱	شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی	۵,۷۳	۵,۵۴
۲	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۵,۶۹	۸,۷۳
۳	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن	۵,۶۹	۴,۵۹
۴	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	۵,۴۴	۴,۵۹
۵	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۵,۴۳	۷,۲۳
۶	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe	۵,۴۳	۴,۸۴
۷	شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی	۵,۳۷	۵,۴۱
۸	مواد جوشکاری و بریزینگ	۵,۳۷	۷,۲۵
۹	ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	۵,۰۰	۴,۳۴
۱۰	ورق و تسمه ODS(مواد نو)	۴,۹۳	۴,۵۸
۱۱	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	۴,۸۶	۹,۳۸
۱۲	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe	۴,۸۶	۴,۷۶
۱۳	پودر پوشش فلزی	۴,۷۰	۸,۴۶
۱۴	پودر پوشش سرامیکی	۴,۵۸	۸,۴۳
۱۵	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	۴,۵۸	۳,۱۹

طبق جدول (۳-۱۰) بیشترین توانمندی‌های مواد داغ نیروگاهی به شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی، ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co و ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن مربوط می‌شود و کمترین توانمندی مربوط به پودر پوشش فلزی، پودر پوشش سرامیکی و پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو) می‌باشد. همچنین جدول فوق نشان می‌دهد که

توانمندی ساخت مواد داغ نیروگاهی مختلف نزدیک به هم بوده و اختلاف توانمندی میان اولین و آخرین ماده ۱,۱۵ می‌باشد که عدد بزرگی نیست.

قطعات داغ نیروگاهی را نیز می‌توان بر اساس جذابیت و توانمندی مرتب نمود که نتایج آن در جداول (۳-۱۰) و (۳-۱۱) آمده است.

جدول (۳-۱۰): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت قطعات

ردیف	قطعه	توانمندی	جذابیت
۱	پره متحرک توربین گازی	۴,۸۸	۹,۳۲
۲	پره ثابت توربین گازی	۴,۹۲	۹,۰۴
۳	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	۵,۱۱	۸,۱۳
۴	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	۵,۹۲	۸,۱۳
۵	لوله بویلر واحد بخاری	۵,۹۲	۸,۰۴
۶	پره متحرک توربین بخاری	۵,۵۷	۷,۵۵
۷	پره ثابت توربین بخاری	۵,۷۷	۷,۳۵
۸	شرود توربین گازی	۵,۳۷	۶,۸۴
۹	دیسک توربین گازی	۵,۳۳	۶,۸۰
۱۰	روتور توربین گازی	۵,۸۳	۶,۷۷
۱۱	انواع سیل توربین گازی	۵,۲۹	۶,۴۴
۱۲	ولو توربین بخاری	۵,۸۵	۶,۳۳
۱۳	روتور توربین بخاری	۵,۸۳	۶,۰۳
۱۴	دیسک توربین بخاری	۵,۶۳	۵,۷۸
۱۵	مسیر انتقال بخار توربین بخاری	۵,۸۳	۵,۵۵
۱۶	پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری	۵,۷۴	۵,۵۳
۱۷	پیچ و مهره دما بالا توربین گازی	۵,۷۴	۵,۴۹
۱۸	پوسته توربین بخاری	۶,۰۸	۵,۱۲

ردیف	قطعه	توانمندی	جذابیت
۱۹	هدر و درام توربین بخاری	۶,۱۰	۵,۰۷
۲۰	پوسته توربین گازی	۵,۳۹	۵,۰۱

جدول (۳-۱۰) نشان می‌دهد پره ثابت و متحرک توربین گازی دارای جذابیت بسیار بالایی می باشند و پوسته توربین بخاری، هدر و درام توربین بخاری و پوسته توربین گازی کمترین جذابیت را میان قطعات داغ نیروگاهی دارا می‌باشند. همچنین طبق جدول (۳-۱۱) هدر و درام توربین بخاری و پوسته توربین بخاری بیشترین توانمندی و پره ثابت و متحرک توربین گازی کمترین توانمندی را میان قطعات داغ نیروگاهی دارا می‌باشند.

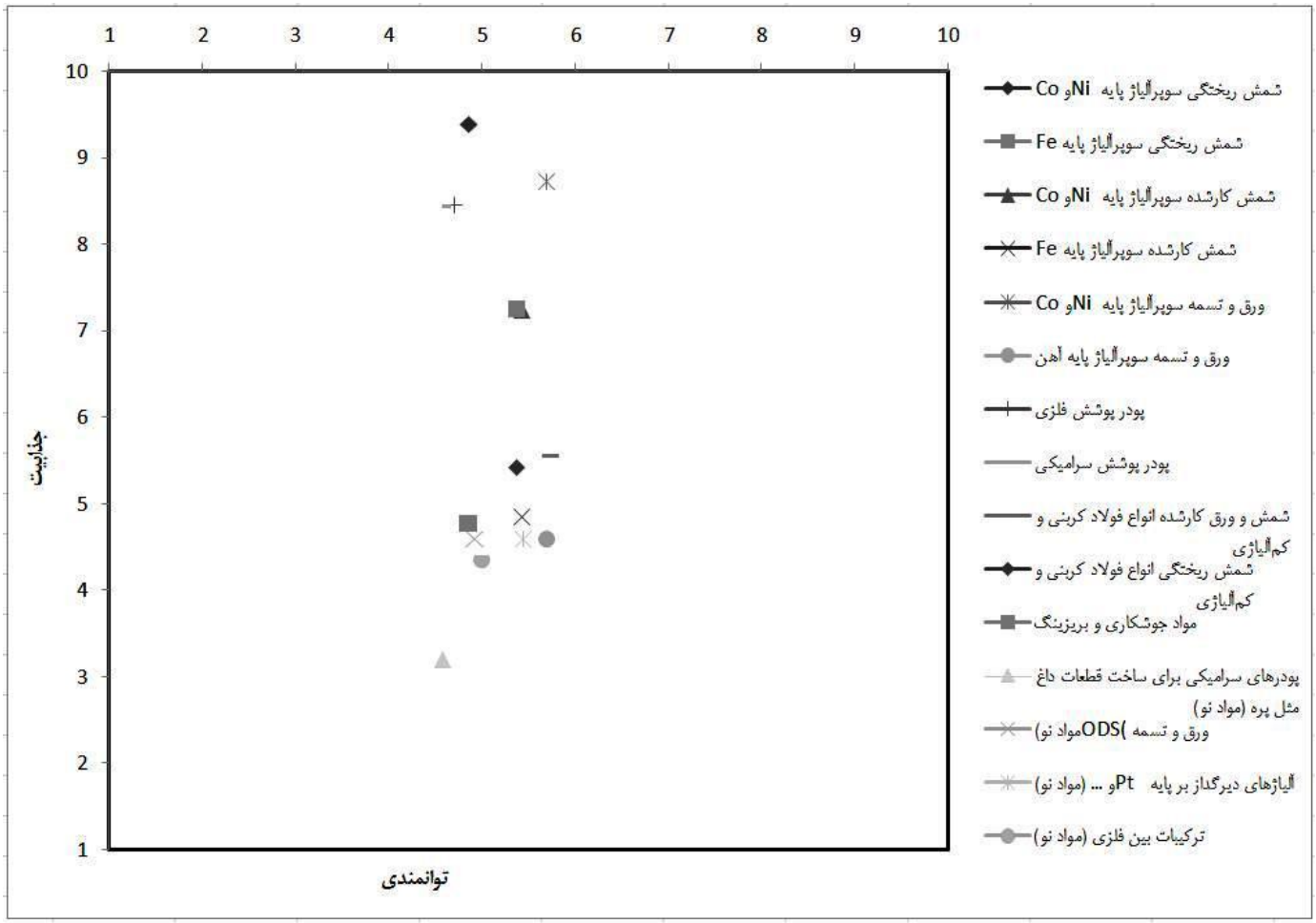
جدول (۳-۱۱): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی قطعات

ردیف	قطعه	توانمندی	جذابیت
۱	هدر و درام توربین بخاری	۶,۱۰	۵,۰۷
۲	پوسته توربین بخاری	۶,۰۸	۵,۱۲
۳	لوله بویلر واحد بخاری	۵,۹۲	۸,۰۴
۴	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	۵,۹۲	۸,۱۳
۵	ولو توربین بخاری	۵,۸۵	۶,۳۳
۶	روتور توربین گازی	۵,۸۳	۶,۷۷
۷	روتور توربین بخاری	۵,۸۳	۶,۰۳
۸	مسیر انتقال بخار توربین بخاری	۵,۸۳	۵,۵۵
۹	پره ثابت توربین بخاری	۵,۷۷	۷,۳۵
۱۰	پیچ و مهره دما بالا توربین گازی	۵,۷۴	۵,۴۹
۱۱	پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری	۵,۷۴	۵,۵۳
۱۲	دیسک توربین بخاری	۵,۶۳	۵,۷۸
۱۳	پره متحرک توربین بخاری	۵,۵۷	۷,۵۵

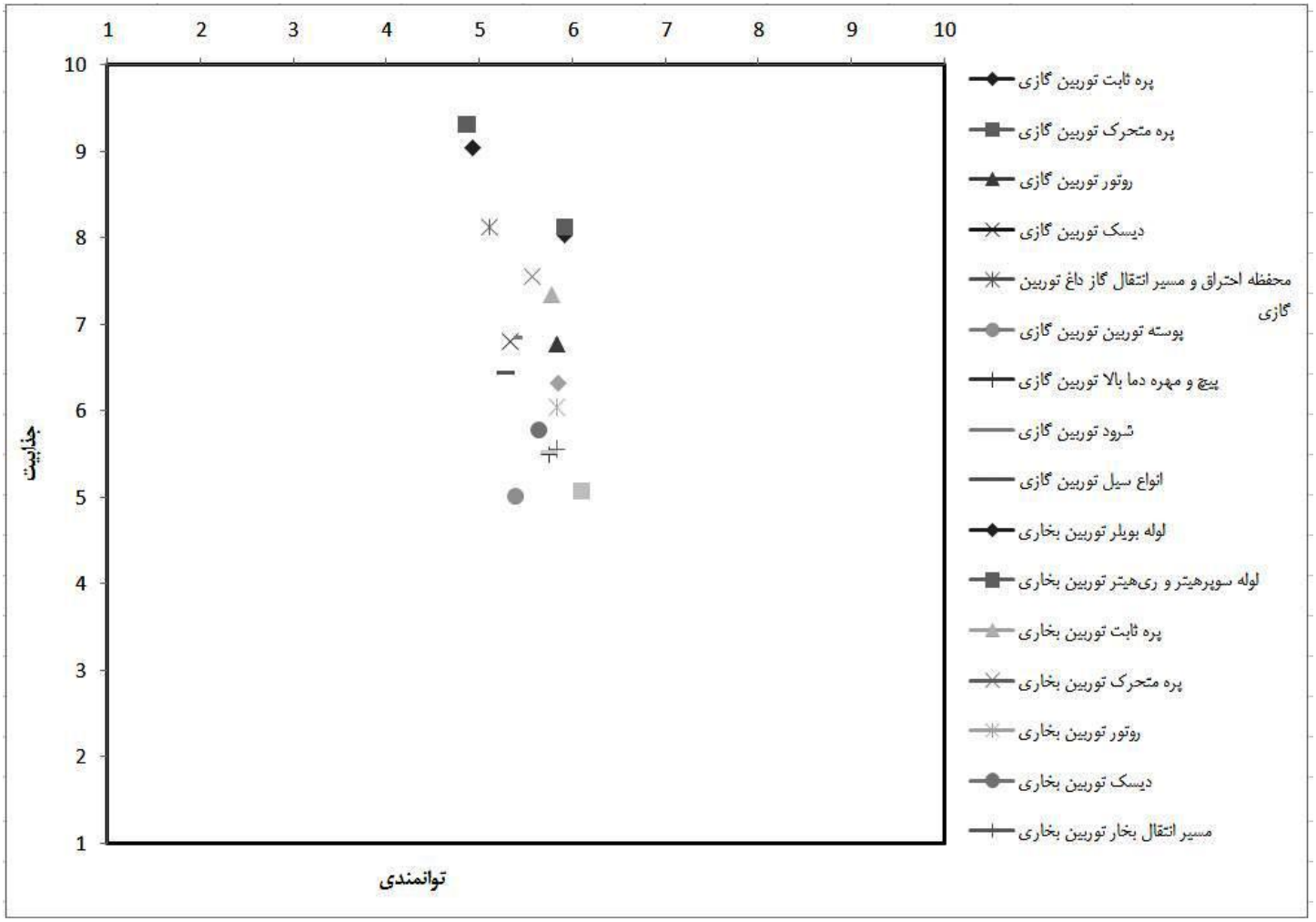
ردیف	قطعه	توانمندی	جذابیت
۱۴	پوسته توربین گازی	۵,۳۹	۵,۰۱
۱۵	شرود توربین گازی	۵,۳۷	۶,۸۴
۱۶	دیسک توربین گازی	۵,۳۳	۶,۸۰
۱۷	انواع سیل توربین گازی	۵,۲۹	۶,۴۴
۱۸	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	۵,۱۱	۸,۱۳
۱۹	پره ثابت توربین گازی	۴,۹۲	۹,۰۴
۲۰	پره متحرک توربین گازی	۴,۸۸	۹,۳۲

۳-۱-۳-۱- ماتریس جذابیت- توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

قسمت اصلی تحلیل نتایج با توجه به متدولوژی، از طریق تعیین جایگاه در ماتریس جذابیت –توانمندی صورت می‌گیرد. همان طورکه از نام این ماتریس نیز مشخص است از دو بعد جذابیت و توانمندی تشکیل شده است. بر اساس معیارهای مطرح شده در ابتدای بخش و جمع بندی نتایج پرسشنامه‌ها و محاسبات لازم، هر کدام از ابعاد جذابیت و توانمندی تعیین شده‌اند و کافی است که این مقادیر در ماتریس نمایش داده شوند. ماتریس‌های اولیه‌ای که حاصل می‌شود در شکل‌های (۳-۲) و (۳-۳) نمایش داده شده است.



شکل (۳-۲): ماتریس جذابیت توانمندی مواد داغ نیروگاهی

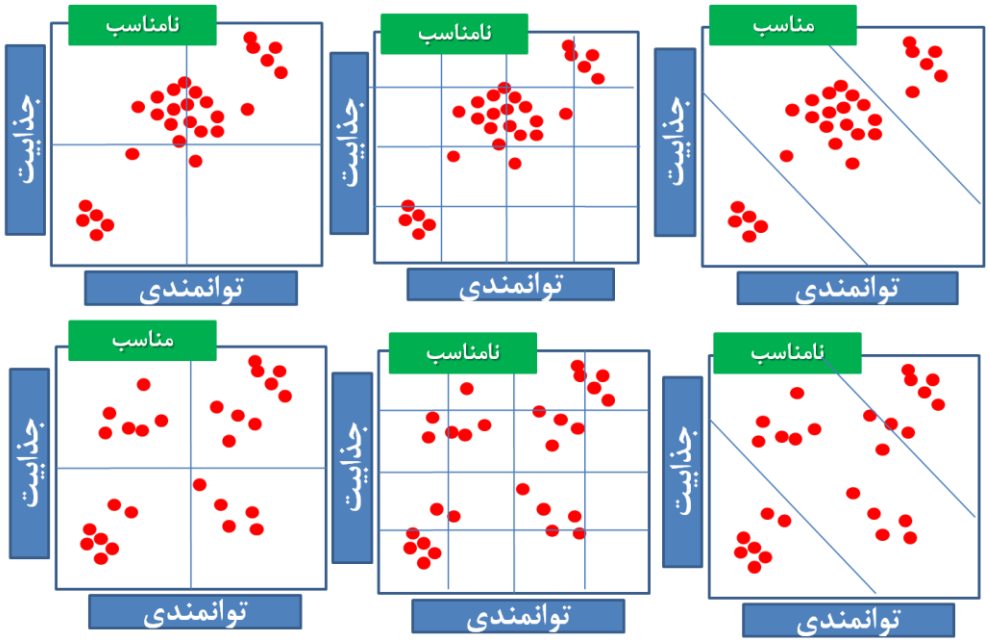


شکل (۳-۳): ماتریس جذابیت توانمندی قطعات داغ نیروگاهی

۳-۱-۳-۱-۱- ناحیه‌بندی ماتریس ارزیابی جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به ادبیات موضوع، این ماتریس باید به چند منطقه تقسیم شود تا بتوان بر اساس آن، دست به انتخاب زد. این ماتریس، بیانگر جایگاه جذابیت و توانمندی هریک از مواد و قطعات می‌باشد. در این ماتریس برای تقسیم‌بندی می‌توان از تقسیم به سه ناحیه (با استفاده از خطوط شیب‌دار)، چهار ناحیه و شانزده ناحیه استفاده نمود.

تعداد و نحوه نواحی در نظر گرفته شده در ماتریس جذابیت–توانمندی وابسته به پارامتر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت–توانمندی می‌باشد. در واقع ناحیه‌بندی در نظر گرفته شده باید به گونه‌ای انجام پذیرد که بتوان دسته فناوری‌ها را از هم تمیز داد، به عبارت دیگر فناوری‌های دارای توانمندی و جذابیت تقریباً یکسان در یک ناحیه قرار گیرند. نحوه صحیح دسته‌بندی با توجه به پراکندگی زیرفناوری‌ها در ماتریس جذابیت–توانمندی در شکل (۳–۴) ارائه شده است. در مجموع ترجیح داده می‌شود که از یک سو تا حد امکان تعداد نواحی انتخاب شده در ماتریس کمتر بوده و از سوی دیگر زیرفناوری‌ها بر روی مرزهای نواحی مختلف قرار نگیرند.



شکل (۳–۴): اثر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت و توانمندی بر انتخاب نواحی ماتریس

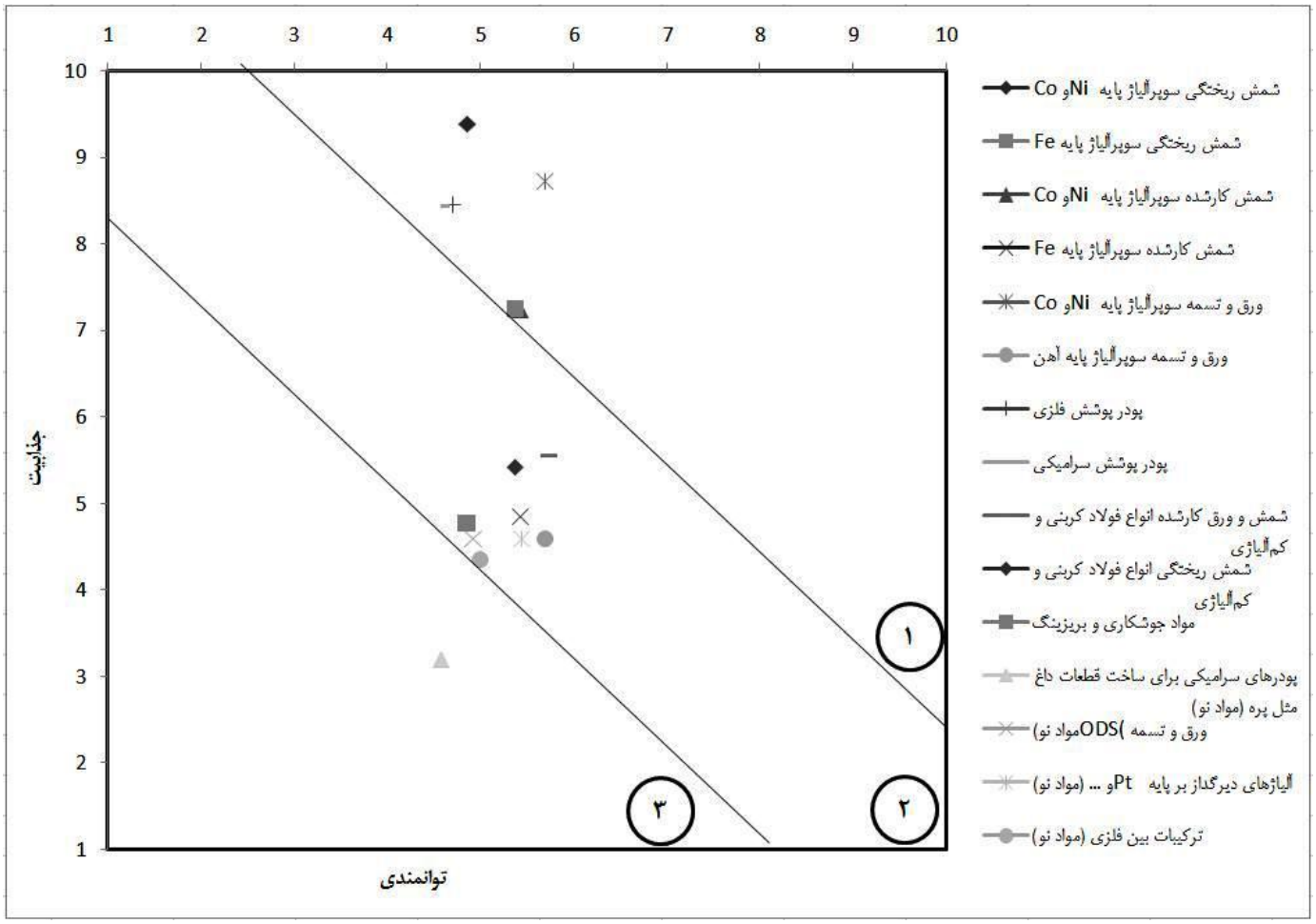
در این میان با توجه به ماتریس و نوع انتخاب در این طرح از روش تقسیم سه ناحیه استفاده شد. فناوری‌هایی که در قسمت بالا و راست ماتریس قرار دارند دارای جذابیت و توانمندی نسبتا بالایی هستند. در این ناحیه، استراتژی انتخابی توسعه درون‌زا است. توسعه درون‌زا یعنی توسعه‌ای که به صورت همه‌جانبه و در داخل کشور باید صورت گیرد و معمولا از تحقیق و توسعه برای کسب

یک فناوری شروع می‌شود. در حقیقت هنگامی که یک فناوری از جذابیت بالایی برخوردار است، چنانچه توانمندی دستیابی بـه آن فناوری نیز از میزان قابل قبولی برخوردار باشد، توسعه‌ی همه جانبه آن در کشور روش اکتساب مناسب آن فناوری خواهد بود.

فناوری‌هایی که در ناحیه پایین چپ ماتریس قرار گرفته اند دارای جذابیت و توانمندی بـه نسـبت پـایینی هسـتند. بنـابراین از فناوری‌های این دسته باید چشم‌پوشی کرد و در حیطه توسعه فناوری جایی ندارند. زیرا هنگامی که جذابیت یک فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها پایین باشد و هم‌چنین توانمندی دستیابی به آن فناوری نیز کم باشد، در اولویت‌های توسعه فناوری قرار نمی‌گیرد. استراتژی مناسب برای این دسته از فناوری‌ها چشم‌پوشی می‌باشد.

سایر فناوری‌ها که در این دو ناحیه قرار ندارند وارد الگوریتم روش اکتساب شده و ممکن است روش‌های اکتساب مختلفـی بـه هرفناوری نسبت داده شود مانند: توسعه درونزا، انتقال فناوری و چشم پوشی و ممکن است فناوری در داخـل کشـور وجـود داشـته باشد.

شکل (۳-۵) نمایش دهنده هریک از مواد داغ نیروگاهی و شـکل (۳-۶) نمـایش دهنـده هریـک از قطعـات داغ نیروگـاهی در ماتریس جذابیت توانمندی با تقسیم سه ناحیه‌ای می‌باشد.



شکل (۳-۵): تقسیم بندی ماتریس جذابیت توانمندی مواد داغ نیروگاهی

همانطور که از شکل (۳-۵) پیداست، مواد زیر درناحیه ۱ ماتریس قرار گرفته‌اند:

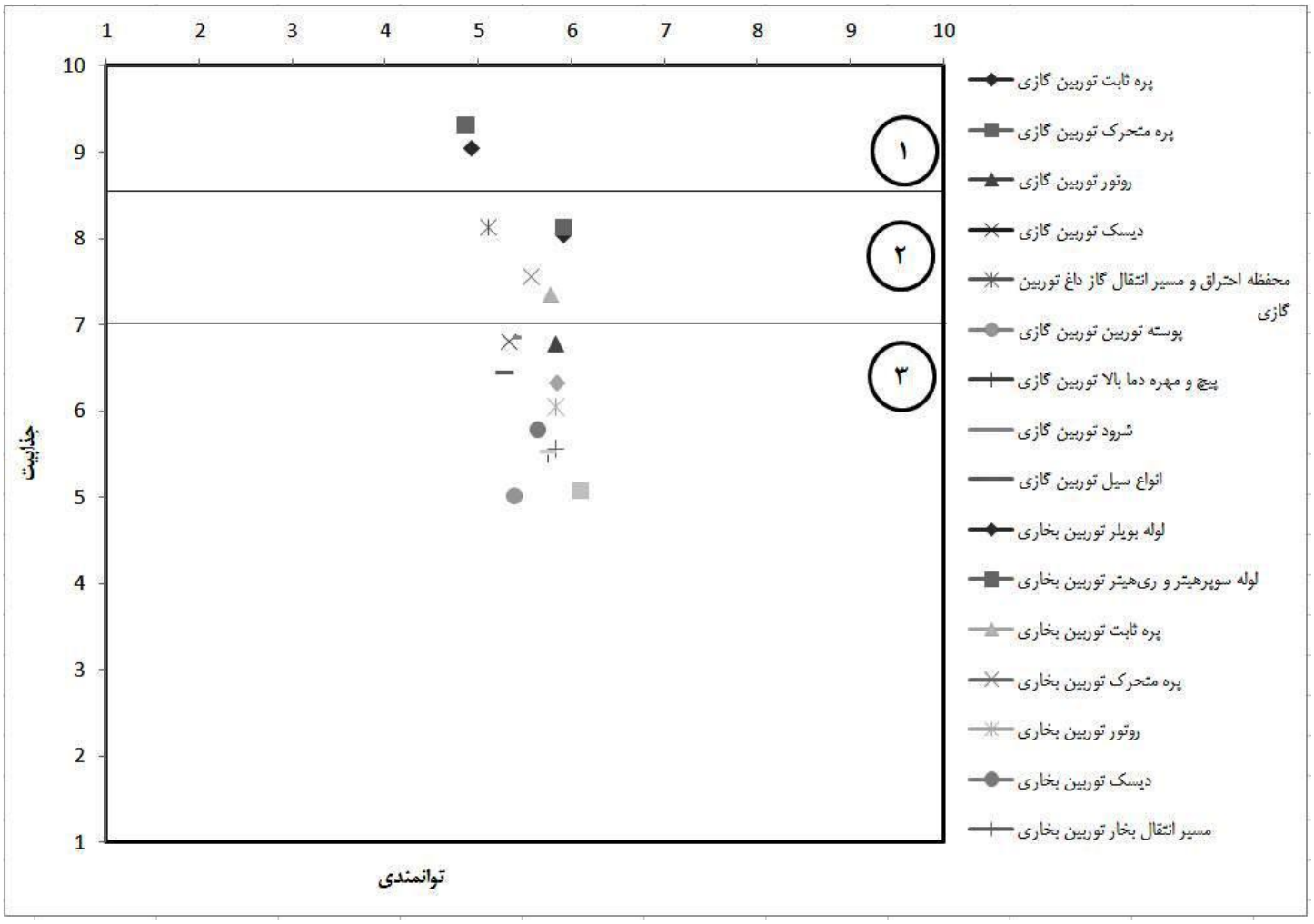
- شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co
- ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co
- پودر پوشش فلزی
- پودر پوشش سرامیکی
- مواد جوشکاری و بریزینگ
- شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co

با توجه به اینکه این فناوری‌ها هم جذابیت بالایی دارند و هم توانمندی کشور در آنها بالاست می‌توان جهت توسعه این فناوری‌ها رویکرد توسعه درونزا را پیشنهاد نمود توسعه‌ای که به صورت همه‌جانبه و در داخل کشور باید صورت گیرد.

در قسمت ۳ ماتریس جذابیت توانمندی تنها پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو) قرار دارد. این ماده جذابیت پایینی دارد و همچنین توانمندی‌های کشور در مورد این ماده پایین است پس از توسعه پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو) چشم‌پوشی می‌شود.

مابقی مواد داغ نیروگاهی در ناحیه ۲ ماتریس جذابیت توانمندی واقع شده‌اند و می‌بایست توسط الگوریتم روش اکتساب در مورد آنها تصمیم گیری نمود. موادی که در ناحیه ۲ ماتریس واقع شده‌اند عبارتند از:

- شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی
- شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی
- شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe
- ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن
- آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)
- شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe
- ترکیبات بین فلزی (مواد نو)
- ورق و تسمه ODS(مواد نو)



شکل (۳-۶): تقسیم بندی ماتریس جذابیت توانمندی قطعات داغ نیروگاهی

قطعات پره ثابت توربین گازی و پره متحرک توربین گازی در ناحیه اول ماتریس واقع شده‌اند و طبق توضیحات داده شده رویکرد توسعه این دسته از قطعات داغ نیروگاهی توسعه درونزا می‌باشد.

۱۳ قطعه نیز در ناحیه سوم ماتریس واقع شده‌اند و به دلیل جذابیت پایین از توسعه این قطعات چشم‌پوشی می‌شود. قطعاتی که در ناحیه سوم ماتریس جذابیت توانمندی قطعات داغ نیروگاهی واقع شده‌اند عبارتند از:

- روتور توربین بخاری
- دیسک توربین بخاری

- مسیر انتقال بخار توربین بخاری
- پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری
- پیچ و مهره دما بالا توربین گازی
- پوسته توربین گازی
- پوسته توربین بخاری
- هدر و درام توربین بخاری
- شرود توربین گازی
- دیسک توربین گازی
- روتور توربین گازی
- انواع سیل توربین گازی
- ولو توربین بخاری

مابقی قطعات در ناحیه دوم ماتریس قرار دارند و باید به کمک الگوریتم روش اکتساب، در مورد آنان تصمیم‌گیری نمود. این قطعات عبارتند از:

- محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی
- لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری
- لوله بویلر واحد بخاری
- پره متحرک توربین بخاری
- پره ثابت توربین بخاری

۳-۱-۴- روش اکتساب مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در این قسمت مواد و قطعات که نیاز است در مورد روش اکتساب آنها تصمیم‌گیری شود وارد الگوریتم روش اکتساب می‌شوند. برای تعیین روش اکتساب مواد و قطعات داغ نیروگاهی، الگوریتمی طراحی شده است که در ادامه به تفصیل شرح داده خواهد شد.

جهت تعیین روش اکتساب آن دسته از فناوری‌هایی که در ناحیه ۲ ماتریس جذابیت توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی واقع شده‌اند، الگوریتمی طراحی شده است. این الگوریتم از چند شرط و ورودی و تصمیم‌گیری در هر مرحله استفاده می‌کند. با ورود هر فناوری، اولین شرطی که بررسی می‌شود وجود یا عدم وجود تولیدکننده داخلی می‌باشد. در گام‌های بعدی شروط دیگری مورد بررسی قرار می‌گیرد که به شرح زیر است:

۱- تقاضای ریالی برای این ماده/قطعه به چه میزان است؟

۲- فرآیندهای ساخت این ماده/قطعه تا چه میزان در داخل کشور موجود می باشد؟

۳- آیا تقاضای این قطعه هزینه دستیابی به آن را پوشش می دهد؟

۴- هزینه تحقیق نسبت به انتقال فناوری چگونه است؟

۵- این ماده/قطعه در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار دارد؟

با توجه به این شروط، روش اکتساب مشخص می‌گردد که در ادامه تمامی حالات ممکن مورد بررسی قرار می‌گیرد:

⇦ اولین سوال موجود در الگوریتم بررسی می‌کند که آیا تامین کننده داخلی برای این ماده/قطعه وجود دارد یا خیر. در صورتی که تامین کننده داخلی برای ماده/قطعه وجود داشته باشد ادامه داده نمی‌شود زیرا ماده/قطعه در داخل کشور وجود دارد در غیر این صورت به مراحل بعدی الگوریتم پرداخته می‌شود.

⇦ در مرحله بعد فاکتور بسیار مهم تقاضای ریالی ماده/قطعه مطرح است. منظور از تقاضای ریالی ارزش ریالی یک ماده/قطعه ضربدر تعداد تقاضای آن ماده/قطعه می‌باشد. ممکن است یک ماده/قطعه تقاضای پایینی داشته باشد اما ارزش هرواحد از ماده/قطعه بسیار بالا باشد یا بالعکس تقاضا در مورد ماده/قطعه‌ای بالا باشد اما مجموع این تقاضا

ارزش ریالی بالایی نداشته باشد. بنابراین به کمک این سوال ماده/قطعه از فیلتری میگذرد که مشخص می‌کند این ماده/قطعه چه مقدار برای کشور هزینه دارد. ماده/قطعه هایی که تقاضای ریالیشان زیاد است از ماده/قطعه هایی که تقاضا ریالی کمی دارند جدا می‌شود.

⇦ اگر تقاضای ریالی یک ماده/قطعه کم باشد، بررسی می‌شود که فرآیندهای ساخت این ماده/قطعه تا چه میزان در داخل کشور موجود می‌باشد. اگر فرآیندهای ساخت ماده/قطعه هم در داخل کشور به میزان زیادی موجود نباشد توسعه این ماده/قطعه برای کشور اولویت ندارد و رویکرد چشم پوشی برای آن پیشنهاد می‌شود.

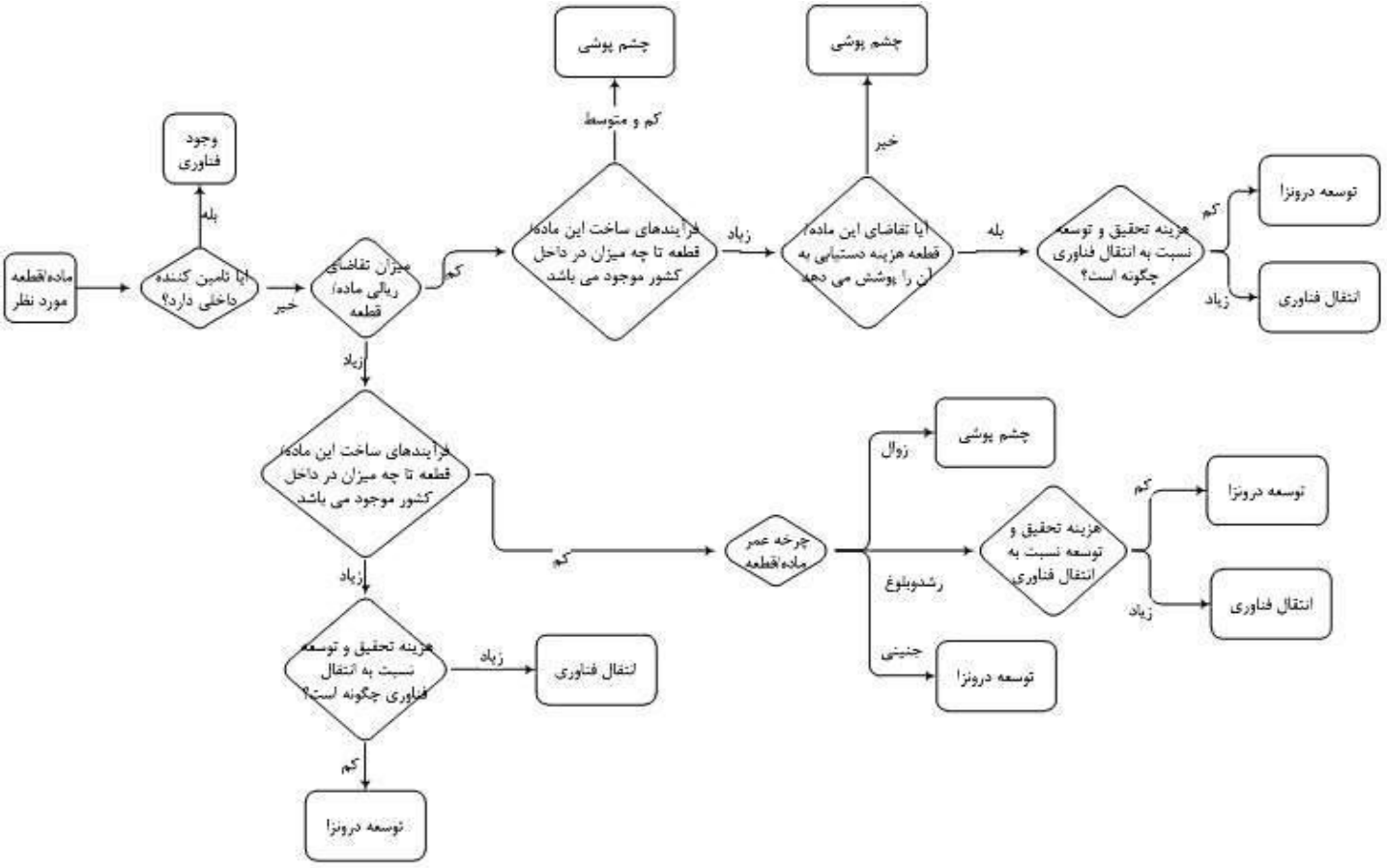
⇦ اما اگر تقاضای ریالی کم باشد ولی فرآیندهای ساخت ماده/قطعه تا حد زیادی درداخل کشور موجود باشد بررسی می‌گردد که آیا تقاضای ماده/قطعه هزینه دستیابی به آن را در داخل کشور توجیح می‌کند یا خیر. در واقع به بیان بهتر آیا دستیابی به این ماده/قطعه در داخل کشور توجیح اقتصادی دارد یا خیر. در صورتی که میزان تقاضای ریالی به قدری کم باشد که دستیابی به ماده/قطعه در داخل کشور توجیح نداشته باشد رویکرد چشم پوشی برای آن ماده/قطعه پیشنهاد می‌شود اما در صورتی که دستیابی به ماده/قطعه در داخل کشور توجیح اقتصادی داشته باشد رویکرد پیشنهادی توسعه درونزا و یا انتقال فناوری می‌باشد به این صورت که هر رویکردی که هزینه کمتری برای کشور داشته باشد انتخاب می‌گردد.

⇦ در حالتی که تقاضای ریالی برای یک ماده/قطعه زیاد باشد و فرآیندهای ساخت این ماده/قطعه تا حد زیادی در داخل کشور موجود باشد، هزینه تحقیق با انتقال فناوری مقایسه می‌گردد و هرکدام هزینه کمتری داشت به عنوان رویکرد پیشنهادی انتخاب می‌شود.

⇦ اما اگر تقاضای ریالی برا ماده/قطعه بالا باشد ولی فرآیندهای ساخت این ماده/قطعه در داخل کشور وجود نداشته باشد، چرخه عمر ماده/قطعه بررسی می‌گردد. اگر ماده/قطعه در مرحله زوال باشد دستیابی به آن در داخل کشور منطقی نیست و رویکرد چشم پوشی پیشنهاد می‌گردد. اگر ماده/قطعه در مرحله جنینی خود باشد می‌توان این ماده/قطعه را در داخل کشور توسعه درونزا نمود و اگر ماده/قطعه در مرحله رشد و بلوغ خود باشد مجددا هزینه‌های تحقیق را با

انتقال فناوری مقایسه نموده و رویکرد ارزانتر به عنوان رویکرد پیشنهادی اعلام خواهد شد.

تمامی این حالات را می‌توان در الگوریتم ارائه شده در شکل (۳-۷) مشاهده نمود.



شکل (۳-۷): الگوریتم روش اکتساب مواد و قطعات داغ نیروگاهی

خروجی الگوریتم (روش اکتساب پیشنهادی) برای مواد و قطعات داغ نیروگاهی که در ناحیه ۲ ماتریس جذابیت توانمندی قرار گرفته بودند، در جداول (۳-۱۲) و (۳-۱۳) ارائه شده است. لازم به ذکر است مواد و قطعاتی که در داخل کشور موجود بودند با خط تیره مشخص شده‌اند.

جدول (۳-۱۲): روش اکتساب پیشنهادی برای مواد داغ نیروگاهی

ردیف	ماده	روش اکتساب
۱	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe	-
۲	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe	چشم پوشی
۳	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن	چشم پوشی
۴	شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی	توسعه درونزا
۵	شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی	-
۶	ورق و تسمه ODS(مواد نو)	چشم پوشی
۷	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	چشم پوشی
۸	ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	چشم پوشی

بر اساس جدول فوق رویکرد پیشنهادی برای شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی توسعه درونزا می‌باشد و از توسعه مواد داغ نیروگاهی شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe، ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن، ورق و تسمه ODS(مواد نو)، آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو) و ترکیبات بین فلزی (مواد نو) چشم‌پوشی می‌شود. همچنین شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe و شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی در داخل کشور تامین می‌شوند.

جدول (۳-۱۳): روش اکتساب پیشنهادی برای قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	قطعه	خروجی الگوریتم
۱	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	توسعه درونزا
۲	لوله بویلر واحد بخاری	انتقال فناوری
۳	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	انتقال فناوری
۴	پره ثابت توربین بخاری	توسعه درونزا
۵	پره متحرک توربین بخاری	توسعه درونزا

نتایج الگوریتم روش اکتساب برای قطعات داغ نیروگاهی به این صورت است که برای قطعات محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی، پره ثابت توربین بخاری و پره متحرک توربین بخاری رویکرد توسعه درونزا پیشنهاد می‌شود و برای قطعات لوله بویلر واحد بخاری و لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری رویکرد انتقال فناوری پیشنهاد می‌گردد.

۳-۲- طراحی مواد داغ نیروگاهی

همانطور که پیشتر اشاره گردید تسلط بر طراحی مواد داغ نیروگاهی در افق زمانی طرح حاضر امکان‌پذیر نمی‌باشد و از اولویت‌های این سند راهبردی نیست. اما افزایش تحقیقات پایه در این زمینه می‌تواند در افق زمانی ۱۰ ساله این طرح صورت پذیرد. با توجه به این که دستیابی به دانش فنی طراحی مواد در آینده‌ای دورتر امکان‌پذیر است، تحقیقات پایه جهت طراحی مواد می‌بایست تنها در مورد موادی که در آینده دارای کاربرد فراوان خواهند بود انجام شود. در غیر این‌صورت ممکن است پس از انجام تحقیقات پایه جهت طراحی ماده‌ای، در آینده از کاربرد آن ماده کاسته شود و نتیجه تحقیقات و بودجه‌های صرف شده جهت دستیابی به دانش فنی آن ماده مفید واقع نشوند. لذا از میان موادی که می‌بایست به صورت درونزا توسعه یابند تنها موادی برگزیده خواهند شد که در آینده دارای کاربرد زیادی باشند.

موادی که روش اکتساب آنها توسعه درونزا می‌باشد عبارتند از:

- شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co
- ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co
- پودر پوشش فلزی
- پودر پوشش سرامیکی
- مواد جوشکاری و بریزینگ
- شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co
- شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی

که از میان آنها شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی، شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co و شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co در آینده دارای کاربرد فراوان می‌باشند. لذا تحقیقات پایه معطوف به این سه ماده می‌شود.

۳-۳- راهبردهای تعیین شده برای توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در راستای نیل به اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی باید راهبردهای توسعه این مواد و قطعات شناخته شود. در این فرایند، ابتدا با استفاده از اطلاعات مرحله دوم پروژه، حوزه‌های فناورانه مشخص گردید. سپس با اولویت‌بندی در بخش فناوری، روش اکتساب مشخص شد. در انتها با در نظر گرفتن چشم‌انداز و محورهای اهداف کلان و همچنین روش‌های اکتساب مشخص‌شده، ۴ راهبرد برای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین شد.

راهبردهای شناسایی شده عبارتند از:

۱- دستیابی به دانش فنی ساخت مواد داغ نیروگاهی شامل : شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی، شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co، ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co، پودر پوشش فلزی، پودر پوشش سرامیکی، مواد جوشکاری و بریزینگ و شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co

۲- همکاری و مشارکت با شرکت‌های پیشرو جهت انتقال دانش فنی ساخت قطعات لوله بویلر واحد بخاری و لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری

۳- دستیابی به دانش فنی ساخت قطعات داغ نیروگاهی شامل: محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی، پره ثابت توربین بخاری، پره متحرک توربین بخاری، پره ثابت توربین گازی و پره متحرک توربین گازی

۴- تحقیق در زمینه طراحی مواد داغ نیروگاهی شامل شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی، شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co و شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co

نتیجه‌گیری

یکی از نتایج گزارش حاضر، تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز فناوری‌های طراحی و توسعه دانش‌فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد. بیانیه اولیه چشم‌انداز بر مبنای مطالعات صورت گرفته (خصوصاً چشم‌انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً اسناد راهبردی صنعت برق) تدوین گردید. با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و ملاحظات کلی تدوین چشم‌انداز می‌باشد، در ابتدا به بررسی چهارچوب نظری و ملاحظات کلی تدوین و تبیین چشم‌انداز پرداخته شد. پس از آن با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده و اسناد بالادستی، نسبت به تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز اقدام شد.

در ادامه روند تدوین اهداف ارائه شد و بر اساس روند تشریح شده، اهداف کلان در طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین شدند.

در گام سوم، به تدوین راهبردها پرداخته شد. راهبردها مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. جهت تدوین راهبردهای این طرح، با توجه به چشم‌انداز سند، سه موضوع اصلی مورد توجه قرار گرفت. موضوع اول ساخت مواد داغ نیروگاهی، موضوع دوم ساخت قطعات داغ نیروگاهی و موضوع سوم طراحی مواد داغ اولویت‌دار بود. در موضوعات ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی دو شاخص جذابیت و توانمندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی مورد توجه قرار گرفته است. جهت ارزیابی جذابیت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، سوالاتی مطرح شده و پرسشنامه‌هایی تهیه شد که بر اساس این پرسشنامه‌ها و طبق نظر خبرگان، جذابیت مواد و قطعات مختلف به دست آمده است. برای ارزیابی توانمندی ساخت مواد و قطعات، از آنجا که مصداق معیار توانمندی در ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فناوری‌های ساخت این مواد و قطعات بوده و با توجه به این نکته که بسیاری از این فناوری‌ها در ساخت مواد و قطعات مختلف مشترک بوده و دستیابی به این فناوری‌ها می‌تواند ساخت مواد و قطعات بسیاری را تسهیل کرده و همچنین از آنجا که گلوگاه اصلی در ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، فناوری‌های ساخت آنها می‌باشد، در این طرح معیار توانمندی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، به طور مجزا ارزیابی شده و بعد از دسته‌بندی فناوری‌های ساخت بر

اساس معیار توانمندی، توانمندی ساخت هریک از مواد و قطعات داغ نیروگاهی محاسبه شده است. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از جذابیت مواد و قطعات و نتیجه حاصل از توانمندی در فناوری‌های ساخت مواد و قطعات، ماتریس جذابیت- توانمندی برای مواد و قطعات ترسیم شده و با استفاده از این ماتریس اولویت بندی مواد و قطعات صورت گرفته و پس از تعیین روش اکتساب مواد و قطعات مختلف، راهبردهای مربوط به ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین گردیده است. همچنین در موضوع طراحی مواد، از آنجا که طبق نظر کمیته راهبری توانمندی کشور در طراحی مواد بسیار پایین می‌باشد، برای تصمیم‌گیری در رابطه با موادی که می‌توان بر روی طراحی آنها، به تحقیق پرداخت، از بین موادی که روش اکتساب آنها توسعه درون‌زا شده است و در افق ۱۰ ساله سند می‌بایست در کشور تولید شوند، مواد داغ نیروگاهی که در آینده نیز دارای کاربرد می‌باشند انتخاب شده و بر اساس آن راهبرد مربوط به طراحی مواد داغ نیروگاهی تدوین گردیده است. در نهایت به منظور اولویت‌بندی مواد و قطعات داغ نیروگاهی، آن‌ها را بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ارزیابی کرده‌ایم. در این روش پیشنهادی، تعیین مواد و قطعات برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت-توانمندی صورت پذیرفته است.

در راستای نیل به اهداف طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی باید راهبردهای توسعه این مواد و قطعات شناخته شود. در این فرایند، ابتدا با استفاده از اطلاعات مرحله دوم پروژه، حوزه‌های فناورانه مشخص گردید. سپس با اولویت‌بندی در بخش فناوری، روش اکتساب مشخص شد. در انتها با در نظر گرفتن چشم‌انداز و محورهای اهداف کلان و همچنین روش‌های اکتساب مشخص‌شده، ۴ راهبرد برای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین شد.

منابع و مراجع

۱- *روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق، راهنمای شماره ۱.* پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲، ویرایش دوم.

2- http://www.dolat.ir/PDF/20years.pdf.

3- http://www.moe.gov.ir.

4- legal.iums.ac.ir/uploads/ghanune-barname_panjom.pdf.

5- http://rc.majlis.ir/fa/law/show/99709.

6- http://maslahat.ir/DocLib2.

7- http://www.atf.gov.ir/

8- http://www.isacmsrt.ir/files/site1/pages/naghshe_jame_elmi.pdf.

9- Kaplan, R.S., Norton, D.P., The balanced scorecard: translating strategy into action, 1996, Harvard Business Press.

10- Pearce, J.A, Robinson, R.B, Strategic management: formulation, implementation, and control, 1997, Irwin/McGraw-Hill.

۱۱-مهدی فتح‌اله، علیرضا علی احمدی، و ایرج تاج‌الدین. *نگرشی جامع بر مدیریت استراتژیک.* تهران: تولید دانش، ۱۳۸۲.

۱۲-سید محمد اعرابی. *دستنامه برنامه ریزی استراتژیک.* تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۸۵.

۱۳-فاز دوم طرح تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت موادو قطعات داغ نیروگاهی، مهرماه ۹۳

پیوست ۱- پرسشنامه ارزیابی توانمندی فناوری ها

پرسشنامه ارزیابی توانمندی فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

تحصیلات / تخصص: **شماره تماس:**

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایلید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعات متخصصین ذخیره گردد؟ **بلی** ❐ **خیر** ❐

تجربیات قبلی(در صورت امکان، به صورت خلاصه ضمیمه گردد)

ملاحظات :

پرسشنامه حاضر به بررسی توانمندی فناوری های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌پردازد. نحوه پاسخگویی پرسشنامه به این نحو است که در زیر هر سوال، جدول فناوری های مورد نیاز برای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی وجود دارد و باید به تمام این فناوری ها عددی نسبت داده شود.

در صورتی که فکر می کنید سوال برای این فناوری مناسب نیست، عدد (۰) را در خانه مربوطه قرار دهید.

ماتریسی که کاربرد فناوری ها را برای ساخت مواد و قطعات مختلف نشان می دهد به پیوست تقدیم می گردد.

لطفاً در جدول زیر میزان آشنایی خود را با فناوری مورد نظر با اعداد بین ۰ تا ۵ مشخص نمایید. عدد صفر به منزله عدم آشنایی، عدد ۱ آشنایی بسیار کم و... عدد ۵ بیانگر آشنایی کامل جنابعالی با این فناوری می‌باشد. (بدیهی است در صورت قرار دادن عدد صفر، در ادامه لزومی به پر کردن خانه های مربوط به این فناوری نمی‌باشد.)

فناوری	جوشکاری اصطکاکی	جوشکاری لیزر	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	متلورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	ماشینکاری با روش سنگ خزشی	شکل‌دهی به روش آهنگری	شکل‌دهی به روش نورد
میزان آشنایی									
فناوری	شکل‌دهی به روش کشش و اکستروژن	فرآیند تولید پودر فلزی	فرآیند تولید پودر سرامیکی	ذوب و ریخته‌گری دقیق به روش انجماد جهت‌دار	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	**HIP**	پشش دهی پلاسما و **HVOF**	بریزینگ در خلا
میزان آشنایی									
فناوری	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده	برشکاری با لیزر	اعمال تنش فشاری سطحی از طریق التراسونیک	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر	ساخت ماهیچه سرامیکی				

ارزیابی توانمندی در به کارگیری فناوری‌های ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۱- وضعیت دانش فنی موجود در کشور برای توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

دانش فنی لازم در حد ایده‌آل وجود دارد ۱۰ ۵ ۱ دانش فنی موجود در مقایسه با سطح مورد نیاز ناچیز و قابل چشم‌پوشی است

فناوری	جوشکاری اصطکاکی	جوشکاری لیزر	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	متلورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	ماشینکاری با روش سنگ خزشی	شکل‌دهی به روش آهنگری	شکل‌دهی به روش نورد
میزان آشنایی									
فناوری	شکل‌دهی به روش کشش و اکستروژن	فرآیند تولید پودر فلزی	فرآیند تولید پودر سرامیکی	ذوب و ریخته‌گری دقیق به روش انجماد جهت‌دار	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	**HIP**	پشش دهی پلاسما و **HVOF**	بریزینگ در خلا
میزان آشنایی									
فناوری	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده	برشکاری با لیزر	اعمال تنش فشاری سطحی از طریق التراسونیک	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر	ساخت ماهیچه سرامیکی				

۲- وضعیت منابع مالی قابل تخصیص برای توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

منابع مالی قابل تخصیص مناسب است ۱۰ ۵ ۱ منابع مالی قابل تخصیص بسیار کم است

فناوری	جوشکاری اصطکاکی	جوشکاری لیزر	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	متلورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	ماشینکاری با روش سنگ خزشی	شکل‌دهی به روش آهنگری	شکل‌دهی به روش نورد
میزان آشنایی									
فناوری	شکل‌دهی به روش کشش و اکستروژن	فرآیند تولید پودر فلزی	فرآیند تولید پودر سرامیکی	ذوب و ریخته‌گری دقیق به روش انجماد جهت‌دار	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	**HIP**	پشش دهی پلاسما و **HVOF**	بریزینگ در خلا
میزان آشنایی									
فناوری	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده	برشکاری با لیزر	اعمال تنش فشاری سطحی از طریق التراسونیک	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر	ساخت ماهیچه سرامیکی				

۳- وضعیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد (دارای دانش و تجربه کافی) برای توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

نیروی انسانی متخصص و کارآمد مورد نیاز در حد ایده‌آل وجود دارد ۱۰ ۵ ۱ نیروی انسانی متخصص و کارآمد مورد نظر در کشور وجود ندارد

فناوری	جوشکاری اصطکاکی	جوشکاری لیزر	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	متلورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	ماشینکاری با روش سنگ خزشی	شکل‌دهی به روش آهنگری	شکل‌دهی به روش نورد
میزان آشنایی									
فناوری	شکل‌دهی به روش کشش و اکستروژن	فرآیند تولید پودر فلزی	فرآیند تولید پودر سرامیکی	ذوب و ریخته‌گری دقیق به روش انجماد جهت‌دار	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	**HIP**	پشش دهی پلاسما و **HVOF**	بریزینگ در خلا
میزان آشنایی									
فناوری	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده	برشکاری با لیزر	اعمال تنش فشاری سطحی از طریق التراسونیک	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر	ساخت ماهیچه سرامیکی				

۴- وضعیت زیر ساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در دسترس جهت توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

زیرساخت بطور کامل موجود است ۱۰ ۵ ۱ زیرساخت مورد نیاز وجود ندارد

فناوری	جوشکاری اصطکاکی	جوشکاری لیزر	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	متلورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	ماشینکاری با روش سنگ خزشی	شکل‌دهی به روش آهنگری	شکل‌دهی به روش نورد
میزان آشنایی									
فناوری	شکل‌دهی به روش کشش و اکستروژن	فرآیند تولید پودر فلزی	فرآیند تولید پودر سرامیکی	ذوب و ریخته‌گری دقیق به روش انجماد جهت‌دار	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	**HIP**	پشش دهی پلاسما و **HVOF**	بریزینگ در خلا
میزان آشنایی									
فناوری	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده	برشکاری با لیزر	اعمال تنش فشاری سطحی از طریق التراسونیک	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر	ساخت ماهیچه سرامیکی				

۵- وضعیت آمادگی و هماهنگی دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط را برای توسعه این فناوری چگونه ارزیابی می‌کنید؟

آمادگی و هماهنگی بسیار بالای دستگاه‌ها و سازمان‌ها ۱۰ ۵ ۱ آمادگی و هماهنگی پایین دستگاه‌ها و سازمان‌ها

فناوری	جوشکاری اصطکاکی	جوشکاری لیزر	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	متلورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	ماشینکاری با روش سنگ خزشی	شکل‌دهی به روش آهنگری	شکل‌دهی به روش نورد
میزان آشنایی									
فناوری	شکل‌دهی به روش کشش و اکستروژن	فرآیند تولید پودر فلزی	فرآیند تولید پودر سرامیکی	ذوب و ریخته‌گری دقیق به روش انجماد جهت‌دار	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	**HIP**	پشش دهی پلاسما و **HVOF**	بریزینگ در خلا
میزان آشنایی									
فناوری	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده	برشکاری با لیزر	اعمال تنش فشاری سطحی از طریق التراسونیک	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر	ساخت ماهیچه سرامیکی				

پیوست ۲: پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات داغ نیروگاهی

نام و نام خانوادگی: **پست سازمانی:**

تحصیلات/ تخصص: **شماره تماس:**

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین ذخیره گردد؟ ○ بلی ◉ خیر

تجربیات قبلی (در صورت امکان) به صورت خلاصه ضمیمه گردد

ملاحظات:

این پرسشنامه حاوی ۵ سؤال است که مربوط به ارزیابی جذابیت قطعات داغ نیروگاهی شناسایی شده می‌باشد. پاسخ به هر سؤال می‌تواند توسط عددی بین ۱ (به منزله جذابیت یا توانمندی **بسیار کم** قطعه) تا ۱۰ (به منزله جذابیت یا توامندی **بسیار زیاد** قطعه) بیان شود.

نحوه پاسخگویی به سؤالات به این نحو است که در سطرهای جدول پاسخ (ارائه شده در انتهای پرسشنامه)، قطعات مورد نظر و در ستون‌های این جدول، شماره سؤالات پرسشنامه درج شده است. خواهشمند است برای پاسخ به سؤالات، عدد مورد نظر برای هر کدام از سؤالات را در خانه مربوط به هر قطعه وارد کنید. همچنین، خواهشمند است در ستون چهارم جدول نهایی، میزان آشنایی خود را با هر کدام از قطعات به صورت عددی بین ۱ (به منزله آشنایی **بسیار کم**) و ۱۰ (به منزله آشنایی **بسیار زیاد**) وارد کنید.

به منظور مقایسه بهتر و دقیق‌تر تجهیزات مختلف، پیشنهاد می‌شود که پاسخنامه به صورت ستونی پر شود.

ارزیابی جذابیت قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	سوال
۱	**میزان استفاده از قطعه را در مقایسه با سایر قطعات داغ نیروگاهی در چه وضعیتی می‌دانید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۲	**میزان فوریت نیاز کشور به این قطعه را چگونه می‌بینید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۳	**میزان خسارت‌ها و هزینه‌های تحمیل شده به واحد نیروگاهی در اثر عملکرد نامناسب قطعه به چه میزان است؟** ۱۰ ۵ ۱ بسیار زیاد بسیار کم
۴	**ارزش مالی قطعه را در مقایسه با سایر قطعات داغ نیروگاهی چه مقدار می‌دانید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۵	**نرخ رشد کاربرد قطعه را در آینده چگونه ارزیابی می‌کنید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم

توضیحات : (در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی بیشتر درباره هر یک از سوالات، لطفاً توضیحات تکمیلی خود را با ذکر دقیق تجهیز مورد نظر و همچنین شماره سوال مربوطه در این قسمت درج فرمایید.)

جدول پاسخ

ردیف	عنوان قطعه	کاربرد	میزان آشنایی شما با این قطعه	شماره سوال				
				۱	۲	۳	۴	۵
۰	قطعه نمونه	نحوه پاسخگویی به سؤالات						
۱	پره ثابت	واحدهای گازی						
۲	پره متحرک	واحدهای گازی						
۳	روتور	واحدهای گازی						
۴	روتور	واحدهای گازی						
۵	دیسک	واحدهای گازی						
۶	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ	واحدهای گازی						
۷	پوسته توربین	واحدهای گازی						
۸	پیچ و مهره دما بالا	واحدهای گازی						
۹	شرود	واحدهای گازی						
۱۰	انواع سیل	واحدهای گازی						
۱۱	لوله بویلر	واحدهای بخاری						
۱۲	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر	واحدهای بخاری						
۱۳	پره ثابت	واحدهای بخاری						

ردیف	عنوان قطعه	کاربرد	میزان آشنایی شما با این قطعه	شماره سوال				
				۱	۲	۳	۴	۵
۱۴	پره متحرک	واحدهای بخاری						
۱۵	روتور	واحدهای بخاری						
۱۶	دیسک	واحدهای بخاری						
۱۷	مسیر انتقال بخار	واحدهای بخاری						
۱۸	پوسته توربین	واحدهای بخاری						
۱۹	پیچ و مهره دما بالا	واحدهای بخاری						
۲۰	ولو	واحدهای بخاری						
۲۱	هدر و درام	واحدهای بخاری						

پیوست ۳: ارزیابی جذابیت مواد داغ نیروگاهی

پرسشنامه ارزیابی جذابیت مواد داغ نیروگاهی

نام و نام خانوادگی: **پست سازمانی:**

تحصیلات/ تخصص: **شماره تماس:**

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین ذخیره گردد؟ ○ بلی ◉ خیر

تجربیات قبلی (در صورت امکان) به صورت خلاصه ضمیمه گردد

ملاحظات:

این پرسشنامه حاوی ۵ سؤال است که مربوط به ارزیابی جذابیت مواد داغ نیروگاهی شناسایی شده می‌باشد. پاسخ به هر سؤال می‌تواند توسط عددی بین ۱ (به منزله جذابیت یا توانمندی **بسیار کم** ماده) تا ۱۰ (به منزله جذابیت یا توامندی **بسیار زیاد** ماده) بیان شود.

نحوه پاسخگویی به سؤالات به این نحو است که در سطرهای جدول پاسخ (ارائه شده در انتهای پرسشنامه)، مواد مورد نظر و در ستون‌های این جدول، شماره سؤالات پرسشنامه درج شده است. خواهشمند است برای پاسخ به سؤالات، عدد مورد نظر برای هر کدام از سؤالات را در خانه مربوط به هر ماده وارد کنید. همچنین، خواهشمند است در ستون چهارم جدول نهایی، میزان آشنایی خود را با هر کدام از مواد به صورت عددی بین ۱ (به منزله آشنایی **بسیار کم**) و ۱۰ (به منزله آشنایی **بسیار زیاد**) وارد کنید.

به منظور مقایسه بهتر و دقیق‌تر تجهیزات مختلف، پیشنهاد می‌شود که پاسخنامه به صورت ستونی پر شود.

ارزیابی جذابیت مواد داغ نیروگاهی

ردیف	سوال
۱	**میزان استفاده از ماده را در مقایسه با سایر مواد داغ نیروگاهی در چه وضعیتی می‌دانید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۲	**میزان فوریت نیاز کشور به این ماده را چگونه می‌بینید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۳	**ارزش مالی ماده را در مقایسه با سایر مواد داغ نیروگاهی چه مقدار می‌دانید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۴	**نرخ رشد کاربرد مواد را در آینده چگونه ارزیابی می‌کنید؟** بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم

توضیحات : (در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی بیشتر درباره هر یک از سوالات، لطفاً توضیحات تکمیلی خود را با ذکر دقیق تجهیز مورد نظر و همچنین شماره سوال مربوطه در این قسمت درج فرمایید.)

جدول پاسخ

ردیف	عنوان قطعه	کاربرد	میزان آشنایی شما با این قطعه				
			۱	۲	۳	۴	
۰	ماده نمونه	نحوه پاسخگویی به سؤالات					
۱	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	واحدهای گازی					
۲	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe	واحدهای گازی					
۳	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	واحدهای گازی					
۴	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe	واحدهای گازی					
۵	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	واحدهای گازی					
۶	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن	واحدهای گازی					
۷	پودر پوشش فلزی	واحدهای گازی					
۸	پودر پوشش سرامیکی	واحدهای گازی					
۹	شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی	واحدهای گازی					
۱۰	شمش ریختگی انواع فولاد آلیاژی	واحدهای گازی					
۱۱	مواد جوشکاری و بریزینگ	واحدهای بخاری					
۱۲	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	واحدهای بخاری					

ردیف	عنوان قطعه	کاربرد	میزان آشنایی شما با این قطعه				
				۱	۲	۳	۴
۱۳	ورق و تسمه ODS (مواد نو)	واحدهای بخاری					
۱۴	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	واحدهای بخاری					
۱۵	ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	واحدهای بخاری					

پیوست ۴: فرآیندهای ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فرآیند ساخت	مواد داغ نیروگاهی						
		ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	ورق و تسمه ODS (مواد نو)	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	مواد جوشکاری و بریزینگ	شمش ریختگی انواع فولاد کربنی و کم‌آلیاژی	شمش و ورق کارشده انواع فولاد کربنی و کم‌آلیاژی
۱	جوشکاری اصطکاکی							
۲	جوشکاری لیزر							
۳	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	√	√	√	√	√	√	√
۴	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی							
۵	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی	√		√				
۶	متالورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی							
۷	ماشینکاری با روش سنگ خزشی							
۸	شکل دهی به روش آهنگری	√	√	√				√
۹	شکل دهی به روش نورد	√	√	√		√		√
۱۰	شکل دهی به روش کشش و اکستروژن							
۱۱	فرایند تولید پودر فلزی	√		√		√		
۱۲	فرایند تولید پودر سرامیکی			√	√			

ردیف	فرآیند ساخت	مواد داغ نیروگاهی						
		ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	ورق و تسمه ODS (مواد نو)	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	مواد جوشکاری و بریزینگ	شمش ریختگی انواع فولاد کربنی و کم‌آلیاژی	شمش و ورق کارشده انواع فولاد کربنی و کم‌آلیاژی
۱۳	ذوب و ریخته گری دقیق به روش انجماد جهت دار	√	√					
۱۴	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال							
۱۵	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا					√	√	√
۱۶	HIP							
۱۷	پوشش دهی پلاسما و HVOF							
۱۸	بریزینگ در خلاء							
۱۹	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده							
۲۰	برشکاری با لیزر							
۲۱	اعمال تنش فشار سطحی از طریق التراسونیک							
۲۲	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر							
۲۳	ساخت ماهیچه سرامیکی							

ردیف	فرآیند ساخت	مواد داغ نیروگاهی						
		پودر پوشش سرامیکی	پودر پوشش فلزی	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه آهن	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Fe	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Fe
۱	جوشکاری اصطکاکی							
۲	جوشکاری لیزر							
۳	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	√	√	√	√	√	√	√
۴	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی							
۵	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی							
۶	متالورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی							
۷	ماشینکاری با روش سنگ خزشی							
۸	شکل دهی به روش آهنگری			√	√	√	√	
۹	شکل دهی به روش نورد			√	√			
۱۰	شکل دهی به روش کشش و اکستروژن							
۱۱	فرایند تولید پودر فلزی		√					
۱۲	فرایند تولید پودر سرامیکی	√						
۱۳	ذوب و ریخته گری دقیق به							

ردیف	فرآیند ساخت	مواد داغ نیروگاهی						
		ترکیبات بین فلزی (مواد نو)	آلیاژهای دیرگداز بر پایه Pt و ... (مواد نو)	ورق و تسمه ODS (مواد نو)	پودرهای سرامیکی برای ساخت قطعات داغ مثل پره (مواد نو)	مواد جوشکاری و بریزینگ	شمش ریختگی انواع فولاد کربنی و کم‌آلیاژی	شمش و ورق کارشده انواع فولاد کربنی و کم‌آلیاژی
	روش انجماد جهت دار							
۱۴	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال							
۱۵	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا							
۱۶	HIP							
۱۷	پوشش دهی پلاسما و HVOF							
۱۸	بریزینگ در خلاء							
۱۹	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده							
۲۰	برشکاری با لیزر							
۲۱	اعمال تنش فشار سطحی از طریق التراسونیک							
۲۲	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر							
۲۳	ساخت ماهیچه سرامیکی							

ردیف	فرآیند ساخت	مواد داغ نیروگاهی	قطعات داغ نیروگاهی					
		شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	هدر و درام توربین بخاری	ولو توربین بخاری	پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری	پوسته توربین بخاری	مسیر انتقال بخار توربین بخاری	دیسک توربین بخاری
۱	جوشکاری اصطکاکی					√		
۲	جوشکاری لیزر							
۳	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته	√						
۴	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی							
۵	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی							
۶	متالورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی				√			√
۷	ماشینکاری با روش سنگ خزشی							√
۸	شکل دهی به روش آهنگری		√	√	√		√	√
۹	شکل دهی به روش نورد		√		√	√		√

ردیف	فرآیند ساخت	مواد داغ نیروگاهی	قطعات داغ نیروگاهی					
		شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	هدر و درام توربین بخاری	ولو توربین بخاری	پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری	پوسته توربین بخاری	مسیر انتقال بخار توربین بخاری	دیسک توربین بخاری
۱۰	شکل دهی به روش کشش و اکستروژن						√	√
۱۱	فرایند تولید پودر فلزی							
۱۲	فرایند تولید پودر سرامیکی							
۱۳	ذوب و ریخته گری دقیق به روش انجماد جهت دار							
۱۴	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال							
۱۵	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا			√	√	√	√	√
۱۶	HIP							
۱۷	پوشش دهی پلاسما و HVOF			√				√
۱۸	بریزینگ در خلاء							
۱۹	بریزینگ در اتمسفر							

ردیف	فرآیند ساخت	مواد داغ نیروگاهی	قطعات داغ نیروگاهی					
		شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	هدر و درام توربین بخاری	ولو توربین بخاری	پیچ و مهره دما بالا توربین بخاری	پوسته توربین بخاری	مسیر انتقال بخار توربین بخاری	دیسک توربین بخاری
	کنترل شده							
۲۰	برشکاری با لیزر							
۲۱	اعمال تنش فشار سطحی از طریق التراسونیک							
۲۲	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر							
۲۳	ساخت ماهیچه سرامیکی							

ردیف	فرآیند ساخت	قطعات داغ نیروگاهی						
		روتور توربین بخاری	پره متحرک توربین بخاری	پره ثابت توربین بخاری	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	لوله بویلر واحد بخاری	انواع سیل توربین گازی	شرود توربین گازی
۱	جوشکاری اصطکاکی			√	√	√		√
۲	جوشکاری لیزر							√
۳	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته							
۴	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی							
۵	متالورژی پودر برای							

ردیف	فرآیند ساخت	قطعات داغ نیروگاهی						
		روتور توربین بخاری	پره متحرک توربین بخاری	پره ثابت توربین بخاری	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	لوله بویلر واحد بخاری	انواع سیل توربین گازی	شرود توربین گازی
	ساخت قطعات کامپوزیتی							
۶	متالورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی							
۷	ماشینکاری با روش سنگ خزشی		√					
۸	شکل دهی به روش آهنگری	√	√	√				√
۹	شکل دهی به روش نورد				√	√	√	√
۱۰	شکل دهی به روش کشش و اکستروژن	√	√	√	√	√		√
۱۱	فرایند تولید پودر فلزی							√
۱۲	فرایند تولید پودر سرامیکی							√
۱۳	ذوب و ریخته گری دقیق به روش انجماد جهت دار						√	
۱۴	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال							
۱۵	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	√						√
۱۶	HIP							
۱۷	پوشش دهی پلاسما و HVOF		√	√	√	√	√	√
۱۸	بریزینگ در خلاء						√	√
۱۹	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده						√	√
۲۰	برشکاری با لیزر		√	√			√	√
۲۱	اعمال تنش فشار							

ردیف	فرآیند ساخت	قطعات داغ نیروگاهی						
		روتور توربین بخاری	پره متحرک توربین بخاری	پره ثابت توربین بخاری	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر توربین بخاری	لوله بویلر واحد بخاری	انواع سیل توربین گازی	شرود توربین گازی
	سطحی از طریق التراسونیک							
۲۲	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر							
۲۳	ساخت ماهیچه سرامیکی							

ردیف	فرآیند ساخت	قطعات داغ نیروگاهی						
		پیچ و مهره دما بالا توربین گازی	پوسته توربین توربین گازی	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	دیسک توربین گازی	روتور توربین گازی	پره متحرک توربین گازی	پره ثابت توربین گازی
۱	جوشکاری اصطکاکی							√
۲	جوشکاری لیزر			√			√	√
۳	ذوب، تصفیه و آلیاژسازی پیشرفته							
۴	متالورژی پودر برای ساخت قطعات سرامیکی						√	√
۵	متالورژی پودر برای ساخت قطعات کامپوزیتی						√	√
۶	متالورژی پودر برای ساخت قطعات فلزی	√	√	√	√			
۷	ماشینکاری با روش سنگ خزشی						√	
۸	شکل دهی به روش آهنگری	√			√	√	√	√
۹	شکل دهی به روش نورد	√					√	

ردیف	فرآیند ساخت	قطعات داغ نیروگاهی						
		پیچ و مهره دما بالا توربین گازی	پوسته توربین توربین گازی	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	دیسک توربین گازی	روتور توربین گازی	پره متحرک توربین گازی	پره ثابت توربین گازی
۱۰	شکل دهی به روش کشش و اکستروژن					√		
۱۱	فرایند تولید پودر فلزی				√			
۱۲	فرایند تولید پودر سرامیکی							
۱۳	ذوب و ریخته گری دقیق به روش انجماد جهت دار			√			√	√
۱۴	ذوب و ریخته گری دقیق به روش تک کریستال						√	√
۱۵	ذوب و ریخته گری در اتمسفر کنترل شده و خلا	√	√		√	√		√
۱۶	HIP						√	√
۱۷	پوشش دهی پلاسما و HVOF			√			√	√
۱۸	بریزینگ در خلاء							
۱۹	بریزینگ در اتمسفر کنترل شده							
۲۰	برشکاری با لیزر			√				
۲۱	اعمال تنش فشار سطحی از طریق التراسونیک						√	
۲۲	اعمال تنش فشار سطحی از طریق لیزر						√	
۲۳	ساخت ماهیچه سرامیکی						√	√

فهرست مطالب

مقدمه ۱

۱- چارچوب نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند طراحی و توسعه دانش ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲

۱-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه ۳

۱-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۱۷

۱-۲-۱- بازیگران ۱۸

۱-۲-۲- نهادها ۱۹

۱-۲-۳- زیرساخت ۲۰

۱-۲-۴- روابط و شبکه‌ها ۲۰

۲- تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی رفع چالش‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۳

۲-۱- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی (مدیریتی) ۲۳

۲-۲- شناسایی وضعیت موجود مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۵

۲-۲-۱- بازیگران نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۵

۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۸

۲-۳- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۲

۲-۴- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۳

۲-۴-۱- چالش‌های کارآفرینی ۳۴

۲-۴-۲- چالش‌های توسعه دانش ۳۵

۲-۴-۳- چالش‌های انتشار دانش ۳۶

۲-۴-۴- چالش‌های تأمین منابع ۳۶

۲-۴-۵- چالش‌های شکل‌دهی به بازار ۳۷

۲-۴-۶- چالش‌های جهت‌دهی به سیستم ۳۸

۲-۴-۷- چالش‌های مشروعیت‌بخشی ۳۸

۲-۵- سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی مورد نیاز برای توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۳

۲-۵-۱- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به کارآفرینی ۴۳

۲-۵-۲- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به توسعه دانش ۴۳

۲-۵-۳- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به انتشار دانش ۴۳

۲-۵-۴- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به تأمین منابع (مالی، انسانی و مواد) ۴۴

۲-۵-۵- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به شکل‌دهی به بازار ۴۴

۲-۵-۶- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم ۴۴

۲-۵-۷- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی ۴۵

۳- تدوین اقدامات فنی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۴۹

۳-۱- اقدامات فنی برای توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی ۴۹

۳-۲- اقدامات فنی برای توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی ۵۰

۳-۳- اقدامات فنی برای انتقال فناوری‌های قطعات داغ نیروگاهی ۵۰

۳-۴- اقدامات فنی برای توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی ۵۰

نتیجه‌گیری ۵۱

مراجع ۵۲

فهرست اشکال

شکل (۱-۱): نمایش مسیر توسعه بازار تکنولوژی ۱۴

شکل (۲-۱): فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۴

شکل (۲-۲): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ۲۹

شکل (۲-۳): مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ۳۳

فهرست جداول

جدول (۱-۱): فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف ۴

جدول (۱-۲): کارکردهای اصلی نظام نوآوری فناورانه و شاخص‌های سنجش آنها ۶

جدول (۱-۳): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۲۲

جدول (۲-۱): بازیگران نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۶

جدول (۲-۲): شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه ۲۸

جدول (۲-۳): ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه ۳۰

جدول (۲-۴): مرحله توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۱

جدول (۲-۵): کدگذاری کارکردهای نظام نوآورانه فناوری ۳۲

جدول (۲-۶): چالش‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی به تفکیک هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در هر یک از ابعاد ساختاری ۳۹

جدول (۲-۷): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد کارآفرینی ۴۵

جدول (۲-۸): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد توسعه دانش ۴۵

جدول (۲-۹): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد انتشار دانش ۴۶

جدول (۲-۱۰): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد تامین منابع ۴۷

جدول (۲-۱۱): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار ۴۷

جدول (۲-۱۲): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم ۴۸

جدول (۲-۱۳): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد مشروعیت‌بخشی ۴۸

مقدمه

در مرحله چهارم طرح «سند راهبردی و نقشه‌راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی»، سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم انداز، اهداف و راهبردها مشخص می‌گردد. این سیاست‌ها و اقدامات برای رفع مشکلات موجود در ابعاد توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع مالی، انسانی و مواد، مشروعیت بخشی و جهت‌دهی به سیستم در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین می‌شود [۱]. ورودی لازم برای تعیین سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی، چالش‌ها و مشکلات موجود در هر یک از این ابعاد است که با کمک کارشناسان و خبرگان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی استخراج می‌شود. به‌علاوه در کارکرد توسعه دانش، اقدامات فنّی نیز ارائه خواهند شد که ورودی آن‌ها راهبردهای ارائه شده در گزارش مرحله سوم می‌باشد.

ساختار این گزارش به این صورت است: در بخش اول درباره مبانی نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات در ادبیات سیاست‌گذاری فناوری صحبت می‌شود. سپس فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند راهبردی و نقشه‌راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، سیاست‌ها و اقدامات تدوین شده برای رفع مشکلات توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ارائه خواهد شد.

۱- چارچوب نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

مبنای تدوین این سیاست‌ها و اقدامات در این سند نظام نوآوری فناورانه[1] (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز [۲] نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عاملان[2] که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند».

نقطه آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک تکنولوژی یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به‌عنوان یک گونه‌ی خردنگر[3] از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اوّلین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعّالانه دانش‌های موجود به‌منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کل‌نگر[4] نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعّالیت‌های کارآفرینانه، مکمّل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوّم متمایز کننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن

1- Technological innovation system

2- Agents

3- Micro oriented

4- Macro oriented

بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق به نگریستن به آن به‌عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

۱-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه

هدف هر نظام نوآوری از جمله نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرایند نوآوری است. این اهداف شامل خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری است که در قالب توسعه فناورانه، به‌ظهور می‌رسد. حال دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرند. کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هریک از این کارکردها، می‌تواند از طریق فعّالیت‌های گوناگون محقق شوند. در راستای شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه برای یک فناوری، ۷ کارکرد گوناگون باید محقق گردد. از طرفی، این کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. درنتیجه چنین تعاملاتی میان کارکردها، حلقه‌های علّی و معلولی متفاوتی قابل شناسایی هستند. بنابراین، در ادامه به معرفی کارکردها و چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر پرداخته خواهد شد.

از آن‌جایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد، این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده چارچوبی برای تحلیل فرایندی نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. بدین منظور، محققان مختلف به تعریف کارکردهای نظام نوآوری پرداخته‌اند. نظرات برخی از این محققان در سال‌های مختلف حول محور کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در جدول (۱-۱) آورده شده است.

سورز و هکرت (۲۰۰۹)؛ سورز و همکاران (۲۰۰۹، ۲۰۱۰)	فعالیت‌های کارآفرینی	توسعه دانش	انتشار دانش	جهت‌دهی به جستجو	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان
فن آلفن و همکاران (۲۰۰۹)	فعالیت‌های کارآفرینی	توسعه دانش	انتشار دانش	جهت‌دهی به جستجو	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	ایجاد مشروعیت
برگک و همکاران (۲۰۰۸)؛ یاکوبسن و همکاران (۲۰۰۸)	آزمایش‌های کارآفرینی	توسعه و انتشار دانش		تأثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	مشروعیت‌بخشی / توسعه اثرات جانبی مثبت
الکماد و همکاران (۲۰۰۷)؛ هکرت و نگرو (۲۰۰۹)هکرت و همکاران (۲۰۰۷)؛ نگرو و همکاران (۲۰۰۸)	فعالیت‌های کارآفرینی	توسعه دانش	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	جهت‌دهی به جستجو	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	ایجاد مشروعیت/غلبه بر مقاومت در برابر تغییر
نگرو و همکاران (۲۰۰۷)	فعالیت‌های کارآفرینی	توسعه دانش	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	جهت‌دهی به جستجو	شکل‌دهی بازار	تأمین و تخصیص منابع	حمایت از سوی گروهای پشتیبان
ادکوئیست (۲۰۰۵)		تحقیق و توسعه مزیت‌سازی فراهم کردن خدمات مشاوره‌ای	شبکه‌سازی	تامین حداقل‌های کیفی ایجاد و تغییر ساختار صنعتی ایجاد و تغییر قواعد	شکل‌دهی بازار محصول جدید	تأمین مالی فرایند نوآوری فعالیت‌های حمایتی	
یاکوبسن و برگک (۲۰۰۴)		ایجاد دانش جدید		هدایت فرایند جستجو	هموار کردن شکل‌گیری بازار	تأمین منابع	هموار کردن ایجاد اثرات جانبی مثبت
لیو و وایت (۲۰۰۱)	اجرا	تحقیق	ارتباط		مصرف نهایی	آموزش	
ریکن (۲۰۰۰)	ایجاد و انتشار محصول جدید ایجاد و انتشار فرصت نوآورانه	انجام تحقیقات بازار	افزایش شبکه‌سازی	هدایت تکنولوژی	ایجاد بازار و انتشار دانش بازار	ایجاد نیروی انسانی حمایت هموارسازی تأمین مالی ایجاد بازار نیروی کار	مشروعیت‌بخشی فناوری و بنگاه
جانسون (۱۹۹۸)			هموارسازی تبادل دانش و اطلاعات	هدایت فرایند جستجو شناسایی پتانسیل‌های توسعه	ایجاد و شبیه‌سازی بازار تأمین مشوق‌ها برای بنگاه‌ها	تأمین منابع	غلبه بر مقاومت در برابر تغییر

جدول (۱-۱): فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف

با مرور بخش عمده‌ای از مقالاتی که به دسته‌بندی کارکردها پرداخته‌اند، هفت کارکرد اصلی مورد شناسایی قرار می‌گیرند. مجموعه کارکردهای ذکر شده به‌همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

جدول (۱-۲): کارکردهای اصلی نظام نوآوری فناورانه و شاخص‌های سنجش آنها

کارکرد	توصیف	شاخص
فعالیت‌های کارآفرینی	شامل ترجمه‌ی دانش فنی موجود در زمینه‌ی یک فناوری خاص به زبان موقعیت‌های کاری جدید و انجام پروژه‌های عملیاتی و یا انجام فعالیت‌هایی با هدف اثبات مفید بودن فناوری نوظهور در محیط تجاری است .	تعداد و کیفیت پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی، حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده، تعداد نمایشگاه‌های فناوری برگزار شده، تعداد پروژه‌های نمایشی انجام شده
خلق دانش	دربرگیرنده‌ی فعالیت‌های یادگیری است که به‌طور عمده بر دانش فنی فناوری و به میزان کمتر، بر بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کننده‌های آن تمرکز دارد. این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. یادگیری کتابخانه‌ای و یادگیری درحین انجام کار از انواع مهم این دسته از فعالیت‌ها هستند.	تعداد مقالات ISIمنتشر شده، تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری، تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از فناوری، تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار، تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده
انتشار دانش	دربرگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است با هدف پراکنده‌سازی[1] و به‌اشتراک‌گذاری[2] دانش و اطلاعات انجام می‌شوند. بنابراین مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تعاملی است. وجود روابط و در حالت پیچیده‌تر، شبکه‌هایی از بازیگران از پیش‌نیازهای این کارکرد به شمار می‌رود.	تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری، تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه، میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل‌کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
جهت‌دهی به سیستم	اشاره به فعالیت‌هایی دارد که منجر به مشخص‌شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود.	تعداد و اثربخشی قوانین مربوط به فناوری، استانداردهای تدوین شده، میزان شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی فناوری
شکل‌دهی بازار	شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری می‌گردد.	تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری، تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار، میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران، مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
تأمین منابع	شامل تخصیص سرمایه‌های مالی، انسانی، مکمل و مواد مورد نیاز برای توسعه فناوری است. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره‌ی این کارکرد قرار می‌گیرد.	حجم کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه) و سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی، میزان دسترسی به نیروی انسانی فنی، میزان دسترسی به مواد اولیه، میزان توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
مشروعیت‌بخشی	دربرگیرنده‌ی تمامی فعالیت‌ها با هدف غلبه بر مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری‌های کنونی از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه است.	میزان هم‌گرائی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه، میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی فناوری و محصولات مربوط به آن، میزان رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری، میزان حمایت از فناوری در رسانه‌ها

حال، به مرور مفاهیم این کارکردها خواهیم پرداخت.

1- Dissemination

2- Sharing

فعالیت‌های کارآفرینی

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به‌شمار می‌روند. فعّالیت‌های کارآفرینی را نیز می‌توان در قالب یکی از فرآیندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعّالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی انجام می‌شود. بنابراین، از لازمه‌های انجام فعّالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعّالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به‌عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند.

به‌طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعّالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید. در ایجاد فرصت‌های کاری جدید، کسب سود به‌طور مستقیم مورد هدف قرار می‌گیرد؛ درحالیکه در شناساندن فرصت‌های کاری جدید، ایجاد مشروعیت برای آن محصول یا خدمت (و در سطحی بالاتر برای تکنولوژی) هدف اصلی فعّالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه‌ای برای کسب سود فراهم می‌شود.

می‌توان گفت که فعّالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که بطور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. درحقیقت، این فعّالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعّالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از تکنولوژی موجود گردد. بنابراین، از یکسو توسعه دانش لازمه انجام فعّالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با تکنولوژی همراه است.

در ادبیات، نمونه‌هایی از فعّالیت‌های مربوط به این کارکرد برشمرده شده‌اند:

- سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت‌پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی تکنولوژی
- ورود شرکت‌های نوآور در عرصه‌ی تجاری‌سازی تکنولوژی
  - تأسیس شرکت‌های نوپا
  - ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه تکنولوژی
- ارائه‌ی محصولات و خدمات جدید در زمینه‌ی تکنولوژی
- فعّالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن تکنولوژی
  - برگزاری نمایشگاه تکنولوژی
  - انجام پروژه‌های نمایشی

توسعه دانش

کارکرد توسعه دانش، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌توان در فرایند یادگیری[۱] قرار داد. بدیهی است که این کارکرد در قلب فرایند نوآوری و درنتیجه در قلب یک نظام نوآوری جای دارد. بنابراین، تحقق این کارکرد پیش‌نیاز توسعه نظام نوآوری فناورانه تلقی می‌گردد و جزء کارکردهایی است که می‌بایست پیش از کارکردهای دیگر محقَق گردد. این یادگیری در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان صادق است. با این وجود، تأکید بیشتری در رابطه با یادگیری دانش فنی تکنولوژی نوظهور وجود دارد. از این منظر (موضوع مورد تمرکز) می‌توان کارکرد خلق دانش را به دو دسته تقسیم کرد: خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی.

این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. از مهم‌ترین انواع یادگیری رخداده در راستای تحقق این کارکرد، یادگیری در حین جستجو[۲] (یادگیری کتابخانه‌ای) و یادگیری در حین انجام کار[۳]، یادگیری در حین تعامل[۴] و یادگیری در حین

۱- برخی از محققان این کارکرد را کارکرد یادگیری نام نهاده‌اند.

1- Learning by searching

2- Learning by doing

3- Learning by interacting

استفاده[۱] می‌باشد. البته می‌بایست به این موضوع توجّه داشت که یادگیری در حین تعامل درصورت وقوع به‌صورت اَشکال زیر در قالب این کارکرد قرار می‌گیرد: تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم در حالتی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را ندارد (همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجّهی وجود ندارد)؛ تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم که دانش از بازیگر خارجی به بازیگر داخلی جریان می‌یابد.

می‌توان برای دانش موجود در سیستم، سطوح مختلفی را متصور شد. این سطوح عبارتند از سطح بنگاه، صنعت و جامعه. دانش موجود در سطح بنگاه عبارتست از دانشی که مختص بنگاه‌ها بوده و برای دست‌یابی به آن می‌بایست آن را درون بنگاه‌ها جستجو کرد. این دانش (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش فنی است) در رابطه با محصولات و فرایند تولید آن‌ها در حیطه تخصصی بنگاه‌ها است و معمولاً بنگاه‌ها حاضر به تسهیم آن با سایر بنگاه‌ها نمی‌شوند. دانش موجود در سطح صنعت (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش غیرفنی است) متعلق به بنگاه خاصی نیست و حاصل از پارادایم موجود در سطح صنعت می‌باشد. برای دستیابی به دانش موجود در سطح یک صنعت می‌بایست وارد صنعت مورد نظر شد. دانش موجود در سطح جامعه نیز همچون دانش موجود در سطح صنعت متعلق به مجموعه‌ای از بازیگران موجود در آن جامعه است. برای اکتساب این نوع از دانش نیز می‌بایست وارد جامعه مورد نظر شد. از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

- تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی
- تعداد و اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی
- تعداد و اندازه مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره تکنولوژی
- تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی تکنولوژی

4- Learning by using

- تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی تکنولوژی در ناحیه‌ای از محیط به‌جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت[۱])
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (پروتوتایپ[۲])

انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم[۳] و به اشتراک‌گذاری[۴] دانش[۵] و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. یک عامل ساختاری ضروری برای تحقق انتشار دانش، شبکه است. یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به‌صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارتند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های تکنولوژی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک[۶]. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارتند از:

- تعداد فعّالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیلکرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی

1- Pilot

2- Prototype

1- Dissemination

2--Sharing

۳- همان‌طور که کارکرد خلق دانش مشتمل بر خلق دانش فنی و غیرفنی است، کارکرد انتشار دانش نیز قابل تقسیم به انتشار دانش فنی و انتشار دانش غیرفنی می‌باشد.

4- Joint venture

- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمآن‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته با موضوع تکنولوژی

جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعّالیت‌هایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با تکنولوژی، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارتند از سطح فراسیستم[۱] و سطوح کلان[۲] و خرد سیستم[۳]. این فعّالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه تکنولوژی انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به‌علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد و بر آن تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه‌های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به‌هدر می‌رود. درنتیجه، تعداد قابل توجّهی از گزینه‌های توسعه با وجود صرف منبع برایشان، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد.

می‌توان فعّالیت‌های انجام شده‌ی مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی[۴]، شناختی[۵] و هنجاری[۶]. درحقیقت، فعّالیت‌های رخ‌داده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می‌شود. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که برخی از رخدادها می‌توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه‌های پیش‌رو افزایش دهند (شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه تکنولوژی منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می‌گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویّت آن گزینه در اذهان بالاتر می‌رود. این رخداد به‌معنای تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت

۱- منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام Landscape یاد می‌شود.

۲- سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه‌ی تکنولوژی تغییرات اندکی در آن‌ها حاصل می‌شود. این سطوح را Regime می‌نامند.

۳- این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به‌شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

4- Regulative

5- Cognitive

6- Normative

جدید نسبت به گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادها می‌توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از تکنولوژی‌های تولید انرژی (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از تکنولوژی‌ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می‌گیرد. در پارادایم جدید، هنجارهای جدیدی مطرح می‌شوند (گونه‌ی هنجاری جهت‌دهی به سیستم). ممکن است درنتیجه‌ی وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و بطور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ گردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌توانند منجر به هدایت سیستم به‌سوی گزینه‌های خاص شود.

نمونه‌های از رخدادهای مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

- وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند
- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی
- رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی تکنولوژی
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های تکنولوژی
- قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی
- تدوین استانداردها

شکل دهی به بازار

مجموعه‌ای از فعّالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن تکنولوژی نوظهور نسبت به تکنولوژی‌های موجود در عرصه بازار در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرند. نباید انتظار داشت که تکنولوژی‌های نوظهور، توانایی رقابت با تکنولوژی‌های موجود را داشته باشند. بنابراین نیاز است تا با هدف حمایت از نوآوری، شرایطی قابل رقابت در بازار برای تکنولوژی نوظهور پدید آورد. در واقع می‌بایست با انجام مجموعه‌ای از فعّالیت‌ها، برای رقابت تکنولوژی نوظهور با سایر تکنولوژی‌ها محیطی کنترل شده پدید آورد. نوع فعّالیت‌ها و هدف میان‌مدت آن‌ها در طول دوره تکامل تکنولوژی نوظهور متغیر است. به‌بیان دیگر، با توسعه تکنولوژی و افزایش قابلیت‌های آن، نوع فعّالیت‌های مربوط به تکنولوژی و هدف آن‌ها برای توسعه استفاده از آن در بازار نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها تغییر می‌کند.

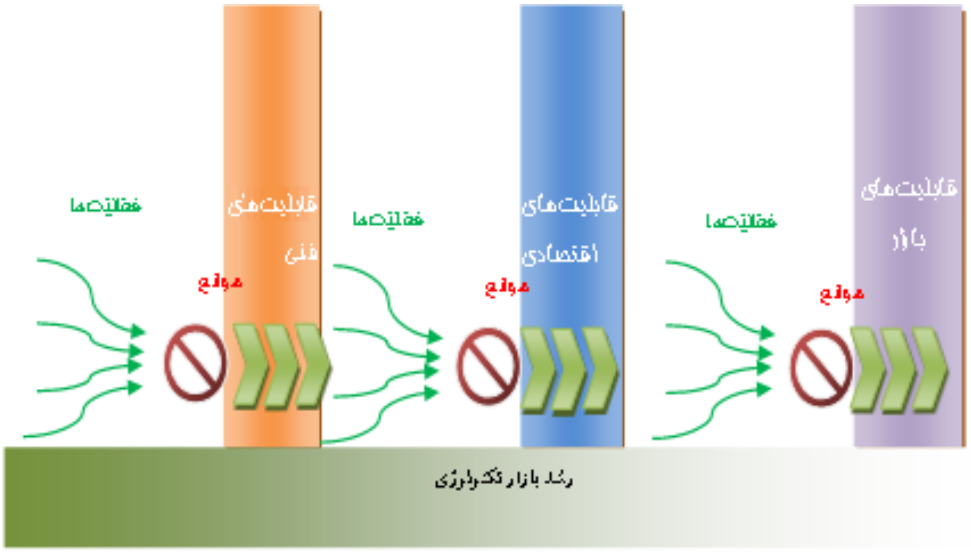
درحقیقت، یک تکنولوژی نوظهور در مسیر رشد و توسعه خود نیازمند دستیابی به قابلیت‌هایی است که به واسطه آن‌ها بتواند در بازار نفوذ کرده و به‌سوی بلوغ خود حرکت نماید. شکل‌گیری بازار هر تکنولوژی نوظهور با پیدایش سه قابلیت، قابلیت‌های فنی[۱]، قابلیت‌های اقتصادی[۲] و قابلیت‌های بازار[۳] در آن تکنولوژی همراه خواهد بود. به‌عبارت دیگر، شکل‌گیری بازار تکنولوژی در قالب دستیابی به این سه قابلیت تجلی پیدا می‌نماید. با دستیابی به هر قابلیت، توانایی‌هایی از ابعاد گوناگون در تکنولوژی ایجاد می‌گردد و زمینه را برای نفوذ تکنولوژی در بازار آماده می‌کند. در این جا مناسب است تا منظور از هر دسته از قابلیت‌ها که پیش‌نیازی برای ورود تکنولوژی به بازار است روشن گردد:

- قابلیت‌های فنی اشاره به قابلیت‌هایی داشته که یک تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها می‌تواند از لحاظ فناورانه، ممکن تلقی شود. به‌عبارت دیگر، زمانی که یک تکنولوژی از قابلیت فنی برخوردار باشد، دسترسی به زیرتکنولوژی‌های لازم برای تولید آن ممکن بوده، مواد اولیه و تجهیزات مکمل موردنیاز موجود می‌باشد، دانش کافی برای انتقال تکنولوژی در اختیار است، کلیه اجزای فنی آن با یکدیگر سازگاری داشته (هماهنگی میان اجزا)، تکنولوژی به خروجی قابل قبول خود دست یافته (تکنولوژی درست عمل می‌کند) و درنهایت تکنولوژی از قابلیت اطمینان[۴] بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، با دارا بودن این قابلیت درمورد یک تکنولوژی مفروض می‌توان از پشتیبانی کامل از بعد فناورانه در آن تکنولوژی اطمینان حاصل نموده و دستیابی به تکنولوژی را چه از بُعد تولیدی و چه از بُعد انتقال تکنولوژی ممکن دانست.
- قابلیت اقتصادی به قابلیت‌هایی اشاره دارد که تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها از لحاظ اقتصادی به‌صرفه تلقی می‌گردد. تکنولوژی که از قابلیت‌های اقتصادی برخوردار باشد، تحلیل هزینه–فایده[۵] در مورد تکنولوژی نتیجه‌ای مثبت (چیرگی فایده بر هزینه) به‌همراه داشته، هزینه‌های تولید، مونتاژ و یا انتقال آن به‌صرفه بوده، خروجی تولیدی از تکنولوژی دارای ارزش بالا بوده و در مجموع ورود به بازار این تکنولوژی پربازده تلقی می‌گردد. به‌طور قطع زمانی یک تکنولوژی قادر به دستیابی به این قابلیت

1- Technological Potential
2- Economical Potential
3- Market Potential
4- Reliability
1- Cost Benefit Analysis

خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به‌عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است.

- قابلیت بازار در یک تکنولوژی به این معنی خواهد بود که علاوه بر دارا بودن قابلیت‌های فنی و اقتصادی، تکنولوژی توانایی رقابت با سایر گزینه‌های موجود در بازار را داشته، با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و در نهایت قادر خواهد بود در کنار امکان‌پذیری فنی و اقتصادی، در بازار با موفقیت توسعه پیدا کند. زمانی که یک تکنولوژی بتواند به این قابلیت دست پیدا نماید، تمام شرایط برای ورود به بازار در آن مهیا شده و از این پس با این تکنولوژی به‌صورت یک محصول تجاری برخورد می‌شود.



شکل (۱-۱): نمایش مسیر توسعه بازار تکنولوژی

کارکرد شکل‌دهی به بازار، شامل فعّالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای تکنولوژی‌های رقیب) است که منجر به ایجا تقاضا برای تکنولوژی در راستای حمایت از آن می‌گردد. تفاوت میان این کارکرد و کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که در این کاکرد، گزینش نهایی توسط کاربران تکنولوژی انجام می‌شود؛ درحالی‌که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم کاربران نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعّالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقلام در ادامه آورده شده است:

- شناسایی مرحله بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
- شفاف‌سازی پتانسیل بازار
- تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی
- تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
- میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران
- هزینه‌های مصرف تکنولوژی

بسیج منابع

مجموعه‌ای از فعّالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه نظام نوآوری در راستای تحقق کارکرد بسیج منابع قرار می‌گیرند. دسترسی به منابع مورد نیاز، یکی از ضروری‌ترین نیازهای توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه است. فعّالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت تکنولوژی، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می گیرد. درصورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک تکنولوژی نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمّیّت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. بنابراین نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
- منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
- منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در پاره‌ای اوقات، قطعات) موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
- منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل[۱] موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

۱- منظور از این اقلام مکمل آن‌هایی است که مختص نظام نوآوری موردنظر نیستند و به راحتی می‌توان آن را از نظام‌های دیگر تأمین کرد.

این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر دیگری که در روند توسعه فناوری مشغول است، برآورده گردد. هرچه سطح بلوغ تکنولوژی نوظهور بیشتر شود، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل
- تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه تکنولوژی از خارج از کشور
- دردسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی موردنظر

مشروعیت بخشی

آن دسته از فعّالیت‌هایی که به‌دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای تکنولوژی جدید هستند و می‌توانند منجر به تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن آن‌ها با نیازهای بازیگران موجود در نظام مورد نظر گردند را می‌توان محقّق‌کننده این کارکرد دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که ظهور یک تکنولوژی جدید، اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در تکنولوژی‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است تا بازیگران تکنولوژی نوظهور، بر این لختی[1] موجود غلبه نمایند. این کارکرد در توسعه تکنولوژی‌ها مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و به فرایند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش‌بندی جدیدی از بدنه قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان تکنولوژی صورت می‌پذیرد. شبکه‌ها، نقشی مهم را در تحقق این کارکرد ایفا می‌کنند. این کارکرد از اهمیت بالایی در توسعه نظام نوآوری برخوردار است؛ چراکه معمولاً در بدو توسعه یک نظام نوآوری، بازیگران موجود در آن به‌آسانی دست به ایجاد شبکه‌ای میان خود نمی‌زنند. از این رو در ارتباط با تکنولوژی مطلوب و نیز روش دستیابی به آن

۱- نام دیگری که بر این کارکرد نهاده می‌شود، حذف مقاومت در برای تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین، علت وجودی این کارکرد، غلبه بر اینرسی بازیگران موجود در نظام است.

اختلاف‌نظر وجود دارد و شناسایی یک موضع شفاف در این رابطه دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد اتحاد برای توسعه تکنولوژی امر سهلی نمی‌باشد. در اینجا وجود شبکه‌ها علاوه بر تسهیل کردن انتشار دانش میان بازیگران، به همگرا ساختن آنان نیز کمک می‌کند. بنابراین از یک سو بازیگران موجود در نظام نوآوری با یکدیگر همکاری زیادی ندارند. از سوی دیگر به‌علت آنکه توسعه تکنولوژی نوظهور منجر به کنار زده شدن برخی تکنولوژی‌های دیگر می‌گردد، بازیگران مربوط به تکنولوژی‌های موجود (رقیب تکنولوژی نوظهور) که دارای تعاملات قابل توجّهی با یکدیگر هستند با توسعه تکنولوژی نوظهور مخالفت می‌کنند. بنابراین، کارکرد مشروعیت‌بخشی برای توجیه کردن تکنولوژی نوظهور به‌عنوان بخشی از نظام فنی جدید و مقاومت در برابر مقابله‌های انجام گرفته از سوی بازیگران موجود اهمّیّت دارد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- میزان همگرائی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه
- میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه تکنولوژی و محصولات مربوط به آن
- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از تکنولوژی
- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان تکنولوژی در بخش‌های مختلف دولت و صنعت
- میزان حمایت از تکنولوژی موردنظر در رسانه ها

۱-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران[1]، نهادها[2]، فناوری‌ها[3] و روابط و شبکه‌ها[4].

1- Actors
2- Institution
3- Technology
4- Network

۱-۲-۱- بازیگران

دسته بازیگران شامل تمام سازمآن‌هایی است که به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها در ظهور فناوری نقش دارند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام فناورانه نوآوری وابسته به وجود مهارت‌ها و اشتیاق بازیگران آن برای انجام اقدامات مختلف است.

تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری فناورانه بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران بخش خصوصی، بازیگران دولتی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. برخی از بازیگران در توسعه یک فناوری نقش پیشرو[۱] را دارند و سایر بازیگران، پیرو[۲] هستند. بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. در طرف مقابل، بازیگران پیرو کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. به طور معمول، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها درحوزه یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست.

در این مطالعه برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه بازیگران (افراد، سازمآن‌ها و شبکه‌ها) را برحسب نقش آن‌ها در فعالیت‌های اقتصادی تقسیم‌بندی کردیم: جامعه مدنی، سازمآن‌های غیردولتی(NGO)، شرکت‌ها (نوبنیان، بنگاه‌های کوچک و متوسط(SMEs)، شرکت‌های چندملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، موسسات دانشی (دانشگاه‌ها، نهادهای فناورانه، مراکز تحقیقاتی و مدارس) و دیگر بخش‌ها شامل (سازمآن‌های حقوقی، مؤسسات مالی، بانک‌ها، نهادهای واسطه‌ای (بیمه‌ها) و مشاوران). این بازیگران مختلف همگی می‌توانند نقش‌های متفاوتی را در یک نظام ایفا نمایند.

5- Enactor
6- Selector

۱-۲-۲- نهادها

نهادها در نظام نوآوری فناورانه دو نوع هستند: نهادهای رسمی و نهادهای غیر رسمی [۲]. نهادهای رسمی قواعدی مدون شده هستند و توسط افراد ذیصلاح ملزم به اجرا شدن می‌گردند. از طرفی، نهادهای غیررسمی ضمنی‌تر هستند و در نتیجه فرایند تعامل بازیگران شکل می‌گیرند. نهادهای غیررسمی می‌توانند هنجاری یا شناختی باشند. قواعد هنجاری همان ارزش‌ها و هنجارهای اجتماعی با جنبه‌های اخلاقی هستند، درحالی‌که قواعد شناختی را می‌توان چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی دانست[۳].

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی[۱] (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسأله هستند[۲], [۶]. همچنین می‌توان نگاه‌ها و انتظارات بازیگران درون نظام را نیز در این دسته جای داد.

برای یک نظام نوآوری تکنولوژیکی که در مرحله‌ی سازندگی[۲] است، پیکربندی نهادی معمولاً توسعه نیافته است. این حرف بدان معناست که قواعد نهادی کمی (به‌ویژه از نوع رسمی) وجود دارند و حتّی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور ناسازگار هستند. انتظار می‌رود که قواعد شناختی برای هدایت بازیگران، به‌ویژه پیروان، در مراحل اولیه حمایت از فناوری نوظهور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. علاوه بر آن، نگاه‌ها و انتظارات، به جهتی، تنها علّت حمایت از یک فناوری نوظهور است. این موضوع به مفهوم کارآفرین ریسک‌پذیر[۳] مربوط است که با نوعی فرصت تحریک می‌شود و برای بر هم زدن ساختارهای موجود از طریق تطبیق دادن آن‌ها با حالت مطلوب خویش و یا ایجاد ساختارهای جدید، تلاش می‌کند. از منظر مداخله، عوامل نهادی به علت هدف واقع شدن توسط سیاست‌های حاکمیتی و حتّی راهبردهای کسب و کار، از اهمّیت بالایی برخوردار هستند. علاوه بر آن، حضور، مهارت‌ها و اشتیاق پیشروان و پیروان، تنها می‌تواند به صورت غیرمستقیم از طریق ساختار نهادی نوآوری فناورانه

1- Heuristic
2- Formative
1- Risk-taking

تحت تأثیر قرار گیرد. این ساختار از طریق برنامه‌ای حمایتی، مشوق‌های مالیاتی و موارد دیگر بر این بازیگران اثر می‌گذارد. همچنین ماهیت ساختار فناورانه از دایره‌ی اثر مستقیم بسیاری از بازیگران، به ویژه حاکمیت، خارج است.

۱-۲-۳- زیرساخت

زیرساخت‌ها متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به‌صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی اقتصادی این مصنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، آثار افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند از اهمّیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردارند. همچنین، در نظر گرفتن وجوه غیرمادی‌تر فناوری همچون دانش موجود در آن و مشخصات زنجیره ارزش ایجاد شده توسط آن معنادارتر به‌نظر می‌رسد. در رابطه با مورد نوآوری‌ها در انرژی پایدار، در نظر گرفتن مشخصات آلایندگی و دیگر اثرات جانبی زیست‌محیطی نیز از اهمّیت فراوان برخوردار هستند. علاوه بر آن، درصورت تشخیص یک فناوری به‌عنوان فناوری با اثرات منفی زیست‌محیطی ممکن است نظام نوآوری فناورانه با وجود جذاب بودن آن فناوری برای مجموعه بزرگی از بازیگران و توسعه یافتن نهادهایی در رابطه با آن دست به توقف آن بزنند.

درصورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به‌عنوان بخشی از نظام نوآوری فناورانه، یک مکانیزم بازخوردی مهم (بین تغییر فناورانه و تغییر نهادی) مغفول واقع می‌شود. برای مثال، در صورت ایجاد بهبود در ایمنی و قابلیت اطمینان در نتیجه ایجاد یک طرح، ارائه یارانه برای تحقیق و توسعه در حمایت از یک فناوری نوظهور، راه را برای اجرای طرح‌های حمایتی با جزئیات بیشتر (شامل نمایش‌های علمی) هموار خواهد کرد. این اقدام نیز می‌تواند منجر به بهبودهای فناورانه بیشتر گردد.

۱-۲-۴- روابط و شبکه‌ها

مؤلفه‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه، صرفاً سنگ بنای آن محسوب می‌شوند. این بخش فراهم آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط ممکن است.

روابط:

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد.

برای فهم این موضوع، نهادها و فناوری‌ها را به‌عنوان بخش‌هایی از نظام قواعد در نظر بگیرید که در آن هر قاعده به قواعد دیگر اشاره دارد. قواعد موجود می‌توانند در رابطه با یک مسأله خاص یکدیگر را رد (ناهمگرایی[1]) یا تقویت کنند (همگرایی). از این طریق نهادها می‌توانند به یک جنبه فناورانه سود (زیان) رسانند و بالعکس. برای مثال یک بخشنامه برای کاهش آلودگی‌های خودرو می‌تواند به استفاده از فناوری پاک کمک کند. مثال دیگر نیز می‌تواند اثر زیرساخت‌های جاده‌ای بر الگوهای مسافرت کاربران باشد. روابط بین بازیگران و نهادها و بین بازیگران و فناوری‌ها مشابه یکدیگر می‌باشند. هر دو این روابط از نوع روابط فاعل–مفعولی می‌باشند. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

شبکه‌ها:

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به‌وسیله‌ی مجموعه‌ای از روش‌های حل مساله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه ای حمایت می‌شود (قواعد نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی[2]، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی، روابط عرضه‌کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به‌شمار می‌روند.

شبکه‌ها فراهم‌آورنده شکلی از همکاری است که در وضعیتی بین جهت‌مند نبودن منعطف بازارها و صلب بودن سلسله مراتبی‌ها (برای مثال در بنگاه‌ها) قرار می‌گیرد [۲]. شبکه‌ها همچنین بین اعتماد و رقابت میان بازیگران مستقل با علائق

1- Misalignment

1- Industry association

ناهمگون، تعامل برقرار می‌کنند. حفظ این تعامل در محیطی مهم تلقّی می‌گردد که توسعه فناوری نوظهور وابسته به بازترکیب[1] مفهومی و عملی دانش است.

از آنجایی که تعاملات دینامیک و پویا است، درنظرگرفتن آن‌ها به عنوان یکی از عناصر ساختاری سیستم مشکل است. در بعضی از مقالات ادبیات برای توصیف ارتباط و روابط همکاری میان بازیگران از عبارت "شبکه" استفاده شده است ولی یک "شبکه" می‌تواند به عنوان یک شکل بزرگتر بازیگران سازمانی درنظرگرفته شود. با این وجود تعاملات محدود به اتفاق افتادن در درون شبکه‌ها نیست. در مراحل اولیه توسعه یک سیستم شبکه‌هایی وجود ندارد ولی تعاملات دو طرفه میان بازیگران اتفاق می‌افتد.

جدول (۱-۳) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول (۱-۳): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	• جامعه مدنی • شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تاسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانجات بزرگ، شرکت‌های چند ملیتی • دولت • سازمآن‌های مردم نهاد • بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانونگذاری، بانک‌ها/ سازمآن‌های مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی و مشاورین
نهادها	• سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها • نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...
تعاملات	• در سطح شبکه • در سطح ارتباطات فردی
زیرساخت‌ها	• تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمآن‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... • دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

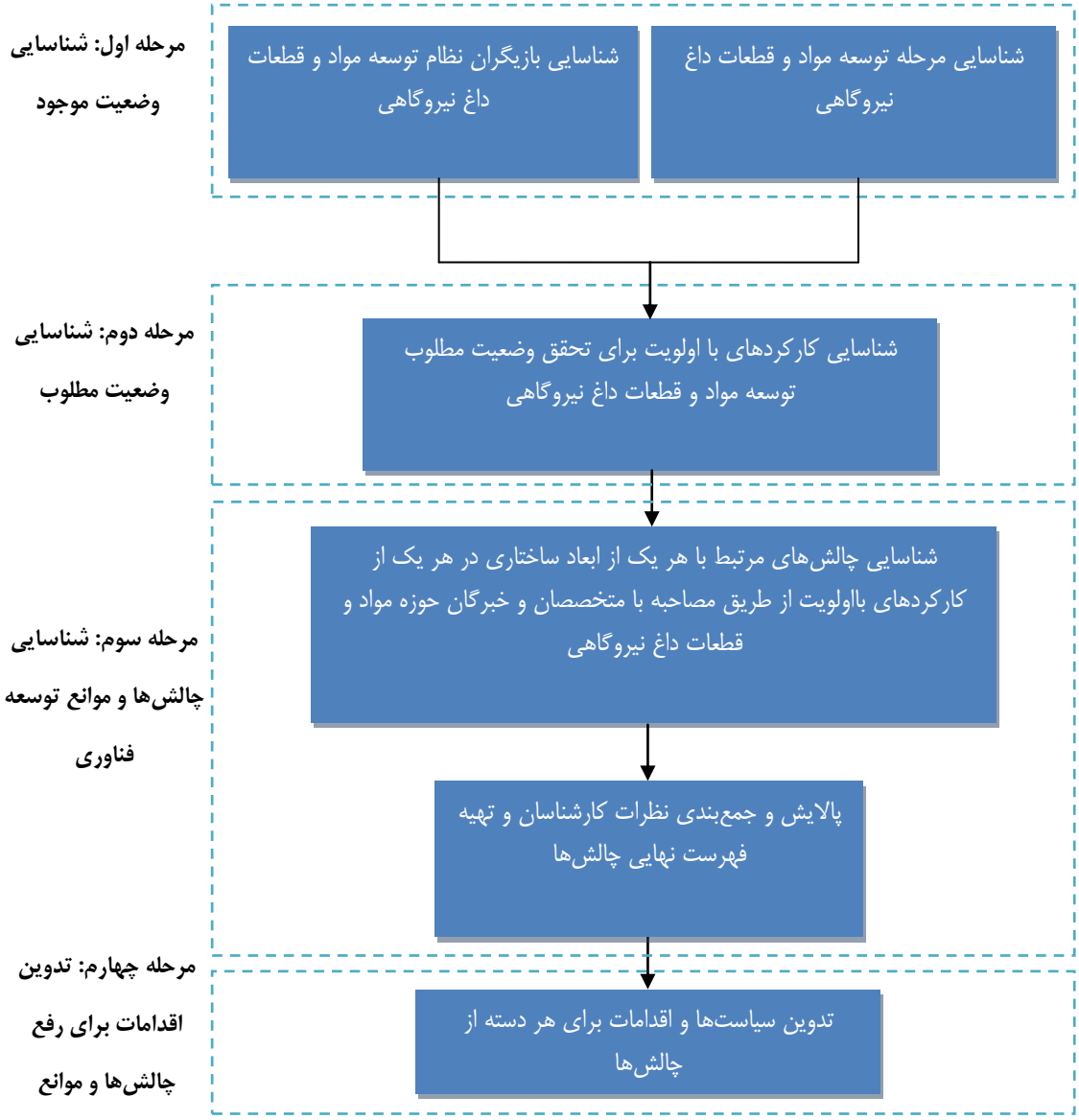
2- Recombination

۲- تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی رفع چالش‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. و در حقیقت راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در بخش مبانی نظری اشاره شد مبنای تدوین سیاست‌ها و اقدامات در این سند، نظام نوآوری فن‌آورانه (TIS) است. همان‌طور که اشاره شد یک دسته سیاست و اقدام مدیریتی در پاسخ به چالش‌های موجود در کارکردهای نظام نوآوری فن‌آورانه و یک دسته اقدام فنی مورد نیاز برای کارکرد توسعه دانش، ارائه می‌شود که در ادامه فرایند تدوین هریک و نتایج آن‌ها ارائه می‌گردد.

۲-۱- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی (مدیریتی)

فرایند تدوین این سیاست‌ها و اقدامات در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل (۲-۱): فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

همان‌طور که در شکل (۲-۱) نشان داده شده است در مرحله اول، وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص می‌شود. بدین منظور ابتدا مرحله توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین می‌شود. سپس، بازیگران نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی می‌شود. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی مشخص می‌گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای با اولویت از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین می‌گردد.

چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود و فهرست نهایی چالش‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی مشخص می‌شود. در مرحله آخر، اقدامات پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ارائه می‌شود.

در ادامه این مراحل توضیح داده شده است. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده در تمامی این مراحل از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان آشنا با حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی استخراج شده است. اسامی این افراد در بخش ۳-۱-۳ گزارش مرحله سوم ارائه شده است.

۲-۲- شناسایی وضعیت موجود مواد و قطعات داغ نیروگاهی

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات، وضعیت موجود مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی و نیز بازیگران نظام توسعه این مواد و قطعات در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۲-۲-۱- بازیگران نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، موسسات مالی، موسسات حقوقی و ... باشند. در این گام، بازیگران نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در حوزه‌های کارآفرینی، تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات، مشروعیت بخشی، شکل‌دهی به بازار و سیاستگذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی شده‌اند. در این راستا ابتدا با بررسی‌ها و تحقیقات، بازیگران حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی شدند سپس طبق نظرات کمیته راهبری طرح، نهایی شدند. بازیگران به تفکیک کارکردها در جدول (۲-۱) آمده است.

جدول (۲-۱): بازیگران نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

کارکردها	بازیگران
کارآفرینی	وزارت نیرو و شرکت‌های زیر مجموعه نظیر مجموعه شرکتهای مپنا، شرکت قطعات توربین شهریار، شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران و ... وزارت صنعت، معدن و تجارت و شرکت‌های زیر مجموعه نظیر مجموعه شرکتهای فولاد آلیاژی، شرکت آذرآب و ... وزارت دفاع و شرکتهای زیرمجموعه نظیر شرکت فولاد آلیاژی اصفهان و ... سازمان صنایع هوایی ایران وزارت نفت و شرکت‌های زیر مجموعه نظیر شرکت OTC و ... شرکت‌های خصوصی
توسعه دانش	پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه صنعت نفت، مراکز و پژوهشکده‌های مرتبط در دانشگاه مالک اشتر، پژوهشگاه مواد و انرژی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، مرکز پژوهش متالورژی رازی دانشگاه‌های دولتی مانند تهران، مالک اشتر، علم و صنعت، صنعتی شریف، صنعت آب و برق عباسپور، فردوسی مشهد، صنعتی اصفهان، خواجه نصیر، صنعتی امیرکبیر، تربیت مدرس، صنعتی سهند تبریز، شیراز، باهنر کرمان، صنعت نفت، شهید چمران اهواز و امام حسین و ... دانشگاه های آزاد واحدهای علوم تحقیقات و جنوب تهران، کرج، ساوه، دزفول، اراک، اهواز، نجف‌آباد، یزد و ... پارک های علم و فناوری (مانند پارک علم و فناوری تهران و اصفهان و ...) موسسه آموزش عالی، علمی کاربردی صنعت آب و برق جهاد دانشگاهی دانشگاه ها (مانند جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت و جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر و ...) شرکت‌ها و سازمان‌های دولتی یا شبه دولتی شامل مجموعه مپنا، OTC، شرکت فولاد آلیاژی ایران، کارخانه ثاقب نیروی هوایی، شرکت آذراب، شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران، شرکت قطعات توربین شهریار، صنعت نفت، صنایع دفاع، صنایع هواپیمایی ایران، سازمان صنایع هوایی، شرکتهای صها و هسا، و ... شرکت ها و موسسات خصوصی نظیر بدر سیستم، تجربه نور و ... موسسات آموزشی خصوصی
انتشار دانش	توانیر (دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی برق و دبیرخانه همایش واحدهای گازی GE-F9 و V94.2) انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران (دبیرخانه کنفرانس ملی نیروگاه های برق) انجمن مهندسین متالورژی ایران (دبیرخانه کنفرانس بین المللی مواد مهندسی و متالورژی و کنگره سالانه انجمن مهندسین متالورژی ایران) انجمن سازه های فولادی ایران انجمن آهن و فولاد ایران انجمن خوردگی ایران (دبیرخانه کنگره ملی خوردگی) شرکت بهره برداری نیروگاه طرشت (دبیرخانه کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق کشور) دبیرخانه کنفرانس تجهیزات دوار در صنایع نفت و نیرو انجمن مهندسین مکانیک ایران، انجمن سطح، سندیکای صنعت برق و ...

کارکردها		بازیگران
تامین منابع	منابع مالی	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری شرکت‌های سازنده توربین‌های گازی در کشور نظیر مپنا و OTC بانک‌ها صندوق‌های حمایت از تحقیقات و نوآوری‌ها نظیر صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه وزارت نیرو و ... معاونت تحقیقات وزارت علوم معاونت تحقیقات وزارت نفت معاونت تحقیقات وزارت دفاع معاونت تحقیقات وزارت نیرو و معاونت تحقیقات شرکت توانیر سازمان توسعه برق ایران
	منابع انسانی	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه صنعت نفت، مراکز و پژوهشکده‌های مرتبط در دانشگاه مالک اشتر، پژوهشگاه مواد و انرژی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، مرکز پژوهش متالورژی رازی دانشگاه‌های دولتی تهران، مالک اشتر، علم و صنعت، صنعتی شریف، صنعت آب و برق عباسپور، فردوسی مشهد، صنعتی اصفهان، خواجه نصیر، صنعتی امیرکبیر، تربیت مدرس، صنعتی سهند تبریز، شیراز، باهنر کرمان، صنعت نفت، شهید چمران اهواز و امام حسین و ... دانشگاه‌های آزاد واحدهای علوم تحقیقات و جنوب تهران، کرج، ساوه، دزفول، اراک، اهواز، نجف‌آباد، یزد و ... شرکت ها و موسسات خصوصی موسسه آموزش عالی، علمی کاربردی صنعت آب و برق
	مواد، قطعات و تجهیزات	شرکت‌های تامین کننده مواد داغ نیروگاهی شرکت‌های تامین کننده قطعات داغ نیروگاهی شرکت‌های تامین کننده تجهیزات ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
شکل‌دهی به بازار		وزارت صنعت، معدن و تجارت وزارت دفاع وزارت نفت وزارت نیرو توانیر سازمان توسعه برق مجموعه شرکت‌های مپنا گمرک

کارکردها	بازیگران
جهت‌دهی به سیستم	معاونت علمی و فناوری های ریاست جمهوری وزارت نیرو دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو دفتر پشتیبانی فنی تولید توانیر دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی وزارت نیرو معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری سازمان ملی استاندارد ایران شورای عتف
مشروعیت بخشی	توانیر سازمان توسعه برق

همانطور که پیش‌تر اشاره شد بازیگران ممکن است پیشرو یا پسرو باشند. طبق ادبیات کلیه شرکت‌های سازنده مواد و قطعات داغ نیروگاهی پیشرو محسوب می‌شوند و مابقی بازیگران پسرو می‌باشند. همچنین نحوه تاثیرگذاری هریک از بازیگران در نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در فاز پنجم طرح به تفصیل بیان خواهد شد.

۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

مرحله توسعه هر نظام فناورانه بر اساس وضعیت ساختاری نظام توسعه فناوری و مجموعه‌ای از شاخص‌ها یا نشانه‌های تحقق مرحله توسعه تعیین می‌شود. این مراحل عبارتند از: پیش‌توسعه، توسعه، اوج‌گیری، سرعت‌گیری، تثبیت. نشانه‌های تحقق مراحل یا شاخص‌های تشخیص مرحله توسعه در جدول (۲-۲) ارائه شده است.

جدول (۲-۲): شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه

آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟
بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه وارد شده‌اند؟ آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری و ...) چیست؟
آیا محصول فناوری بدون حمایت‌های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می‌شود؟
و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟
و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟

آیا شبکه‌های علمی و فناوری شکل گرفته‌اند؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟

وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟

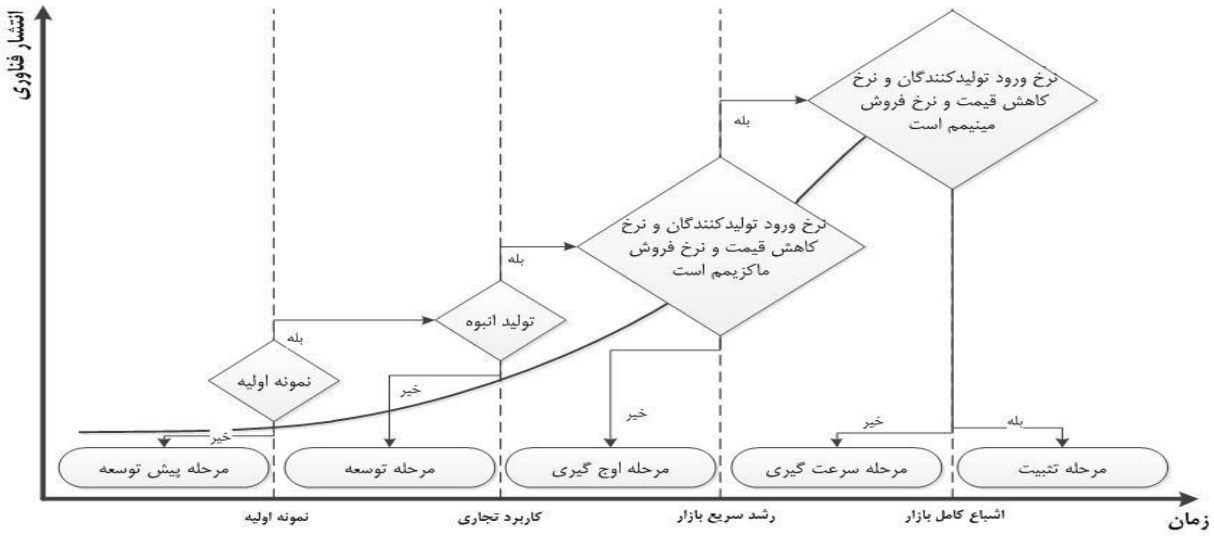
نرخ ورود تولید کنندگان محصول فناوری چگونه است؟

نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟

نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟

آیا انجمن‌ها و سندیکاهای مربوطه شکل گرفته‌اند؟

بر اساس سوالات فوق و وضعیت ساختاری نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌توان مرحله توسعه این مواد و قطعات را مشخص کرد. این موضوع در شکل (۲-۲) نشان داده شده است.



شکل (۲-۲): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

با بررسی سوالات فوق و جدول (۲-۳) می‌توان مرحله توسعه نظام را بر اساس ساختار موجود حول فناوری شناسایی کرد.

جدول (۲-۳): ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه

	پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
بازیگران	دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، تعداد محدود، نقش تسهیل‌گری دولت کم کم شکل می‌گیرد.	شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، شرکت‌های سرمایه گذاری خطر پذیر در این حوزه ورود می‌کنند، نقش دولت در سیاست‌گذاری پررنگ می‌شود.	انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته اند، افزایش شرکت‌های دانش بنیان، نقش دولت در سیاست‌گذاری پررنگ می‌شود.	تعداد رقبای در حوزه توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد، نقش پررنگ بانک‌ها و موسسات مالی، نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود.	تمام بازیگران در این حوزه فناورانه به صورت فعال حضور دارند.
تعاملات	روابط فردی شکل گرفته است، شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است، شبکه‌های ضعیف صنفی کم کم شکل می‌گیرد.	شبکه‌های علمی قوی، شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن.	شبکه‌های علمی قوی، شبکه‌های صنفی قوی.
نهادها	نهادهای نرم شکل می‌گیرند، نهاد سختی هنوز وجود ندارد.	نهادهای سخت درحال شکل‌گیری هستند.	نهادهای سخت شکل گرفته‌اند.	افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها.	نهادهای سخت متنوعی وجود دارد.

برخی از مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سطح تولید انبوه می‌باشند و برخی دیگر هنوز به مرحله ساخت نمونه اولیه نرسیده‌اند. بازیگران اصلی تعدادی از مواد و قطعات داغ نیروگاهی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی می‌باشند درحالی که بازیگران اصلی برخی از مواد و قطعات داغ نیروگاهی شرکت‌های دانش بنیان و شرکت‌های خصوصی می‌باشند. از سوی دیگر تعاملات و روابط بین دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت های سازنده مواد و قطعات داغ به خوبی شکل نگرفته است. با توجه به تفاوت‌های ذکر شده نمی‌توان تمامی مواد و قطعات داغ نیروگاهی را در یکی از مراحل توسعه جای داد بلکه طبق بررسی‌های انجام شده، برخی از آنها در مرحله پیش توسعه و برخی دیگر در مرحله توسعه قرار دارند. جهت تعیین مرحله توسعه هریک از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ابتدا پیش نویسی طبق نظر تیم فنی طرح تهیه گردید و سپس در جلسه کمیته راهبری، با حضور آقایان دکتر موسوی، مهندس فلاح، مهندس نمازی، دکتر عباسی، دکتر غلامی پور، دکتر جهانگیری، مهندس چراغزاده، مهندس ژام و دکتر درویش مطرح و روی مرحله توسعه هریک از مواد و قطعات بحث گردید. نتایج به دست آمده در جدول (۲-۴) آمده است.

جدول (۲-۴): مرحله توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	مواد و قطعات داغ نیروگاهی	مرحله توسعه
۱	شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	توسعه
۲	ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	پیش توسعه
۳	پودر پوشش فلزی	پیش توسعه
۴	پودر پوشش سرامیکی	پیش توسعه
۵	مواد جوشکاری و بریزینگ	پیش توسعه
۶	شمش کارشده سوپرآلیاژ پایه Ni و Co	پیش توسعه
۷	پره متحرک توربین گازی	توسعه
۸	پره ثابت توربین گازی	توسعه
۹	لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر واحدهای بخاری	پیش توسعه
۱۰	محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی	توسعه
۱۱	لوله بویلر واحدهای بخاری	پیش توسعه
۱۲	پره متحرک توربین بخاری	توسعه
۱۳	پره ثابت توربین بخاری	توسعه
۱۴	شرود توربین گازی	توسعه
۱۵	دیسک توربین گازی	توسعه
۱۶	روتور توربین گازی	پیش توسعه
۱۷	انواع سیل توربین گازی	توسعه
۱۸	ولو توربین بخاری	پیش توسعه
۱۹	روتور توربین بخاری	پیش توسعه

طبق جدول فوق کلیه مواد داغ نیروگاهی با اولویت و همچنین قطعات داغ نیروگاهی شامل لوله سوپرهیتر و ری‌هیتر واحدهای بخاری، لوله بویلر واحدهای بخاری، دیسک توربین گازی، روتور توربین گازی، ولو توربین بخاری و روتور توربین بخاری در مرحله پیش توسعه قرار دارند و همچنین قطعات داغ نیروگاهی شامل پره متحرک توربین گازی، پره ثابت توربین گازی، محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی، پره متحرک توربین بخاری، پره ثابت توربین بخاری، شرود توربین گازی و انواع سیل توربین گازی در مرحله توسعه قرار دارند.

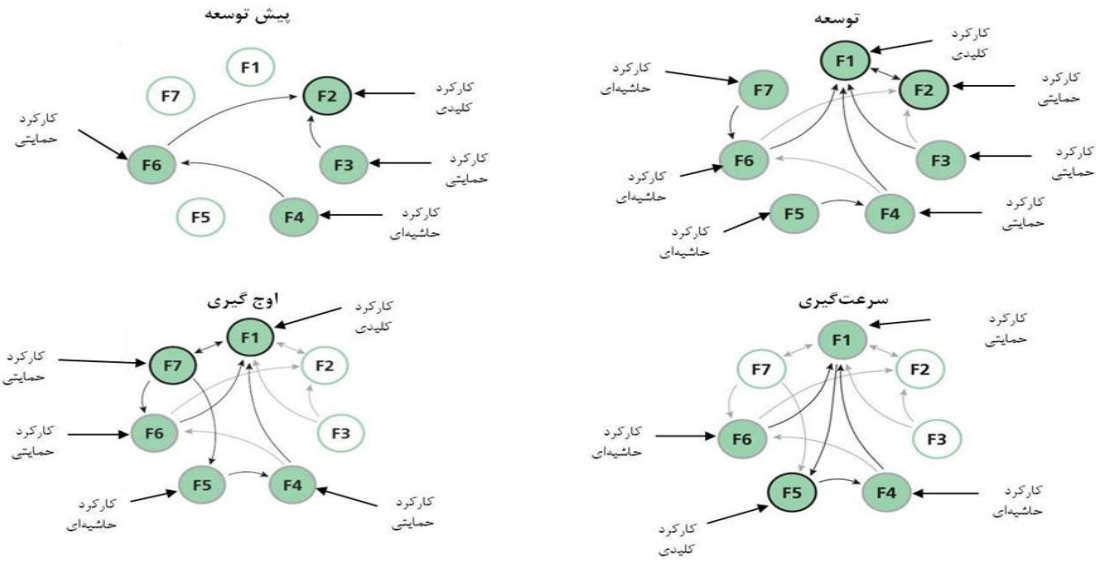
۲-۳- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی است و همیشه در حال تغییر و تحول است و نمی‌توان یک سیستم بهینه برای فرایند نوآوری تعریف کرد، پس هدف نظام را باید در طول این فرایند تعریف کرد. هدف یک نظام نوآوری انتقال نظام مورد نظر از یک مرحله توسعه به مرحله بعدی است. البته باید توجه داشت که لزوما مرحله بعدی وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام نوآوری مد نظر است.

نکته اصلی در اینجا نحوه انتقال از یک مرحله به مرحله دیگر است. کارکردهای هر مرحله به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله انتقال به مرحله بعدی است. شکل (۲-۳) مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر مرحله را نشان می‌دهد. جدول (۲-۵) نیز کدگذاری کارکردهای هفتگانه نظام نوآوری فناورانه را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۵): کدگذاری کارکردهای نظام نوآورانه فناوری

نام کارکرد	کد کارکرد
فعالیت‌های کارآفرینی	F_1
توسعه‌ی دانش	F_2
انتشار دانش	F_3
جهت‌دهی به سیستم	F_4
شکل‌گیری بازار	F_5
بسیج منابع	F_6
مشروعیت‌بخشی	F_7



شکل (۲-۳): مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

در بخش قبلی مشخص شد که برخی از اجزای نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش‌توسعه و برخی دیگر در مرحله توسعه قرار دارند. بر اساس شکل فوق، زمانی که سیستم در مرحله پیش‌توسعه قرار داشته باشد و هدف ما رسیدن به مرحله بعدی نظام توسعه فناوری باشد ۴ کارکرد دارای اهمیت می‌باشند که کارکرد توسعه دانش کارکرد کلیدی، کارکردهای انتشار دانش و بسیج منابع کارکردهای حمایتی و کارکرد جهت‌دهی به سیستم کارکرد حاشیه‌ای است و زمانی که سیستم در مرحله توسعه قرار داشته‌باشد هر ۷ کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، بسیج منابع، فعالیت‌های کارافرینی، شکل‌گیری بازار و مشروعیت بخشی باید محقق شوند که در این میان کارکردهای کارآفرینی و توسعه دانش کارکردهای کلیدی هستند. در بخش بعدی فرایند تدوین اقدامات و سیاست‌ها، چالش‌های مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در ۷ کارکرد شناسایی می‌شود.

۲-۴- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

در گام قبلی برای دسته‌ای از مواد و قطعات داغ نیروگاهی کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم به عنوان کارکردهای با اولویت و برای دسته‌ای دیگر هر هفت کارکرد نظام نوآورانه فناوری شناسایی شدند. در این گام با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی، در هر هفت

کارکرد شناسایی شده است. همان طور که پیشتر بیان شد این چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۹ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

نام	سمت
جناب آقای دکتر موسوی	عضو هیئت علمی دانشگاه آب و برق
جناب آقای مهندس چراغزاده	رییس دفتر مهندسی شرکت موادکاران(مپنا)
جناب آقای مهندس عرب عامری	مدیرعامل تجربه نور
جناب آقای دکتر غلامی‌پور	عضو هیئت علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
جناب آقای مهندس تیموری	مدیرعامل شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران
جناب آقای مهندس نمازی	کارشناس دفتر فنی تولید توانیر
جناب آقای مهندس فلاح	مدیر گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو
جناب آقای دکتر درویش	مدیر عامل شرکت بدر سیستم
جناب آقای مهندس مهدیزاده	کارشناس گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو
جناب آقای مهندس شیرپی	کارشناس گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو

در این فرایند کلیه موانع و چالش‌های مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج شد و پس از پالایش و حذف موارد تکراری، فهرست نهایی چالش‌ها تهیه شد. در ادامه به بررسی چالش‌های شناسایی شده جهت توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی به تفکیک هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه می‌پردازیم.

۲-۴-۱- چالش‌های کارآفرینی

چالش های کارکرد کارآفرینی شامل موانعی است که از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید جلوگیری می‌نماید. کسب و کارهای جدید می‌تواند ایجاد شود یا شناسانده شود. در حالت اول هدف کسب سود و در حالت دوم هدف مشروعیت‌بخشی است. می‌توان گفت چالش‌های فعالیت‌های کارآفرینی شامل موانعی است بر سر راه تلاش‌هایی که به طور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارایه شده بر پایه دانش فنی موجود می‌پردازند. در حقیقت این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقاتی متمایز می‌سازد.

چالش‌ها و موانع شناسایی شده در زمینه کارآفرینی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی توسعه یافته عبارتند از:

- کمبود تعداد کارآفرینان در مورد برخی از مواد و قطعات داغ نیروگاهی مانند برخی از پره‌های توربین و دیسک توربین ...
- نبودن اتحادیه صنف تولید کنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی جهت پیگیری مشکلات تولیدکنندگان و ایجاد ارتباط بین آنان
- عدم حمایت از ورود و فعالیت کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۲-۴-۲- چالش‌های توسعه دانش

چالش‌های مربوط به این کارکرد، دربرگیرنده تمامی فعّالیت‌هایی است که می تواند منجر به مانع در فرایند یادگیری شود. این چالش‌ها در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان ممکن است رخ دهد. در کشورهای در حال توسعه، یکی از مهم‌ترین دلایل عدم توسعه برخی صنایع تکنولوژی محور، عدم توسعه دانش آن صنعت است. در کشورهای توسعه یافته، این موضوع به دلیل رقابت تنگاتنگ شرکت‌های مختلف حل می‌شود. در واقع رقابت اصلی بنگاه‌های اقتصادی بر سر نوآوری است و این موضوع منجر به سرمایه‌گذاری بنگاه‌های مختلف در توسعه دانش می‌شود و دانش توسعه می‌یابد. ولی در کشورهای در حال توسعه عمدتاً، بنگاه‌هایی با توانایی رقابت‌پذیری بالا وجود نداشته و عملاً توسعه دانش به صورت درونزا رخ نمی‌دهد و می‌بایست به صورت برونزا یا انتقال دانش و فناوری، رخ دهد. لذا همین موضوع نیاز به مداخله دولت و ایجاد جهت‌گیری در همین موضوع را دارد.

چالش‌ها و موانع شناسایی شده در زمینه توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی عبارتند از:

- همسو نبودن فعالیت‌های مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها با نیاز صنعت
- نبود آزمایشگاه مرجع و کمبود تجهیزات مناسب در آزمایشگاه‌های موجود
- نارضایتی صنعت‌گران از کیفیت پروژه‌های تحقیقاتی
- مشارکت ضعیف بخش خصوصی در تولید دانش
- ناکارآمدی نظام مالکیت معنوی در کشور

۲-۴-۳- چالش‌های انتشار دانش

چالش‌های این کارکرد در اثر نامناسب بودن شبکه‌ها و روابط ایجاد می‌شود که بخشی از آن متأثر از ماهیت شبکه‌ها است. در واقع یکی از موارد دیگری که منجر به عدم توسعه یک نظام فناورانه خاص یا یک صنعت دانش‌محور می‌شود، عدم انتشار صحیح اطلاعات و یا دانش میان بازیگران مختلف آن حوزه است. اگر دانش میان تعداد بسیاری از نقش‌آفرینان یک حوزه منتشر شود و در عین حال حقوق مالکیت معنوی و فکری رعایت شود، می‌توان شاهد بروز یک نوع رقابت سالم میان بنگاه‌های اقتصادی بود که می‌تواند منجر به توسعه شود. در غیر این صورت بعضاً دولت‌ها می‌توانند با دخالت‌های هوشمندانه از بروز این‌چنین چالش‌هایی جلوگیری نمایند. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

- ارتباطات ضعیف با شرکت‌های پیشرو بین‌المللی در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- بی‌کیفیتی و نمایشی بودن سمینارها
- مکانیزم ناکارآمد تبادل دانش مرتبط با مواد و قطعات داغ بین صنعت نفت، صنعت برق و صنایع نظامی
- کیفیت و کمیت پایین نشریات علمی حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- عدم وجود ارتباط مناسب بین دانشگاه‌ها و موازی‌کاری
- ضعیف بودن ارتباطات بین بخش‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های زیر مجموعه صنعت برق به جهت رقابتی بودن فضا

۲-۴-۴- چالش‌های تأمین منابع

یکی دیگر از انواع چالش‌های سیستمی که منجر به عدم توسعه نظام یک صنعت می‌شود، عدم تخصیص بهینه منابع اعم از منابع مالی، انسانی یا تجهیزاتی به دلایل مختلف است. در واقع همین عدم تخصیص بهینه منابع منجر به ایجاد موانعی در حوزه‌های مختلف توسعه دانشی و یا مدیریتی می‌شود که دولت می‌تواند با اتخاذ سیاست‌هایی در جهت رفع این موانع برآید و از بروز چنین چالشی در سیستم جلوگیری نماید.

مداخلات دولت در رابطه با این چالش‌ها مجموعه‌ای از فعّالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه‌ی نظام نوآوری را پوشش می‌دهد که در راستای تحقق کارکرد تأمین و تسهیل منابع قرار می‌گیرند. این چالش‌ها به سه

دسته چالش‌های مربوط به منابع انسانی، منابع مالی و مواد و تجهیزات تقسیم می‌شود. چالش‌های مشخص شده در این کارکرد عبارتند از:

- کمبود نقدینگی در شرکت‌های سازنده مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردها و پژوهش‌های کشور در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای عموم محققین، تولیدکنندگان و سیاستگذاران
- ناکافی بودن نیروی متخصص در حوزه فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال
- کمبود برخی تجهیزات مورد نیاز و ضعف مدیریت آنها

۲-۴-۵- چالش‌های شکل‌دهی به بازار

مجموعه فعالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن تکنولوژی نوظهور نسبت به تکنولوژی‌های موجود در عرصه‌ی بازار در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرد. نباید انتظار داشت که تکنولوژی‌های نوظهور، توانایی رقابت با تکنولوژی‌های موجود را داشته باشند. چالش‌های این کارکرد به موانع پیش‌روی مجموعه‌ای از فعالیت‌ها بر می‌گردد که برای رقابت تکنولوژی‌های نوظهور با تکنولوژی‌های موجود تلاش می‌کنند. همچنین موانعی که در مسیر رشد و توسعه یک فناوری نوظهور جهت دستیابی به قابلیت‌های فنی، اقتصادی و بازار وجود دارند، از دیگر چالش‌های این کارکرد به حساب می‌آیند.

چالش‌های این کارکرد به شرح زیر است:

- علاقه نیروگاه‌ها برای خرید خارجی مواد و قطعات داغ نیروگاهی به دلیل سهولت
- تولید انبوه در حوزه قطعات داغ مانند روتورها، پره‌های خاص محفظه‌های احتراق خاص و برخی شرود ها، دیسک‌ها و ولوها به دلیل کم بودن تقاضا ممکن نیست
- کمبود قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور

۲-۴-۶- چالش‌های جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم، اشاره به فعالیت‌هایی دارد که به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری منجر می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود. این کارکرد می‌تواند توسط بازیگران مختلفی از جمله صنعت، دولت و بازار تحقق پیدا کند. چالش‌های این کارکرد در ارتباط با وجود چشم‌انداز توسعه فناوری، انتظارات، تعهد، هنجارها، قوانین و مقررات، استانداردها تعریف می‌شود. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

- عدم وجود نهادی جهت ارزیابی، کنترل و تقویت مراکز تولید دانش و تولیدکنندگان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- عدم وجود نهاد متمرکز سیاستگذاری در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی متشکل از بازیگران مختلف

۲-۴-۷- چالش‌های مشروعیت‌بخشی

آن دسته از موانع واقع در مسیر فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای تکنولوژی جدید هستند و می‌توانند منجر به تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم راستا شدن آنها با نیازهای بازیگران موجود در نظام مورد نظر گردند را می‌توان از چالش‌های این کارکرد دانست.

ظهور یک تکنولوژی جدید، اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در تکنولوژی‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. این کارکرد در توسعه تکنولوژی‌ها مانند یک کاتالیزور عمل می‌کند و به فرآیند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد.

چالش‌های مربوط به این کارکرد عبارتند از:

- استفاده ناکافی از ظرفیت های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج استفاده نیروگاه‌ها از مواد و قطعات داغ نیروگاهی تولید داخل
- اولویت نداشتن فناوری‌های مرتبط با مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای مسئولان
- دید کوتاه‌مدت در بین مدیران کنونی نیروگاه‌ها در نتیجه دوره‌های کوتاه مدیریتی

جدول (۲-۶): چالش‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی به تفکیک هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در هر یک از ابعاد ساختاری

کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادها	زیرساخت‌ها
کارآفرینی	• کمبود تعداد کارآفرینان در مورد برخی از مواد و قطعات داغ نیروگاهی مانند پره‌های توربین و دیسک توربین ...	نبودن اتحادیه صنف تولید کنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی جهت پیگیری مشکلات تولیدکنندگان و ایجاد ارتباط بین آنان	عدم حمایت از ورود و فعالیت کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	
توسعه دانش	• نارضایتی صنعت‌گران از کیفیت پروژه‌های تحقیقاتی • مشارکت ضعیف بخش خصوصی در تولید دانش	• همسو نبودن فعالیت‌های مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها با نیاز صنعت • عدم تعریف پایان نامه‌های دانشگاهی در حوزه مواد و قطعات داغ توسعه نیافته و پروژه‌های تحقیقاتی	• ناکارآمدی نظام مالکیت معنوی در کشور	• نبود آزمایشگاه مرجع و کمبود تجهیزات مناسب در آزمایشگاه‌های موجود

کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادها	زیرساخت‌ها
انتشار دانش	• کیفیت و کمیت پایین نشریات علمی حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	• ارتباطات ضعیف با شرکت‌های پیشرو بین‌المللی در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی • مکانیزم ناکارآمد تبادل دانش مرتبط با مواد و قطعات داغ بین صنعت نفت، صنعت برق و صنایع نظامی • ضعیف بودن ارتباطات بین بخش‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های زیر مجوعه صنعت برق به جهت رقابتی بودن فضا • عدم وجود ارتباط مناسب بین دانشگاه‌ها و موازی‌کاری	• بی‌کیفیتی و نمایشی بودن سمینارها	
تامین منابع	• کمبود برخی تجهیزات مورد نیاز و ضعف مدیریت آنها			• عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردها و پژوهش‌های کشور در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای عموم محققین، تولیدکنندگان و سیاستگذاران • ناکافی بودن نیروی متخصص در حوزه فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال • کمبود نقدینگی در شرکت‌های سازنده مواد

کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادها	زیرساخت‌ها
				و قطعات داغ نیروگاهی
شکل‌دهی به بازار		• تولید انبوه در حوزه قطعات داغ مانند روتورها، پره‌های خاص محفظه‌های احتراق خاص و برخی شرودها، دیسک‌ها و ولوها به دلیل کم بودن تقاضا ممکن نیست	• کمبود قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	• علاقه نیروگاه‌ها برای خرید خارجی مواد و قطعات داغ نیروگاهی به دلیل سهولت

کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادها	زیرساخت‌ها
جهت‌دهی به سیستم	• عدم وجود نهادی جهت ارزیابی، کنترل و تقویت مراکز تولید دانش و تولیدکنندگان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی • عدم وجود نهاد متمرکز سیاستگذاری در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی متشکل از بازیگران مختلف			
مشروعیت‌بخشی	• دید کوتاه‌مدت در بین مدیران کنونی نیروگاه‌ها در نتیجه دوره‌های کوتاه مدیریتی • اولویت نداشتن فناوری‌های مرتبط با مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای مسئولان			• استفاده ناکافی از ظرفیت های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج استفاده نیروگاه‌ها از تولیدکنندگان داخلی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۲-۵- سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی مورد نیاز برای توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

همان طور که در شکل (۲-۱) نشان داده شده است، سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. این سیاست‌ها ۷ دسته هستند که همان طور که پیش از این اشاره شد بر اساس چالش‌ها و موانع شناخته شده در کارکردهای هفت گانه نظام نوآوری فن‌آورانه پیشنهاد می شوند.

۲-۵-۱- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به کارآفرینی

- رایزنی جهت اعطای معافیت مالیاتی به کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- تشکیل کمیته تخصصی تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سندیکای صنعت برق ایران

۲-۵-۲- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به توسعه دانش

- انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه دقیق حمایت از پروژه های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت های فعال در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- تاسیس و بهره‌برداری آزمایشگاه‌های مرجع
- رایزنی با مدیران وزارت نیرو جهت تخصیص بودجه برای حمایت از شرکت های دانش بنیان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه
- حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه

۲-۵-۳- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به انتشار دانش

- برقراری ارتباط با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر کشورهای پیشرو در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

- حمایت از برگزاری همایش های تخصصی با کیفیت مناسب در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- ایجاد ارتباط بین وزارتخانه‌های ذی‌نفع حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- حمایت از تهیه و انتشار نشریات تخصصی در حوزه مواد قطعات داغ نیروگاهی
- کمک به شکل‌گیری انجمن‌های علمی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۲-۵-۴- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به تأمین منابع (مالی، انسانی و مواد)

- برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی
- تقویت و توسعه مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی
- برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه‌های فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال
- بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود (نظیر HIP، سنگ خزشی، جوش و برش لیزر و...)
- انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی زیرساخت فنی مورد نیاز و نحوه توسعه آنها بر حسب نیاز

۲-۵-۵- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به شکل‌دهی به بازار

- تدوین و پیشنهاد قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور
- شناسایی کشورهای دارای صنعت نیروگاهی مشابه ایران و تلاش در جهت صادرات به آنها

۲-۵-۶- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم

- تشکیل ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۲-۵-۷- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی

- برگزاری همایش و سمینار برای آگاهی‌بخشی ضرورت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور

در جداول (۲-۷) الی (۲-۱۳) سیاست‌های رفع چالش‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای هر کارکرد ارایه شده‌است.

جدول (۲-۷): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد کارآفرینی

چالش	سیاست/اقدام
کمبود تعداد کارآفرینان در مورد برخی از مواد و قطعات داغ نیروگاهی مانند برخی از پره‌های توربین و دیسک توربین ...	رایزنی جهت اعطای معافیت مالیاتی به کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
عدم حمایت از ورود و فعالیت کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	
نبودن اتحادیه صنف تولید کنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی جهت پیگیری مشکلات تولیدکنندگان و ایجاد ارتباط بین آنان	تشکیل کمیته تخصصی تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سندیکای صنعت برق ایران

جدول (۲-۸): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد توسعه دانش

چالش	سیاست/اقدام
همسو نبودن فعالیت‌های مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها با نیاز صنعت	انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه دقیق حمایت از پروژه های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت های فعال در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
نبود آزمایشگاه مرجع و کمبود تجهیزات مناسب در آزمایشگاه‌های موجود	تاسیس و بهره‌برداری آزمایشگاه‌های مرجع
نارضایتی صنعت‌گران از کیفیت	چالش محیطی

پروژه‌های تحقیقاتی	
مشارکت ضعیف بخش خصوصی در تولید دانش	رایزنی با مدیران وزارت نیرو جهت تخصیص بودجه برای حمایت از شرکت های دانش بنیان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه
ناکارآمدی نظام مالکیت معنوی در کشور	چالش محیطی
ناکافی بودن طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی در حوزه مواد و قطعات داغ توسعه نیافته	حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه

جدول (۲-۹): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد انتشار دانش

چالش	سیاست/اقدام
ارتباطات ضعیف با شرکت‌های پیشرو بین‌المللی در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	برقراری ارتباط با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر کشورهای پیشرو در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
بی‌کیفیتی و نمایشی بودن کنفرانس‌ها	حمایت از برگزاری همایش های تخصصی با کیفیت مناسب در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
مکانیزم ناکارآمد تبادل دانش مرتبط با مواد و قطعات داغ بین صنعت نفت، صنعت برق و صنایع نظامی	ایجاد ارتباط بین وزارتخانه‌های ذی‌نفع حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
کیفیت و کمیت پایین نشریات علمی حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	حمایت از تهیه و انتشار نشریات تخصصی در حوزه مواد قطعات داغ نیروگاهی
عدم وجود ارتباط مناسب بین دانشگاه‌ها و موازی‌کاری	کمک به شکل‌گیری انجمن‌های علمی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
ضعیف بودن ارتباطات بین بخش‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های زیر مجموعه صنعت برق به جهت رقابتی بودن فضا	

جدول (۲-۱۰): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد تامین منابع

چالش	سیاست/اقدام
کمبود نقدینگی در شرکت‌های سازنده مواد و قطعات داغ نیروگاهی	برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی
عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردها و پژوهش‌های کشور در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای عموم محققین، تولیدکنندگان و سیاستگذاران	تقویت و توسعه مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی
ناکافی بودن نیروی متخصص در حوزه فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال	برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه‌های فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال
کمبود برخی تجهیزات مورد نیاز و ضعف مدیریت آنها	بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود (نظیر HIP، سنگ خزشی، جوش و برش لیزر و...)
	انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی زیرساخت فنی مورد نیاز و نحوه توسعه آنها بر حسب نیاز

جدول (۲-۱۱): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار

چالش	سیاست/اقدام
کمبود قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	تدوین و پیشنهاد قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور
علاقه نیروگاه‌ها برای خرید خارجی مواد و قطعات داغ نیروگاهی به دلیل سهولت	
تولید انبوه در حوزه قطعات داغ مانند روتورها، پره‌های خاص	شناسایی کشورهای دارای صنعت

محفظه‌های احتراق خاص و برخی شرود ها، دیسک‌ها و ولوها به دلیل کم بودن تقاضا ممکن نیست	نیروگاهی مشابه ایران و تلاش در جهت صادرات به آنها

جدول (۲-۱۲): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم

چالش	سیاست/اقدام
عدم وجود نهادی جهت ارزیابی، کنترل و تقویت مراکز تولید دانش و تولیدکنندگان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	تشکیل ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی
عدم وجود نهاد متمرکز سیاستگذاری در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی متشکل از بازیگران مختلف	

جدول (۲-۱۳): سیاست‌ها و چالش‌های کارکرد مشروعیت‌بخشی

چالش	سیاست/اقدام
استفاده ناکافی از ظرفیت های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج استفاده نیروگاه‌ها از تولیدکنندگان داخلی مواد و قطعات داغ نیروگاهی	برگزاری همایش و سمینار برای آگاهی‌بخشی ضرورت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور
اولویت نداشتن فناوری‌های مرتبط با مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای مسئولان	
پرداختن مدیران کنونی نیروگاهها به مسائل کوتاه‌مدت بدلیل دوره‌های کوتاه مدیریتی	

۳- تدوین اقدامات فنی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مـواد و قطعـات داغ نیروگاهی

اقدامات فنی اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی با اولویت که در مرحله سوم طرح شناسایی شده‌اند کمک می‌کنند. با توجه به راهبردهای حاصل از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، دستیابی به دانش فنی مواد و قطعات داغ نیروگـاهی بـه سـه مرحلـه تقسیم گردید. این مراحل عبارتند از:

۱. دستیابی به دانش فنی ساخت نمونه اولیه از ماده یا قطعه داغ نیروگاهی

۲. دستیابی به دانش فنی ساخت نمونه پایلوت از ماده یا قطعه داغ نیروگاهی

۳. دستیابی به دانش فنی ساخت در مقیاس تولید انبوه از ماده یا قطعه داغ نیروگاهی

جهت دستیابی به دانش فنی ساخت یک قطعه یا ماده داغ نیروگاهی لازم است ابتدا نمونـه اولیـه‌ای از آن مـاده یـا قطعـه ساخته شود و پس از آن نمونه‌ای در مقیاس نیمه صنعتی یا پایلوت ساخته شود و در نهایت به تولید انبوه برسد.

این اقدامات شامل ۴ بخش ساخت مواد داغ نیروگاهی، ساخت قطعات داغ نیروگاهی، انتقال فناوری قطعات داغ نیروگاهی و طراحی مواد داغ نیروگاهی می‌باشد.

۳-۱- اقدامات فنی برای توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی

۱. تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی.(در مقیاس آزمایشگاهی)

۲. تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co. (در مقیـاس آزمایشـگاهی، نیمـه صـنعتی و صنعتی)

۳. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعـات داغ تـوربین‌هـای گـازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

۴. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربین‌های گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

۵. تسلط به دانش فنی ساخت انواع مواد جوشکاری و بریزینگ مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربین‌های گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

۶. تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش کارشده از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

۷. تسلط به دانش فنی ساخت انواع ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

۳-۲- اقدامات فنی برای توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی

۱. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره ثابت و متحرک توربین گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)

۲. تسلط به دانش فنی ساخت انواع محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)

۳. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره ثابت و متحرک توربین بخاری. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)

۳-۳- اقدامات فنی برای انتقال فناوری‌های قطعات داغ نیروگاهی

۱. انجام مطالعات جهت انتخاب روش و مبدأ مناسب جهت انتقال دانش فنی ساخت لوله های بویلر (سوپرهیتر، ری‌هیتر، اکونومایزر و ...) واحدهای نیروگاهی بخاری

۳-۴- اقدامات فنی برای توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی

۱. انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای ریختگی پایه Ni و Co در مقیاس نمونه اولیه.

۲. انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای کارشده پایه Ni و Co در مقیاس نمونه اولیه.

۳. انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی مواد شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی در مقیاس نمونه اولیه.

نتیجه‌گیری

هدف مرحله چهارم از طرح « تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی » تدوین سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بود. در ابتدای این گزارش مبانی نظری مربوط تدوین اقدامات شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس فرایند چهار مرحله‌ای تدوین اقدامات سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی توضیح داده شد. در مرحله اول این فرایند وضعیت موجود توسعه فناوری با شناسایی مرحله توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی و بازیگران نظام توسعه این مواد و قطعات مشخص شد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین شد. در مرحله سوم، موانع موجود از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تعیین شد و در نهایت سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ارائه شد.

مراجع

۱- «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق- راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲

2- Carlsson, B. and Stankiewicz, R., “Evolutionary Economics,” pp. 93–118, 1991.

3- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., and Rickne, A., “Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis,” Research Policy, vol. 37, no. 3, pp. 407–429, 2008.

4- North, D.C., “Institutions, institutional change and economic performance”, Cambridge University Press, 1990.

5- Schot, J., “Towards new forms of participatory technology development,” Technology Analysis & Strategic Management, vol. 13, no. 1, pp. 39–52, 2001.

6- Dosi, G., “Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation,” Journal of economic *literature*, pp. 1120–1171, 1988.

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۲- فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی ۱

۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی ۲

۲-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات ۴

۲-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات ۵

۲-۱-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی ۸

۲-۲- فهرست پروژه‌های اجرایی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۸

۳- تخصیص منابع ۱۲

۴- تقسیم کار ملی (نگاشت‌نهادی مطلوب) ۲۰

۴-۱- نگاشت نهادی ۲۰

۴-۱-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی ۲۲

۴-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۴

۴-۱-۳- تحلیل نگاشت نهادی ۳۰

۴-۲- تخصیص متولیان اقدامات ۳۰

۵- ترسیم ره‌نگاشت ۳۳

۶- نتیجه‌گیری ۳۸

منابع و مراجع ۳۸

پیوست الف: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۹

پیوست ب: شناسنامه اقدامات مدیریتی ۷۸

پیوست ج: شناسنامه پروژه‌ها و اقدامات فنی، معرفی مختصر پروژه‌ها، زمان و هزینه‌های تخمینی و شاخص پروژه‌ها۹۵

فهرست اشکال

شکل (۲-۱): فرایند تدوین برنامه عملیاتی ۲

شکل (۲-۲): نحوه شکستن اقدام X ۳

شکل (۴-۱): ارتباط بین نهادها در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۲۹

شکل (۵-۱): ره‌نگاشت اقدامات فنی 36

شکل (۵-۲): ره‌نگاشت اقدامات مدیریتی ۳۷

فهرست جداول

جدول (۲-۱): پروژه‌های توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی..... ۹

جدول (۲-۲): پروژه‌های توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی ۱۱

جدول (۲-۳): پروژه‌های انتقال فناوری قطعات داغ نیروگاهی..... ۱۱

جدول (۲-۴): پروژه‌های توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی..... ۱۲

جدول (۳-۱): بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیر فنی طراحی و توسعه دانش فنی مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۱۳

جدول (۳-۲): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی در توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی ۱۵

جدول (۳-۳): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی در توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی. ۱۸

جدول (۳-۴): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به پروژه‌های اقدامات فنی انتقال فناوری قطعات داغ نیروگاهی ۱۹

جدول (۳-۵): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به پروژه‌های اقدامات فنی توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی ۱۹

جدول (۴-۱): نگاشت نهادی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی..... ۲۷

جدول (۴-۲): متولیان اقدامات غیر فنی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳۰

جدول (۴-۳): متولیان اقدامات فنی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی..... ۳۲

۱- مقدمه

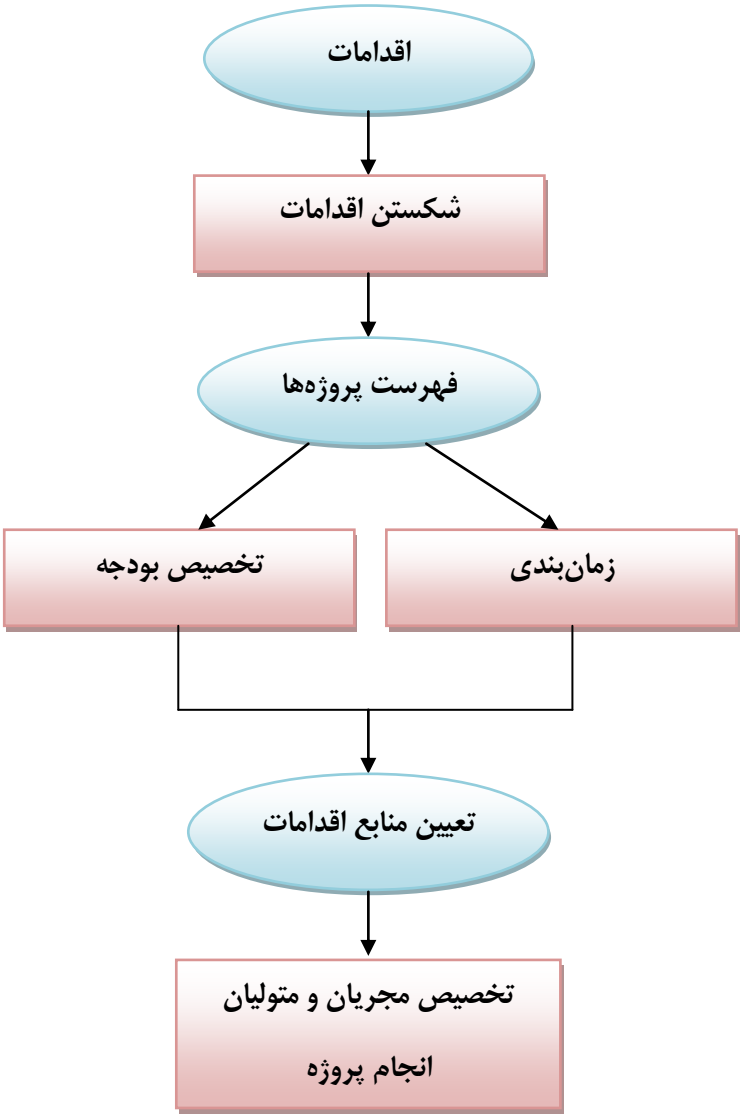
در این بخش از سند با عنوان «تدوین ره‌نگاشت و برنامه عملیاتی» با ارائه مدلی از گام‌های لازم جهت تکمیل فرایند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای هرگام پرداخته می‌شود که در نهایت منجر به دستیابی به برنامه عملیاتی و ره‌نگاشت[1] در راستای چشم‌انداز سند خواهد شد. در مراحل ۳ و ۴ این پروژه ارکان جهت‌ساز (شامل چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی) و نیز اقدامات لازم برای تحقق آن تدوین شد.

در ابتدای این گزارش نحوه تقسیم اقدامات تدوین‌شده در مرحله ۴ به پروژه‌های اجرایی توضیح داده می‌شود و سپس فهرست پروژه‌های تعیین‌شده ارائه می‌گردد. در گام بعدی زمان و بودجه لازم برای تکمیل پروژه‌ها مشخص خواهد شد. در ادامه متولیان و مجریان انجام پروژه‌ها بر اساس نگاشت نهادی مشخص‌شده تعیین می‌گردند. در نهایت، نقشه راه (ره‌نگاشت) مربوط به طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بر اساس اقدامات تعیین شده ترسیم می‌شود.

۲- فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، لازم است اقدامات تعیین شده در فاز ۴، به پروژه‌های اجرایی شکسته شود. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی محقق شده است. فرایند تدوین برنامه عملیاتی در شکل (۲-۱) نشان داده شده است. مطابق این شکل، ابتدا اقدامات شناسایی شده در مرحله ۴ بر اساس معیارهایی شکسته می‌شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج می‌شود. سپس زمان و بودجه مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها مشخص می‌شود و از این طریق منابع لازم برای تحقق اقدامات تعیین می‌گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط در محیط داخلی و بیرونی و نقش آن‌ها، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.

1- Road Map

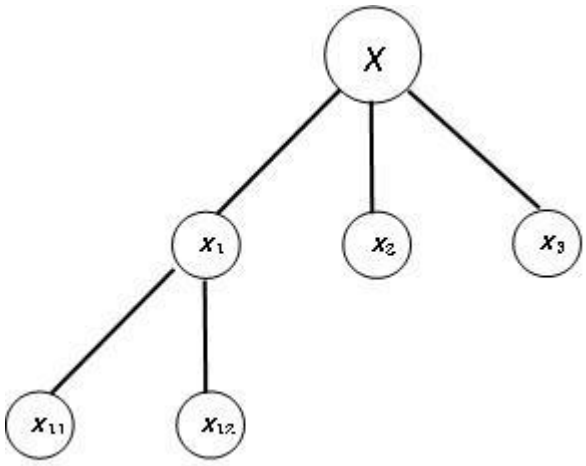


شکل (۲-۱): فرایند تدوین برنامه عملیاتی

۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین‌رو در تعریف پروژها می‌باید جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته

شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۲-۲) مشاهده نمود که در آن اقدام X به سه پروژه و پروژه شماره ۱ به دو فعالیت شکسته شده است. حال می‌توان مجموعه کل پروژه‌هایی که برای انجام اقدام X اجرا شود را به دو صورت $X \equiv \{x_1, x_2, x_3\}$ و $X \equiv \{x_{11}, x_{12}, x_2, x_3\}$ ارائه نمود که تفاوت این دو در تعداد سطوح شکسته شدن اقدام می‌باشد. بنابراین لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد سطح شکسته شدن اقدامات تعیین گردد [۱].



شکل (۲-۲): نحوه شکستن اقدام X

در این بررسی دو معیار به شرح زیر مبنای عمل قرار می‌گیرد [۱]:

الف) میزان منابع لازم برای انجام پروژه اجرایی قابل تخمین باشد. به عبارتی در سطح خاصی می‌توان برآورد مناسبی از میزان منابع مورد نیاز ارائه نمود[۱].

۱- توضیحات بیش‌تر در مورد اقسام منابع در قسمت‌های آتی بیان خواهد شد.

ب) هر پروژه اجرایی در اندازه‌ای باشد که بتوان آن را به یک مجری محول نمود. به عبارتی اگر پروژه اجرایی به اندازه کافی جزء نشده باشد، به طوری که گستردگی ابعاد مختلف آن امکان اختصاص آن را به یک مجری سلب نماید، می‌باید پروژه اجرایی مربوط به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان‌پذیر گردد.

ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS[1] می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تاکنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است.

نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به‌کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۲-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. به عنوان نمونه اقدامی مثالی با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی[2] (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی[3] (زیرسازی راه، روسازی و آسفالت، حفاظت حاشیهٔ راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعهٔ خود شکسته شود. این‌که کدام مبنا برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود [۱].

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شدهٔ اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید. به عنوان نمونه در مورد مثال فوق اگر سیستم راه‌سازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد که هر بخش توانایی‌ها

2- Work-Breakdown-Structure
3- Geographical Base
4- Functional Base

و قابلیت‌های کلیدی لازم در حوزه فعالیت خود به‌دست آورده است، و بنابراین تقسیم‌بندی مذکور می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

ب) نیازمندی‌های فعلی: نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است. در مورد مثال اخیر ممکن است در فاز طراحی آزادراه‌ها نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرارگیرد.

ج) منافع اقتصادی: میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنا قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

د) نظرات ذینفعان: از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌هایشان شکسته شوند، می‌توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی عمل نمود.

۲-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات

تاکنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرارگرفت. در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد [۱]:

الف) تجزیه و تحلیل فرایند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرایندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرارگرفته‌است. چنین فرایندهایی فرایندهای استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرایند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن به‌عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

ب) بهینه‌کاوی

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرایند استانداردی وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌کاوی استفاده می‌شود. بهینه‌کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند – که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است– یکی از مسائل کلیدی به‌کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیر نهایی به‌دست آمده می‌توان در ابزار علی– معلولی استفاده نمود.

ج) تحلیل علی‌معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین‌رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. در ادامه چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

گام ۱: در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

گام ۲: در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل‌دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین‌رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیتِ پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود برخی پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌های خود شکسته شوند، در مرحله دیگری فرایند جاری در مورد آن پروژه‌های اجرایی تکرار می‌شود. به عبارتی در هر مرحله از به‌کارگیری این ابزار، شکستن تنها در یک سطح انجام می‌پذیرد.

پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید. در تکمیل این فهرست می‌توان از اطلاعات به دست آمده از دو ابزار دیگر به‌ویژه بهینه‌کاوی استفاده نمود.[۱]

گام ۳: کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولا در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشد که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابهِ قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع کرده که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزین یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزین نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین درصورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزین باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آنرا تسریع بخشند.

در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند حذف می‌گردند – در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند – و در غیراینصورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده زیرفعالیت مزبور باشد.

در نهایت پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده می‌باید دارای دو ویژگی باشند:

در یک سطح باشند

۱- ممکن است بتوان درمورد یک فعالیت از روش تحلیل فرآیند استاندارد و یا بهینه‌کاوی به نتیجه رسید، علی‌رغم این‌که در مورد اقدام بالادست استفاده از این دو ابزار نتیجه‌بخش نبوده باشد.

غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزین، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون همپوشانی باشند. در غیر این‌صورت می‌باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد که همپوشانی موجود حذف شود.

۲-۱-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی می‌باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع پروژه‌های اجرایی نهایی می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین‌رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرارگیرند [۱].

۲-۲- فهرست پروژه‌های اجرایی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به موارد مطرح شده در ابتدای این بخش در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این بخش، پروژه‌هایی شناسایی می‌شوند که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات در بخش قبل معرفی شده با بررسی‌های صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی‌معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

همان‌طور که در گزارش مرحله چهارم سند اشاره شد اقدامات مربوط به این سند در دو دسته اقدامات فنی و غیر فنی تدوین شد. با توجه به سطح اقدامات غیر فنی تعریف شده در مرحله چهارم، تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود و زمان‌بندی و بودجه‌بندی بر روی اقدامات انجام شود. اما در ارتباط با اقدامات فنی، با توجه به امکان شکستن اقدامات تصمیم بر این شد تا پروژه‌های اجرایی ذیل هر یک از اقدامات فنی تعریف شود.

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشند که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود در این بخش تلاش شده است با استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان، جامعیت

پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این طرح اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود.

لازم به ذکر است اقدام "تسلط به دانش فنی ساخت انواع محفظه احتراق و مسیر انتقال گاز داغ توربین گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)" در فاز ۴طرح حاضر به عنوان یکی از اقدامات فنی معرفی گردید اما با توجه به اینکه این اقدام در یکی دیگر از طرح های کلان وزارت نیرو در با عنوان توسعه فناوری توربین گازی در نظر گرفته شده است، لذا مطابق با مصوبات کمیسیون فنی مراحل ۵ و ۶ طرح حاضر این اقدام در فازهای ۵ و ۶ طرح حذف گردیده است. کمسیون فنی مراحل ۵ و ۶ با حضور آقایان مرجانمهر، فتحی، ژام، فلاح، خاجی، خسروی، جهانگیری و قاسمی و خانم‌ها ذلیریان و اصغرزاده تشکیل شده است.

همچنین با توجه به لزوم در نظر داشتن فناوری‌های بسیار نوین و با احتمال کاربرد در آینده، بر اساس مصوبات جلسه کمسیون فنی طرح، دو پروژه مطالعاتی در خصوص کاربرد مواد نانو و همچنین فناوری‌های کاربرد لیزر در ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی به طرح حاضر افزوده شده است.

در ادامه پروژه‌های شناسایی شده برای هر یک از اقدامات فنی در جدول (۲-۱) ارائه شده است [۲].

جدول (۲-۱): پروژه‌های توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱: تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس نمونه اولیه
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس پایلوت
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت.
اقدام ۲ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co .(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	

ش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس نمونه اولیه
ش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس پایلوت
ش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
ط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی.(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)
ش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
ش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
ش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی.(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)
نش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
ش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
به دانش فنی ساخت انواع مواد جوشکاری و بریزینگ مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)
ش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
ش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
ش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
ش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
ش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
ش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
ه دانش فنی ساخت انواع شمش کارشده از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)
ی فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس نمونه اولیه و پایلوت
ی فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس

جدول (۲-۲): پروژه‌های توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی

جدول (۲-۳): پروژه‌های انتقال فناوری قطعات داغ

پایلوت
ی فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
ه دانش فنی ساخت انواع شمش و ورق کارشده از فولادهای آلیاژی (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)
ن دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس نمونه اولیه
ین دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس پایلوت
ش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین گازی. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس نمونه اولیه
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس پایلوت (یک دست)
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت دار در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
۱-۴	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس نمونه اولیه
۱-۵	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی تک کریستال در مقیاس پایلوت (یک دست)
۱-۶	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
اقدام ۲ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین بخاری. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۳-۱	تدوین دانش فنی ساخت انواع پره‌های ثابت و متحرک توربین بخاری به روش فورج در مقیاس نمونه اولیه در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب
۳-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره های متحرک و ثابت توربین بخاری به روش فورج در مقیاس پایلوت (یک دست) در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب
۳-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های متحرک و ثابت توربین بخاری به روش فورج در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت در سه اندازه کوچک، بزرگ و متو.سط از دو آلیاژ منتخب

نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱ : انجام مطالعات جهت انتخاب روش و مبدأ مناسب جهت انتقال فن‌آوری لوله های بویلر (سوپرهیتر، ری هیتر، اکونومایزر و ...) واحدهای نیروگاهی بخاری	

۱-۱	شناسایی و انتخاب لوله های بویلر پرمصرف و مورد نیاز در کشور، جنس و روش ساخت آنها و سازنده های عمده در دنیا
۱-۲	انتخاب روش مناسب انتقال فناوری ساخت لوله های بویلر و تهیه دستورالعمل های مربوطه

جدول (۲-۴): پروژه‌های توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱: انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای ریختگی پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه	
۱-۱	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته ریختگی پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
اقدام ۲ : انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای کارشده پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه	
۱-۲	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته کارشده پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
اقدام ۳: انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع فولادهای آلیاژی ریختگی و کارشده در مقیاس نمونه اولیه	
۱-۳	طراحی و توسعه فولادهای آلیاژی ریختگی پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
۲-۳	طراحی و توسعه فولادهای آلیاژی کارشده پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
اقدام ۴: انجام تحقیقات پایه در زمینه مواد نانو مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی	
۱-۴	مطالعه و بررسی مواد نانو مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی
اقدام ۵: انجام تحقیقات پایه در زمینه روش‌های بر مبنای لیزر جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی	
۱-۵	مطالعه و بررسی روش‌های بر مبنای لیزر جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی

۳- تخصیص منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی تخصیص منابع فرایند تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به‌کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به‌ویژه در کوتاه‌مدت می‌باشد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف می‌باشد. همانطور که در بخش قبل عنوان شد یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنا صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

منابعی که در برنامه عملیاتی این سند مورد توجه قرار خواهند گرفت، عبارتند از هزینه، زمان و در صورت لزوم منابعی چون دانش و فن‌آوری. تأمین منابع انسانی با استفاده از هزینهٔ اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد شده و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد. با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، می‌بایست مدت زمان لازم برای انجام هر پروژه، به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع اجرایی شدن پروژه‌ها، به درستی مشخص گردد. لازم به ذکر است که در این پروژه تخصیص زمان یک فرآیند تخصیص منابع محدود می‌باشد. به عبارتی کل زمان در دسترس برای تحقق پروژه‌های اجرایی تا سال ۱۴۰۴ می‌باشد و هر پروژه می‌بایست در مدت زمان خاصی که به آن تخصیص داده می‌شود به اتمام رسد. از طرف دیگر منابع مالی به عنوان منابع نامحدود در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین در مورد هر پروژه اجرایی هزینه لازم برآورد شده و اختصاص می‌یابد[۱] . همان گونه که در بخش قبلی اشاره شد اقدامات غیر فنی تعیین شده به سطح پایین‌تر شکسته نشده است در نتیجه زمان و بودجه هر یک از اقدامات غیر فنی برآورد می‌شود. در این بخش زمان و بودجه تخمینی لازم برای انجام اقدامات غیر فنی و پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی به ترتیب در جدول‌های (۳-۱) و (۳-۲) ارائه شده است. زمان‌بندی دقیق پروژه‌ها می‌تواند به ترسیم صحیح رهنگاشت کمک کند. پیش نیازی و هم‌نیازی پروژه‌ها و اقدامات در بخش ۵ و در رهنگاشت مشخص شده است [۲].

جدول (۳-۱): بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیر فنی طراحی و توسعه دانش فنی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	اقدام	مدت زمان (ماه)	هزینه پرسنلی	هزینه تجهیزات	هزینه کل (میلیون ریال)

۱- مسأله مهمی که در تخصیص منابع مالی محدود مورد ملاحظه قرار می‌گیرد اولویت‌بندی فعالیت‌ها به‌گونه‌ای است که مشخص باشد منابع اضافی که احیاناً در طول پروژه اختصاص می‌یابند به کدام‌یک از آنها تعلق گرفته و در صورت کاهش منابع کدامیک با کمبود مواجه می‌شوند. این ملاحظه برای پروژه جاری وجود ندارد.

ردیف	اقدام	مدت زمان (ماه)	هزینه پرسنلی	هزینه تجهیزات	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	رایزنی جهت اعطای معافیت مالیاتی به کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۱۲			
۲	تشکیل کمیته تخصصی تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سندیکای صنعت برق ایران	۱۲			
۳	انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه دقیق حمایت از پروژه های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت های فعال در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۱۲			
۴	تاسیس و بهره‌برداری آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۹۶			
۵	رایزنی با مدیران وزارت نیرو جهت تخصیص بودجه برای حمایت از شرکت های دانش بنیان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه	۱۸			
۶	حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه	۹۶			
۷	برقراری ارتباط با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر کشورهای پیشرو در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۹۶			
۸	حمایت از برگزاری همایش های تخصصی با کیفیت مناسب در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۹۶			
۹	ایجاد ارتباط بین وزارتخانه‌های ذی‌نفع حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۳۶			
۱۰	حمایت از تهیه و انتشار نشریات تخصصی در حوزه مواد قطعات داغ نیروگاهی	۹۶			
۱۱	کمک به شکل‌گیری انجمن‌های علمی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۳۶			
۱۲	برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی	۲۴			
۱۳	تقویت و توسعه مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی	۹۶			
۱۴	برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه‌های فناوری‌های	۴۸			

ردیف	اقدام	مدت زمان (ماه)	هزینه پرسنلی	هزینه تجهیزات	هزینه کل (میلیون ریال)
	ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال				
۱۵	بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود (نظیر HIP، سنگ خزشی، جوش و برش لیزر و...)	۱۸			
۱۶	انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی زیرساخت فنی مورد نیاز و نحوه توسعه آنها بر حسب نیاز	۱۸			
۱۷	تدوین و پیشنهاد قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	۲۴			
۱۸	شناسایی کشورهای دارای صنعت نیروگاهی مشابه ایران و تلاش در جهت صادرات به آنها	۲۴			
۱۹	تشکیل ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی	۱۸			
۲۰	برگزاری همایش و سمینار برای آگاهی‌بخشی ضرورت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	۳۶			

جدول (۳-۲): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی در توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان اقدامات و پروژه‌ها	زمان (ماه)	هزینه پرسنلی	هزینه مواد و تجهیزات	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	**تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)**	**۶۰**			
۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس نمونه اولیه	۲۴			
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل	۱۸			

GTD11 ،IN792 ،GTD222 و FSX-414 در مقیاس پایلوت				
دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل GTD11 ،IN792 ،GTD222 و FSX-414 در مقیاس و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت.	۱۸			
دانش فنی ساخت انواع ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Co .(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	**۶۰**			
فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy و Nimonic 263 در مقیاس نمونه اولیه	۲۴			
فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy و Nimonic 263 در مقیاس پایلوت	۱۸			
فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Haste و Nimonic 263 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸			
ه دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی مورد پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی.(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	**۶۰**			
فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۲۴			
فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت	۱۸			
فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و ناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸			
دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی.(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	**۶۰**			
انش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در ش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۲۴			
انش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در ش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت	۱۸			
انش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در ی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸			
دانش فنی ساخت انواع مواد جوشکاری و بریزینگ	**۴۲**			

ده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی. در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)				
ی فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۱۸			
ی فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت	۱۲			
ی فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید عتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۲			
ی فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۱۸			
ی فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت	۱۲			
ی فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید عتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۲			
ط به دانش فنی ساخت انواع شمش کارشده از یاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	**۶۰**			
ی فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/1 و Udimet 520/720 در مقیاس نمونه اولیه و پایلوت	۳۶			
ی فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/1 و Udimet 520/720 در مقیاس تولید انبوه و ناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۲۴			
ه دانش فنی ساخت انواع شمش و ورق کارشده از آلیاژی (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	**۶۰**			
ی فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس نمونه اولیه	۲۴			
ی فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس پایلوت	۱۸			
ی فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ پرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز	۱۸			

ور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت					

جدول (۳-۳): بودجه‌بندی و

زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی در توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان اقدامات و پروژه‌ها	زمان (ماه)	هزینه پرسنلی	هزینه مواد و تجهیزات	هزینه (میلیون ریال)
۱	**تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین گازی. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)**	**۱۰۸**			
۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس نمونه اولیه	۲۴			
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس پایلوت (یک دست)	۱۸			
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت دار در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸			
۱-۴	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس نمونه اولیه	۲۴			
۱-۵	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی تک کریستال در مقیاس پایلوت (یک دست)	۱۸			
۱-۶	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸			
۲	**تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین بخاری. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)**	**۶۰**			
۲-۱	تدوین دانش فنی ساخت انواع پره‌های ثابت و متحرک توربین بخاری به روش فورج در مقیاس نمونه اولیه در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب	۲۴			
۲-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره های متحرک و ثابت توربین بخاری به روش فورج در مقیاس پایلوت (یک دست) در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب	۱۸			
۲-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های متحرک و ثابت توربین بخاری به روش فورج در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت در سه اندازه کوچک، بزرگ و متوسط از دو آلیاژ منتخب	۱۸			

جدول (۳-۴): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به پروژه‌های اقدامات فنی انتقال فناوری قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان اقدامات و پروژه‌ها	زمان (ماه)	هزینه پرسنلی	هزینه مواد و تجهیزات	هزینه (میلیون ریال)
۱	**انجام مطالعات جهت انتخاب روش و مبدأ مناسب جهت انتقال فن‌آوری لوله های بویلر (سوپرهیتر، ری هیتر، اکونومایزر و ...) واحدهای نیروگاهی بخاری**	**۲۴**			
۱-۱	شناسایی و انتخاب لوله های بویلر پرمصرف و مورد نیاز در کشور، جنس و روش ساخت آنها و سازنده های عمده در دنیا	۱۲			
۱-۲	انتخاب روش مناسب انتقال فناوری ساخت لوله های بویلر و تهیه دستورالعمل های مربوطه	۱۲			

جدول (۳-۵): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به پروژه‌های اقدامات فنی توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان اقدامات و پروژه‌ها	هزینه پرسنلی	هزینه مواد و تجهیزات	زمان (ماه)	هزینه (میلیون ریال)
۱	**انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای ریختگی پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه**			**۲۴**	
۱-۱	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته ریختگی پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه			۲۴	
۲	**انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای کارشده پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه**			**۲۴**	
۱-۲	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته کارشده پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه			۲۴	
۳	**انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع فولادهای آلیاژی ریختگی و کارشده در مقیاس نمونه اولیه**			**۳۶**	
۱-۳	طراحی و توسعه فولادهای آلیاژی ریختگی پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه			۱۸	

توسعه فولادهای آلیاژی کارشده پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه			۱۸	
تحقیقات پایه در زمینه مواد نانو مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی			**۱۲**	
و بررسی مواد نانو مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی			۱۲	
تحقیقات پایه در زمینه روش‌های بر مبنای لیزر جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی			**۱۸**	
بررسی روش‌های بر مبنای لیزر جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی			۱۸	

۴- تقسیم کار ملی (نگاشت‌نهادی مطلوب)

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، مجریان پروژه‌های اجرایی برای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی خواهند شد. جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی شوند، لذا برای این کار می‌بایست نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی ترسیم شده و با تحلیل وضع موجود، وضع مطلوب نهادی ترسیم گردد. در ادامه ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن آورده شده، سپس نگاشت نهادی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ترسیم شده است. در انتها نیز متولیان پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص شده است.

۴-۱- نگاشت نهادی[1]

از یک سو، تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی نقش‌آفرینی می‌کنند و از سوی دیگر تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این سیستم‌ها ایفا شود نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این سیستم‌ها را از منظر نهادی (ساختاری) نمایان‌تر می‌کند. برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت‌نهادی استفاده کرد، به کمک نگاشت نهادی به‌خوبی می‌توان وضعیت بازیگران مختلف موجود در یک صنعت و وضعیت ایفای نقش آن‌ها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی، ماتریسی است که در یک بعد سازمان‌ها و

1- Institutional mapping

نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر انواع نقش‌هایی که این سازمان‌ها به عهده می‌گیرند را نمایش می‌دهد. در واقع تکمیل نگاشت نهادی بدین معناست که هر یک از این سازمان‌ها و نهادها چگونه در این حوزه نقش‌آفرینی می‌کنند. بنابراین با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان دریافت:

آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟

در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارد؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟

میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیرمرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبطی در آن فعالیت ندارد؟

آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟

آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟

نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از موسسات مجزا که بطور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این موسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تاثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند.

در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌هاست. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و بکارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست[1]، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تاثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش)، یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تامین منابع مالی به‌منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت می‌باشد.

نگاشت نهادی چارچوبی است که با نمایی ساده و جامع وضعیت موجود سیستم نوآوری را نشان می‌دهد و با بررسی آن می‌توان نقایص موجود در اجزا و روابط میان اجزای سیستم را شناسایی و تحلیل نمود. در این روش سعی می‌شود تا میزان و

1-Edquist

کیفیت روابط موجود میان نهادها در سیستم نوآوری ترسیم شده و همچنین چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین شود. با استفاده از این روش تحلیلی، نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال در نظام ملی نوآوری همچون دولت، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین بنگاه‌های خصوصی در فرایند نوآوری به دست می‌آید.

۴-۱-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در فرایند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی باید مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این سوال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش موثر دولت است. بنابراین تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه پرداخته می‌شود.

الف) سیاست گذاری

سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پی‌گیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرایندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می باشد. در واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

ب) تنظیم‌گری

تنظیم، مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی‌های شرکت‌ها و مردم را تنظیم می‌کند. کارکردهای تنظیم‌کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده‌اند از جمله:

تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار

تنظیم استانداردهای صنعتی

تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تاثیر دارند:

۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری

۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری

۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تاثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثر گذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری بیانجامد.

ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر موثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرائم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار، رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملا سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

ج) تسهیل‌گری

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولا توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تامین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تاثیر تامین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیردولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد. در مجموع نقش تسهیل‌گری دارای زیرنقش‌های زیر می‌باشد:

تسهیل‌گری در بعد فناوری

تسهیل‌گری منابع دانشی

تسهیل‌گری منابع مالی

تسهیل‌گری ظرفیت سازی و ترویج

تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌کننده خدمات آمورشی و پژوهشی: تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی فعالیت می‌کنند.

ارائه‌کننده خدمات صنعتی: شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه تولید یا تأمین مواد و قطعات داغ نیروگاهی فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است سازندهٔ تمام مواد و قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به سازندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی باشند.

۴-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی مواد و قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش مراحل اصلی طراحی نگاشت نهادی مواد و قطعات داغ نیروگاهی ارائه می‌گردد.

الف) شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با مواد و قطعات داغ نیروگاهی در کشور

نهادهای اصلی مرتبط با مواد و قطعات داغ نیروگاهی از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظرگرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرارگرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته نظرات خبرگان، کنش‌گران شناسایی شده در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست الف توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است:

۱. وزارت صنعت، معدن و تجارت

۲. وزارت دفاع

۳. وزارت نفت

۴. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

۵. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

۶. معاونت منابع انسانی وتحقیقات توانیر

۷. معاونت امور صنعتی و تحقیقاتی وزارت دفاع

۸. معاونت پژوهش و فناوری وزارت نفت

۹. معاونت پژوهش و فناوری وزارت علوم

۱۰. سازمان ملی استاندارد ایران

۱۱. شورای عتف (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)

۱۲. جهاد دانشگاهی

۱۳. گمرک

۱۴. دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (وزارت نیرو)

۱۵. دفتر پشتیبانی فنی تولید (توانیر)

۱۶. دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (وزارت نیرو)

۱۷. سندیکای صنعت برق ایران

۱۸. مرکز مدیریت فناوری در صنعت برق و ساماندهی تامین نیازهای نیروگاهی (توانیر)

۱۹. سازمان توسعه برق ایران (وزارت نیرو)

۲۰. پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)

۲۱. پژوهشگاه صنعت نفت

۲۲. مراکز و پژوهشکده‌های مرتبط در دانشگاه مالک اشتر (وزارت دفاع)

۲۳. پژوهشگاه مواد و انرژی (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)

۲۴. سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)

۲۵. مرکز پژوهش متالورژی رازی

۲۶. دانشگاه‌های دولتی و آزاد

۲۷. پارک های علم و فناوری (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)

۲۸. بانک‌ها

۲۹. موسسه آموزش عالی، علمی کاربردی صنعت آب و برق

۳۰. موسسات آموزشی خصوصی

۳۱. انجمن ها

۳۲. صندوق‌های حمایت از تحقیقات و نوآوری‌ها نظیر صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه وزارت نیرو و ...

۳۳. شرکت‌های وابسته به وزارت نیرو نظیر مجموعه شرکتهای مپنا، شرکت قطعات توربین شهریار، شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران و ...

۳۴. شرکت‌های وابسته به وزارت صنعت، معدن و تجارت نظیر مجموعه شرکتهای فولاد آلیاژی، شرکت آذرآب و ...

۳۵. شرکتهای وابسته به وزارت دفاع نظیر شرکت فولاد آلیاژی اصفهان، سازمان صنایع هوایی ایران و ...

۳۶. شرکت‌های وابسته به وزارت نفت نظیر شرکت OTC و ...

ب) شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای موجود درحوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی:

در این بخش، تلاش شده‌است تا ضمن شناسایی و بررسی تعاملات موجود میان نهادهای مختلف و توجه به کارکرد اصلی آن‌ها در نظام توسعه این فناوری، نقاط ضعف، کاستی‌ها وگسستگی‌ها در این زمینه مشخص شود. کارکردهایی که با توجه به نظام نوآوری در نگاشت نهادی مواد و قطعات داغ نیروگاهی به کار برده شده است شامل: سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری، ارائه‌دهنده کالا و خدمات (آموزشی، پژوهشی و صنعتی) می‌باشد.

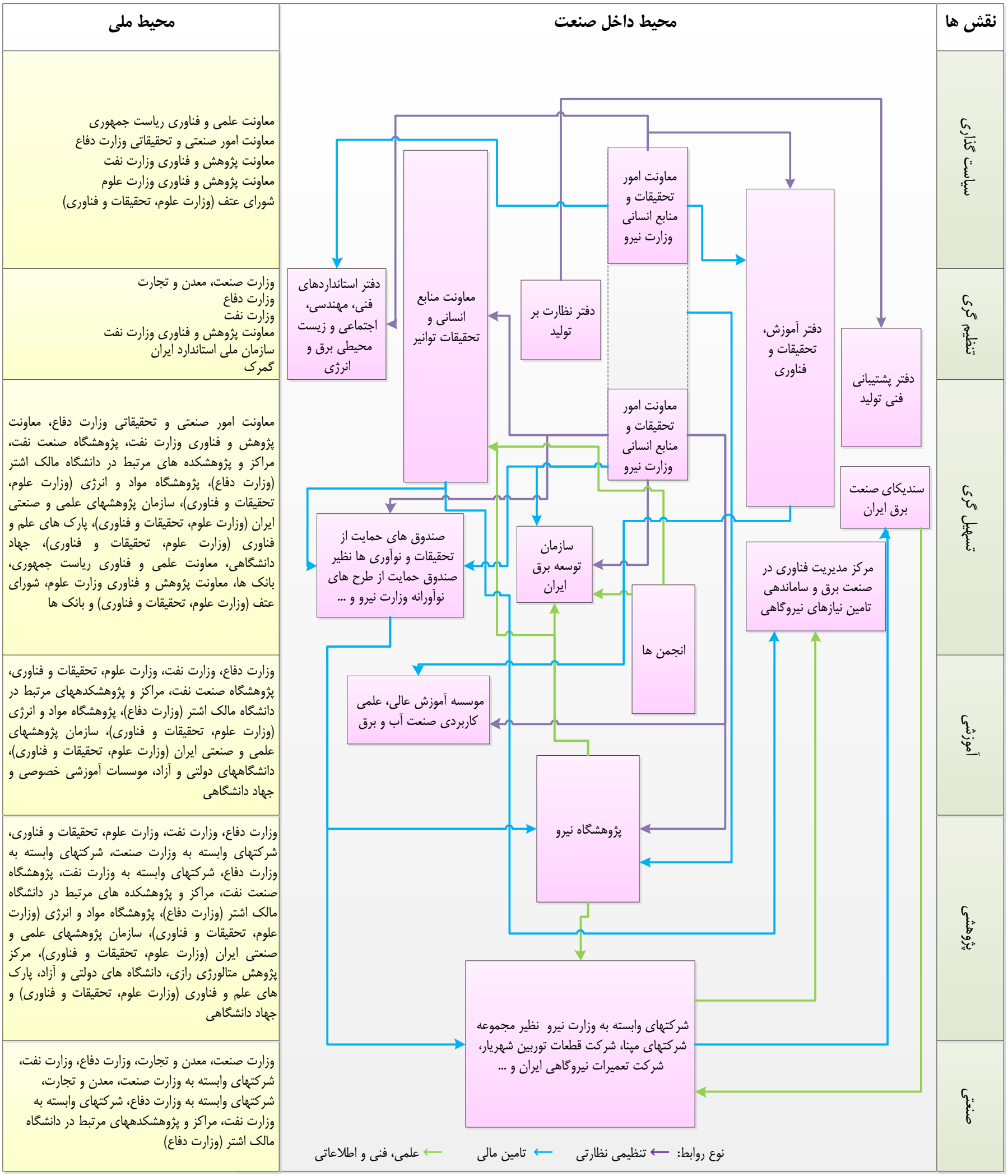
ج) تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

باتوجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد–کارکرد را در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی تهیه کرد. همان گونه که از نام این ماتریس مشخص است دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

جدول (۴-۱): نگاشت نهادی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

کارکرد / نهاد	سیاست‌گذاری	تنظیم‌گری	تسهیل‌گری	ارائه دهنده خدمات		
				آموزشی	پژوهشی	صنعتی
وزارت صنعت، معدن و تجارت		*				*
وزارت دفاع				*	*	*
وزارت نفت				*	*	*
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری				*	*	
معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	*		*			
معاونت منابع انسانی وتحقیقات توانیر	*	*	*			
سازمان ملی استاندارد ایران		*				
شورای عتف (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)	*		*			
جهاد دانشگاهی			*	*	*	
گمرک جمهوری اسلامی ایران		*				
دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (وزارت نیرو)	*	*	*			
دفتر پشتیبانی فنی تولید (توانیر)		*	*			
دفتر نظارت بر تولید (توانیر)		*				
دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (وزارت نیرو)		*				
سندیکای صنعت برق ایران			*			
مرکز مدیریت فناوری در صنعت برق و ساماندهی تامین نیازهای نیروگاهی (توانیر)			*			
سازمان توسعه برق ایران (وزارت نیرو)			*			
پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)			*	*	*	
پژوهشگاه صنعت نفت			*	*	*	
مراکز و پژوهشکده‌های مرتبط در دانشگاه مالک اشتر (وزارت دفاع)			*	*	*	*
پژوهشگاه مواد و انرژی (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)			*	*	*	
سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)			*	*	*	
مرکز پژوهش متالورژی رازی					*	

کارکرد / نهاد	سیاست‌گذاری	تنظیم‌گری	تسهیل‌گری	ارائه دهنده خدمات		
				آموزشی	پژوهشی	صنعتی
دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی				❋	❋	
پارک های علم و فناوری (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)			❋		❋	
بانک‌ها			❋			
انجمن های علمی			❋	❋		
صندوق‌های حمایت از تحقیقات و نوآوری‌ها نظیر صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه وزارت نیرو و ...			❋			



شکل (۴-۱): ارتباط بین نهادها در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

۴-۱-۳- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت ابتدا بازیگران و ذینفعان اصلی تاثیرگذار در طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناخته شده است و در ادامه کارکردهای اصلی هرکدام از این ذینفعان در توسعه این فناوری با توجه به چهار کارکرد اصلی ذکر شده مشخص شده است. در نگاشت نهادی، ۳۶ گروه تاثیرگذار اصلی شناسایی شده است که اهداف و وظایف مهمترین آنها بررسی شده است و سپس نگاشت نهادی کلی توسعه این فناوری بر اساس این وظایف و اهداف در جدول (۴-۱) بیان شده است که در این جدول نقشی که هر بازیگر در توسعه این فناوری متولی آن است، مشخص شده است. در شکل (۴-۱) با توجه به سه رابطه تنظیمی- نظارتی، تامین مالی و علمی، فناوری و اطلاعاتی، روابط بین نهادهای اثرگذار در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی مشخص شده است. بازیگران به دو دسته بازیگران داخل صنعت برق و بازیگران خارج صنعت برق دسته‌بندی شده‌اند و روابط تنها میان بازیگران داخل صنعت برق شناسایی شده است.

۴-۲- تخصیص متولیان اقدامات

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از اقدامات را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان همسویی اقدام با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و... مجریان فعال هر اقدام مشخص خواهد شد. در ادامه با توجه به موارد اشاره شده متولیان شناسایی شده برای اقدامات غیر فنی و فنی در جدول‌های (۴-۲) و (۴-۳) ارائه شده است.

جدول (۴-۲): متولیان اقدامات غیر فنی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	اقدام	متولی
۱	رایزنی جهت اعطای معافیت مالیاتی به کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری/ وزارت صنعت، معدن و تجارت
۲	تشکیل کمیته تخصصی تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سندیکای صنعت برق ایران	ستاد راهبری/ سندیکای صنعت برق ایران

ردیف	اقدام	متولی
۳	انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه دقیق حمایت از پروژه های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت های فعال در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری
۴	تاسیس و بهره‌برداری آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری/ پژوهشگاه نیرو
۵	رایزنی با مدیران وزارت نیرو جهت تخصیص بودجه برای حمایت از شرکت های دانش بنیان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه	ستاد راهبری/ صندوق‌ها، بانک‌ها
۶	حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه	ستاد راهبری/ معاونت پژوهش و فناوری وزارت علوم
۷	برقراری ارتباط با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر کشورهای پیشرو در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری/ دفتر روابط بین‌الملل وزارت نیرو/ پژوهشگاه نیرو
۸	حمایت از برگزاری همایش های تخصصی با کیفیت مناسب در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری/ انجمن های علمی
۹	ایجاد ارتباط بین وزارتخانه‌های ذی‌نفع حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری/ وزارت نیرو
۱۰	حمایت از تهیه و انتشار نشریات تخصصی در حوزه مواد قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری/ انجمن های علمی
۱۱	کمک به شکل‌گیری انجمن‌های علمی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری/ پژوهشگاه نیرو
۱۲	برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی	ستاد راهبری/ بانک‌ها، صندوق‌ها و موسسات مالی
۱۳	تقویت و توسعه مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی	ستاد راهبری/ توانیر/ پژوهشگاه نیرو
۱۴	برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه‌های فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال	ستاد راهبری/ انجمن‌های علمی/ دانشگاه‌ها/ موسسات آموزشی
۱۵	بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود (نظیر HIP، سنگ خزشی، جوش و برش لیزر و...)	ستاد راهبری/ سندیکای صنعت برق ایران/ وزارت نیرو

ردیف	اقدام	متولی
۱۶	انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی زیرساخت فنی مورد نیاز و نحوه توسعه آنها بر حسب نیاز	ستاد راهبری
۱۷	تدوین و پیشنهاد قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	ستاد راهبری/ پژوهشگاه نیرو/ گمرک
۱۸	شناسایی کشورهای دارای صنعت نیروگاهی مشابه ایران و تلاش در جهت صادرات به آنها	ستاد راهبری/ دفتر توسعه صادرات و صدور خدمات فنی و مهندسی
۱۹	تشکیل ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی	پژوهشگاه نیرو/ وزارت نیرو
۲۰	برگزاری همایش و سمینار برای آگاهی‌بخشی ضرورت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	ستاد راهبری/ سندیکای صنعت برق ایران

جدول (۴-۳): متولیان اقدامات فنی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	اقدام	متولی
۱	تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی.(در مقیاس آزمایشگاهی)	ستاد راهبری
۲	تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)	ستاد راهبری
۳	تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی.(در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)	ستاد راهبری
۴	تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)	ستاد راهبری
۵	تسلط به دانش فنی ساخت انواع مواد جوشکاری و بریزینگ مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)	ستاد راهبری
۶	تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش کارشده از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)	ستاد راهبری
۷	تسلط به دانش فنی ساخت انواع ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)	ستاد راهبری
۸	تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره ثابت و متحرک توربین گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)	ستاد راهبری
۹	تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره ثابت و متحرک توربین بخاری. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)	ستاد راهبری

۱۰	انجام مطالعات جهت انتخاب روش و مبدأ مناسب جهت انتقال فن‌آوری لوله بویلر لوله های بویلر (سوپرهیتر، ری هیتر، اکونومایزر و ...) واحدهای نیروگاهی بخاری	ستاد راهبری
۱۱	انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای ریختگی پایه Ni و Co در مقیاس نمونه اولیه	ستاد راهبری
۱۲	انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای کارشده پایه Ni و Co در مقیاس نمونه اولیه	ستاد راهبری
۱۳	انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی مواد شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی در مقیاس نمونه اولیه	ستاد راهبری
۱۴	انجام تحقیقات پایه در زمینه مواد نانو مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری
۱۵	انجام تحقیقات پایه در زمینه روش‌های بر مبنای لیزر جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی	ستاد راهبری

۵- ترسیم ره‌نگاشت

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین ره‌نگاشت است. ره‌نگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده ره‌نگاشت می‌باشند.

همان‌گونه که در ابتدا عنوان شد تجربه انجام پروژه‌های تدوین برنامه استراتژیک نشان می‌دهد که بسیاری از این استراتژی‌ها یا هیچگاه پیاده نشده‌اند و یا در مسیر پیاده‌سازی با موانع زیادی روبرو شده‌اند. در بررسی علل این موضوع دو دلیل عمده قابل تأمل است. اول اینکه معمولاً قابلیت‌های مدیریتی نقش مهمی دارند. حال آنکه پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی وجود دارد. آنچنان‌که در بسیاری از موارد، در حالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شود. هرچند این دو عامل تا اندازه زیادی با هم مرتبط است ولی فقدان یک سازوکار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهمترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه راه می‌باشد که نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرایند برنامه‌ریزی است. هر چند باید تاکید کرد که هیچ گاه ره‌نگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد

و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آنچنانکه استفاده از تکنیک‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های راهبری نمی‌تواند به تحول منجر شود.

نظر به اهمیت تهیه رەنگاشت در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از رەنگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه رەنگاشت را بیان می‌شود.

تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم رەنگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم رەنگاشت ارائه شده است:

الف) رەنگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) رەنگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای[1] موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

ج) رەنگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

د) رەنگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می‌دهد.

ه) رەنگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.

لذا برای رسیدن به هدف، رەنگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در برگرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

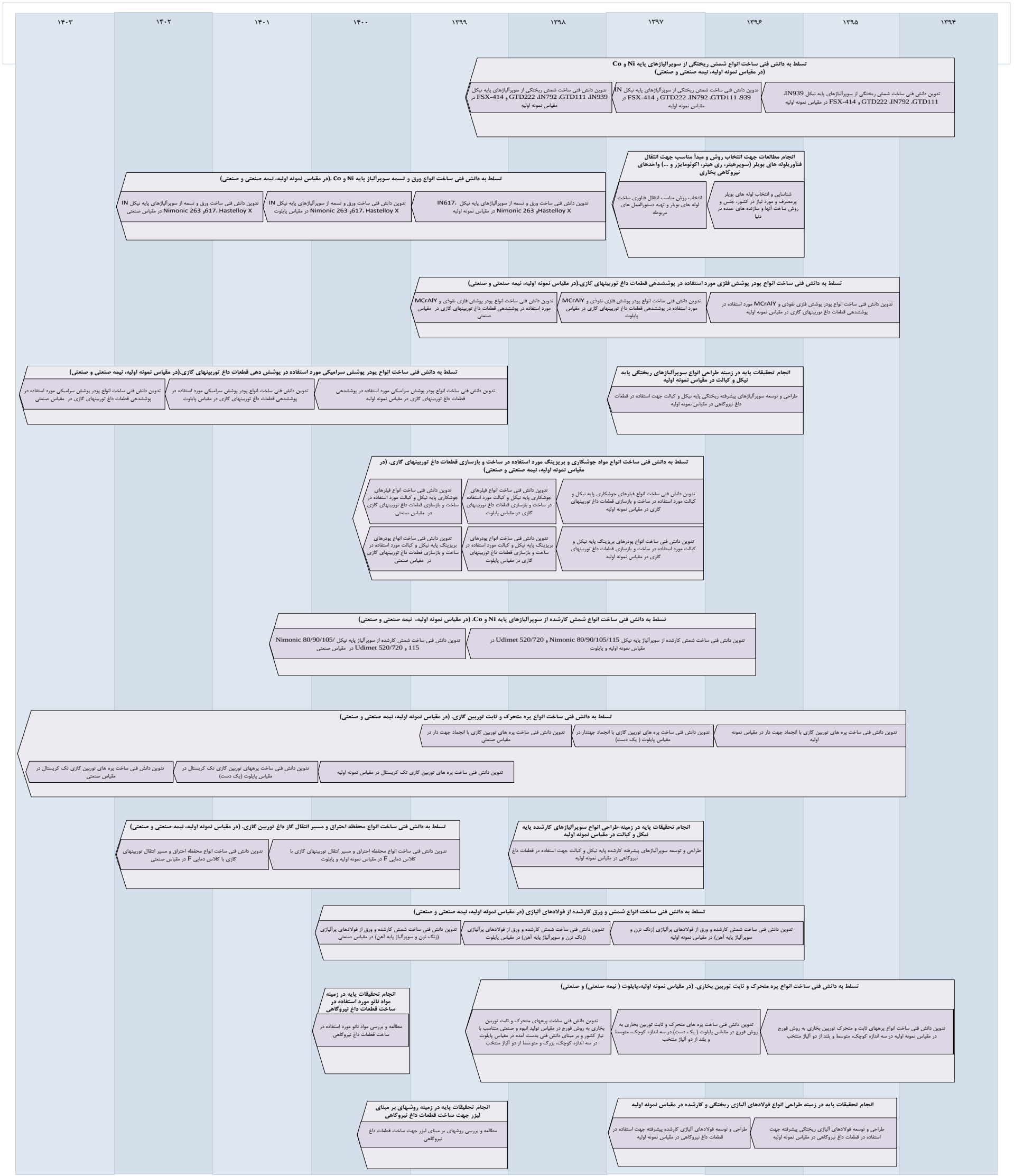
اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیر سیستم‌های زیرساخت‌ها را نیز از مولفه‌های یک رەنگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای رەنگاشت دارند و بیان می‌کنند همانطور که رەنگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید بصورت جزیی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

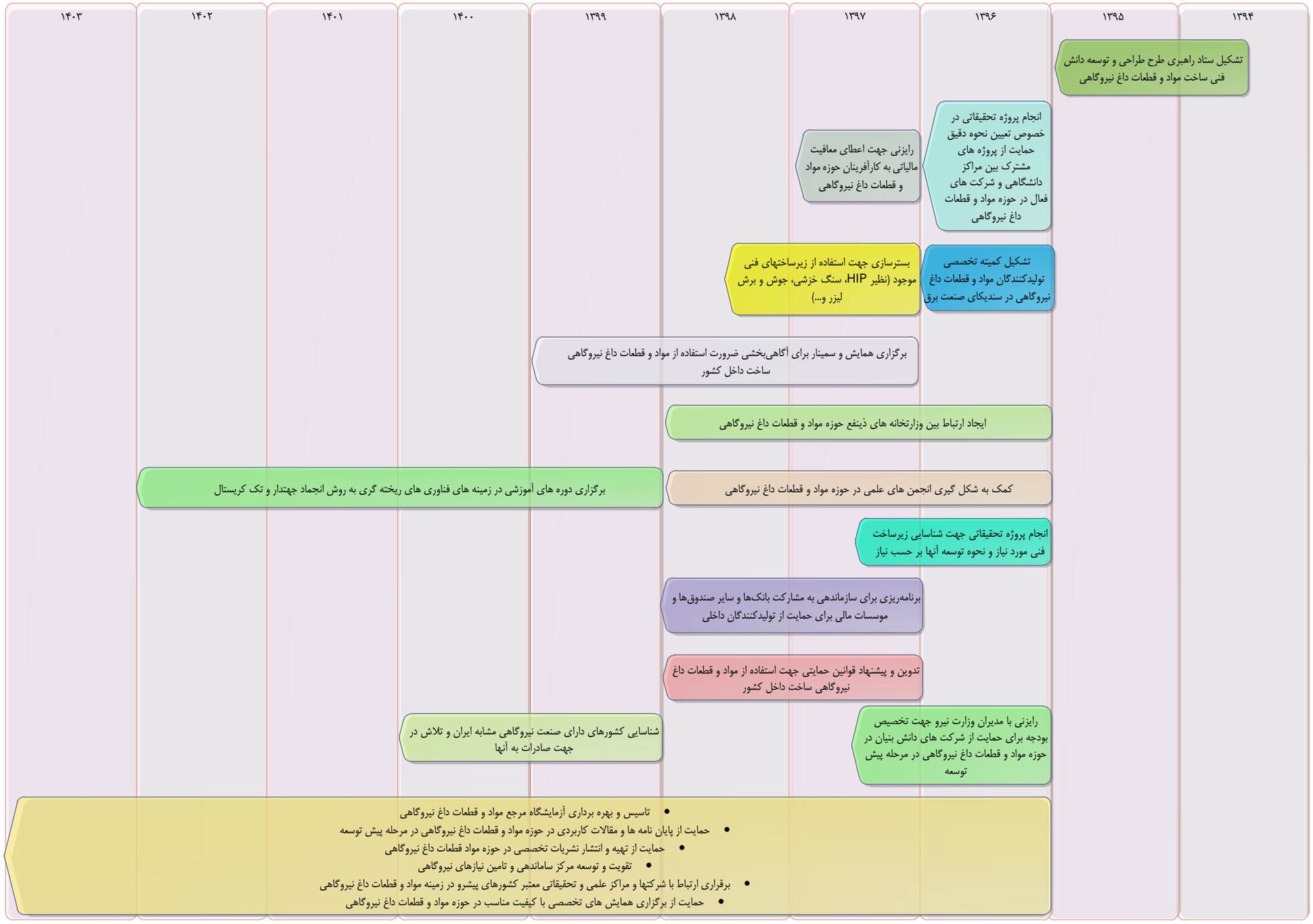
1- Deadline
2- Milestone

در یک جمع‌بندی، می‌توان اینگونه بیان نمود که ره‌نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص[۲] موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، ره‌نگاشت‌های طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این ره‌نگاشت‌ها شامل نقشه راه توسعه نظام نوآوری مواد و قطعات داغ نیروگاهی (مبتنی بر اقدامات غیر فنی) و نیز نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی (مبتنی بر اقدامات فنی) است. این ره‌نگاشت‌ها در شکل‌های (۳-۱) و (۳-۲) نشان داده شده است.

شکل (۵-۱): ره‌نگاشت اقدامات فنی





شکل (۵-۲): ره‌نگاشت اقدامات مدیریتی

۶- نتیجه‌گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی»، برنامه عملیاتی سند و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین شد. این برنامه عملیاتی شامل پروژه‌ها، زمان‌بندی و بودجه مورد نیاز آن‌ها است. در این گزارش ابتدا فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند بر اساس اقدامات شناسایی شده در مرحله چهارم توضیح داده شد. با توجه به سطح اقدامات غیرفنی تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود. اما اقدامات فنی سند در سه دسته اقدامات ساخت نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی به پروژه‌های اجرایی تقسیم شد. پس از این مرحله زمان‌بندی و بودجه‌بندی مربوط به اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. با توجه به شکسته نشدن اقدامات غیر فنی، زمان و هزینه برای اقدامات تعیین شد. در گام بعدی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، متولیان انجام اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. برای این کار ابتدا وضعیت موجود نهادهای مرتبط با مواد و قطعات داغ نیروگاهی مشخص شد و سپس پیشنهاداتی برای بهبود آن ارائه شد و نگاشت نهادی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ترسیم شد. در نهایت با توجه به این که اقدامات به دو دسته فنی و غیر فنی تقسیم شده بود دو ره‌نگاشت برای توسعه نظام نوآوری فناوری مواد و قطعات داغ نیروگاهی و نیز برای طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در بازه ۱۰ ساله ترسیم شد.

منابع و مراجع

۱- روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۳

۲- گزارش مرحله چهارم سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۴

پیوست الف: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

وزارت نیرو

وزارت نیرو یکی از مهمترین وزارتخانه‌های اقتصادی دولت محسوب می‌شود. میزان اعتبارات سالیانه این وزارتخانه به طور طبیعی چند برابر برخی از وزارتخانه‌ها است. اهمیت تامین و توزیع آب و برق با کیفیت مطلوب که از حیاتی‌ترین نیازهای جامعه است، مهمترین هدف این وزارتخانه محسوب می‌شود. اما می‌توان مهم‌ترین اهداف وزارت نیرو را به شرح زیر در چند محور ذکر کرد:

حفاظت، نگهداری، بهره‌برداری و بهبود کمی و کیفی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.

رضایت و اقناع مردم با تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.

بالابردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.

تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان

دیدگاه بلند مدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده

وظایف و ماموریت‌های این وزارتخانه در بخش برق شامل موارد زیر می‌باشد:

سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و روستاهای سراسر کشور

بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها، سیاست‌ها، برنامه‌ها، قوانین و آیین‌نامه‌های صنعت برق و تعرفه‌های بهای مصرف و اشتراک برق به طور سالیانه جهت ارائه به دولت و مجلس و اجرای آن‌ها

برنامه‌ریزی جهت انجام طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی مرتبط با فعالیت شرکت و هماهنگی و برنامه‌ریزی آموزشی به‌منظور ارتقاء سطح علمی کارکنان صنعت برق کشور

جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی و ایجاد زمینه‌های لازم برای مشارکت بخش خصوصی در اجرای طرح‌های تولید و انتقال برق درسراسر کشور

عضویت درکمیته و کنوانسیون‌های جهانی انرژی و کسب و تبادل اطلاعات لازم به منظور استاندارد کردن و ارتقاء فعالیت‌های صنعت برق کشور

هدفمند کردن میزان مصرف برق و یارانه‌ها برابر استانداردهای جهانی

سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به منظور اجرای به موقع طرح‌های برق در راستای پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

وزارت صنعت، معدن و تجارت

بخش صنعت، معدن و تجارت ایران با دارا بودن بیشترین سهم اقتصادی کشور، دارای تعامل گسترده‌ای با سایر بخش‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی جامعه ایران است و می‌تواند یکی از موثرترین پیشران‌های اقتصادی کشور باشد. بنابراین آشنایی با وضع موجود، برنامه ها و سیاست های این بخش می تواند تصویر روشنی از وضعیت و توان آینده اقتصادی ایران در اختیار مخاطب قرار دهد. بخش صنعت، معدن و تجارت نه تنها می‌تواند سهم بالایی در ساماندهی معیشت جامعه داشته باشد، بلکه می‌تواند اقتدار و کارامدی کشور را برای دستیابی به امنیت، عدالت، رفاه، آزادی، استقلال و عزت ملی تقویت نماید.

ارتباط گسترده این بخش با بخش های مختلف مانند حوزه پولی و بانکی، بورس، تولید، توزیع، اشتغال، واردات، صادرات، ارتباط بین مصرف کننده و تولید کننده و بسیاری بخش های دیگر و میزان اثر گذاری و اثرپذیری از این بخش ها نشانگر اهمیت بالای شناخت صنعت، معدن و تجارت کشور است.

از مهم‌ترین شرح وظایف وزارت صنعت، معدن و تجارت به موارد زیر می توان اشاره نمود:

تدوین و ابلاغ راهبردهای توسعه صنعتی، معدنی و تجاری کشور و تعیین اهداف، سیاست‌ها، برنامه‌ها، استانداردها، نظامها، آیین نامه‌ها و ضوابط کلی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت هماهنگ باسیاست‌های کلان کشور با جلب مشارکت تشکلها و سازمانهای غیر دولتی و مردم نهاد مرتبط و نظارت براجرا و تحقق آنها.

تعیین سیاستهای توسعه صادرات غیرنفتی، محصولات صنعتی، فرآورده‌های معدنی و خدمات فنی و مهندسی و تجاری و تنظیم و اجرای مقررات مربوط به حمایت های صادراتی.

مدیریت و تسهیل فرایند تولید و تجارت داخلی و خارجی.

برنامه‌ریزی، هدایت، و حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت ها و واحدهای صنعتی، معدنی و تجاری و شهرک‌های صنعتی مشترک با کشورهای هدف براساس راهبردهای توسعه صنعتی، معدنی و تجاری کشور و متناسب با توازن منطقه ای، آمایش سرزمین و ملاحظات زیست محیطی

تنظیم و توسعه روابط تجاری، صنعتی و معدنی و تهیه یادداشت های تفاهم و موافقت نامه های مرتبط و انعقاد و اجرای قراردادها با سایر کشورها و نهادها و سازمانهای تخصصی و مجامع منطقه‌ای و بین‌المللی ذیربط با هماهنگی وزارت امور خارجه و در چارچوب سیاست خارجی جمهوری اسلامی ایران و قوانین مربوط.

مدیریت الحاق جمهوری اسلامی ایران به سازمان جهانی تجارت.

قبول عضویت و نمایندگی دولت جمهوری اسلامی ایران در نهادها و سازمانهای تخصصی و مجامع منطقه‌ای و بین المللی مربوط به امور صنعت، معدن و تجارت در چارچوب قوانین.

مدیریت رویدادهای تجاری ،صنعتی و معدنی اعم از اعزام و پذیرش هیات‌ها و کمیسیون‌ها، برگزاری و شرکت در نمایشگاه‌ها و همایش‌های داخلی و خارجی وتعیین و اعزام رایزن‌های مورد نیاز به منظور توسعه صادرات غیرنفتی و جذب سرمایه و فناوری.

برنامه ریزی، هدایت و حمایت از توسعه و جذب سرمایه گذاری های داخلی و خارجی برای توسعه صنعت، معدن، تجارت و انتقال فناوری و همچنین سرمایه گذاری برای ایجاد و توسعه صنایع مبتنی بر فناوری های پیشرفته و خطر پذیر در موارد ضروری و در مناطق کمتر توسعه یافته.

برنامه ریزی و ایجاد شرایط لازم برای حفظ، صیانت و افزایش ظرفیت‌های تولیدی واحدهای صنعتی و معدنی و بازسازی ، نوسازی و گسترش فعالیت آنها.

سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای ایجاد و توسعه مجتمع‌ها و شهرک‌های صنفی، صنعتی و معدنی و نیز پشتیبانی از ایجاد و توسعه واحدهای صنعتی و معدنی و توانمندسازی بنگاه های کوچک و متوسط

ساماندهی، حمایت و نظارت بر ایجاد، توسعه و فعالیت انجمن‌ها و تشکل های صنفی، صنعتی ومعدنی، شبکه‌ها و خوشه‌ها و سازمان‌های غیردولتی و مردم نهاد مرتبط با بخشهای صنعت، معدن و تجارت و صدور مجوزهای تاسیس و فعالیت آنها.

برنامه‌ریزی برای بهبود فضای کسب و کار و افزایش بازدهی، بهره‌وری، رقابت‌پذیری و توسعه کار آفرینی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت.

حمایت از توسعه و تقویت نام‌ها وعلائم تجاری، تجاری‌سازی آثار مالکیت فکری و معنوی اعم از اختراعات، اکتشافات و نوآوری‌ها.

برنامه‌ریزی، هدایت، حمایت و مدیریت تولید صادرات محور با ارزش افزوده بالا و فناوری‌های پیشرفته و هدایت و حمایت از مدیریت واردات مبتنی بر تولید صادرات‌گرا.

سیاستگذاری و برنامه‌ریزی جهت بهبود نظام تولید، تامین و توزیع، نظارت بر شبکه‌های توزیع کالا و خدمات، توسعه رقابت و جلوگیری از انحصار در بازار.

ساماندهی زنجیره‌های تأمین و توزیع کالا و خدمات و مدیریت تنظیم و کنترل بازار.

نظارت و حمایت از حقوق تولیدکنندگان و مصرف کنندگان

تعیین سیاست‌ها و ضوابط قیمت کالا و خدمات و ضوابط خدمات پس از فروش و نظارت بر اجرای آنها.

سیاستگذاری و برنامه‌ریزی در حوزه تجارت الکترونیکی کشور و توسعه و حمایت از کاربردهای فناوری اطلاعات و ارتباطات در بخش های صنعت، معدن و تجارت.

ساماندهی، استقرار و بکارگیری نظام یکپارچه آمار و اطلاعات و شبکه جامع اطلاع رسانی و تولید، تحلیل و ارائه آمارها و گزارشهای تخصصی در بخشهای صنعت، معدن و تجارت.

حمایت از توسعه آموزش و پژوهش، تحقیق و توسعه(R&D)، ترویج و انتشار یافته‌ها و نتایج تحقیقات وهدایت و بهره‌گیری ازتوانمندی‌های مراکز آموزشی و پژوهشی و فناوری جهت توسعه بخشهای صنعت، معدن و تجارت.

همکاری و مشارکت با دستگاه‌ها در زمینه سیاستگذاری و برنامه‌ریزی برای تربیت و تامین نیروهای متخصص بخش‌های صنعت، معدن و تجارت در دانشگاهها و مراکز آموزش عالی و برنامه‌ریزی و همچنین آموزش، توسعه مدیریت و توانمندسازی شاغلین بخش‌های مذکور.

سیاستگذاری، برنامه‌ریزی، نظارت، صیانت و حمایت از توسعه زیربناها، اکتشاف، استخراج و بهره‌برداری از معادن و فراوری معدنی با بکارگیری علوم، فنون و فناوری‌های پیشرفته.

سیاستگذاری و برنامه‌ریزی و انجام مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی و شناسایی مخاطرات زمین‌شناختی و تهیه نقشه‌های مربوط، تهیه اطلاعات پایه شناسایی، پی‌جویی و اکتشاف عمومی منابع و ذخایر معدنی و تهیه گزارش‌های فنی و اقتصادی و ایجاد و گسترش پایگاه داده‌ها و اطلاع‌رسانی جامع علوم زمین برای بهره‌برداری از مزیت‌های زمین و ظرفیت‌های معدنی کشور.

وزارت نفت

صنعت نفت به عنوان پیشران اقتصاد کشور دارای جایگاه ویژه ای است که داشتن نقش اساسی درتحقق اهداف کلان اقتصاد ملی در افق چشم انداز ۲۰ ساله، موتور محرکه اقتصاد ملی، پیشبرد دیپلماسی اقتصادی جمهوری اسلامی ایران و تضمین امنیت ملی کشور از طریق توسعه همکاری‌ها و تعاملات منطقه‌ای و بین‌المللی از آن جمله است. ضمن آنکه سهم ۲۸ درصدی در تولید ناخالص داخلی کشور، سهم ۸۴ درصدی از درآمد ارزی کشور، سهم بیش از ۹۵ درصدی در تامین انرژی اولیه مورد نیازکشور غیرقابل انکار است. صنعت نفت یکی از اصلی ترین مزیت‌های اقتصاد ایران به شمار می‌رود به‌طوریکه بخش عمده‌ای از بودجه کل کشور از بخش نفت تامین می‌شود. بنابراین مناسب است که با تکیه بر آن ضمن حفظ استقلال بودجه کشور از درآمد های نفتی، زمینه توسعه اقتصادی پایدار را فراهم نمود.

چشم انداز صنعت نفت در افق ۱۴۰۴:

کاهش شدت انرژی کشور به کمتر از ۰,۳

حفظ جایگاه ظرفیت دومین تولید کننده نفت خام در اوپک که مستلزم حفظ فاصله مناسب از نظر ایجاد ظرفیت تولید با سایر رقبای این جایگاه می‌باشد.

دستیابی به جایگاه دوم جهانی در ظرفیت تولید گاز طبیعی با توجه به ضرورت استفاده از مخازن مشترک.

دستیابی به جایگاه اول منطقه به لحاظ ظرفیت پالایشی به منظور ایجاد بالاترین ارزش افزوده از منابع هیدروکربوری کشور.

دستیابی به جایگاه اول منطقه از لحاظ ارزش تولید مواد و کالاهای پتروشیمیایی به منظور ایجاد بالاترین ارزش افزوده از منابع هیدروکربوری کشور.

نیل به جایگاه اول فناوری نفت و گاز در منطقه.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

نقش راهبردی توسعه علوم، تحقیقات و فناوری در توسعه پایدار و حفظ و ارتقای موقعیت علمی و اقتدار کشور در منطقه و در سطح بین‌المللی امروزه شناخته شده است و مهم‌ترین عامل در تحقیق اهداف سند چشم انداز ۱۴۰۴ ایران اسلامی محسوب می‌شود. دستاوردهای این بخش در رشد و شکوفایی علمی، گسترش مرزهای دانش و خطشکنی و نفوذ به حوزه‌های انحصاری فناوری های پیشرفته، همواره در سال‌های اخیر مورد مباهات مسئولان عالیرتبه کشور و عنایت خاص مقام معظم رهبری بوده است. در این میان نظام آموزش عالی به دلیل سروکار داشتن با تربیت دانشمندان، متفکران و مدیران آینده و شکل دادن به سرمایه انسانی کشور، در رشد و تعالی علمی و فرهنگی همه جانبه و احیای هویت تمدنی ایران اسلامی، نقش پیشران و موتور محرکه را به عهده دارد.

اهداف وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

الف – توسعه علوم، تحقیقات و فناوری و تقویت روحیه تحقیق و تتبع و ترویج فکرخلاق و ارتقاء فرهنگ علم دوستی.

ب – اعتلای موقعیت آموزشی، علمی و فنی کشور.

ج – تعمیق و گسترش علوم، معارف، ارزش‌های انسانی و اسلامی و اعتلای جلوه‌های هنر و زیبائی‌شناسی و میراث علمی تمدن ایرانی و اسلامی.

د – تأمین نیروی انسانی متخصص و توسعه منابع انسانی کشور.

هـ – ارتقاء سطح دانش و مهارت‌های فنی و توسعه و ترویج فرهنگ تفکر علمی درجامعه.

و – حفظ و تحکیم آزادی علمی و استقلال دانشگاهها، مراکز علمی و تحقیقاتی.

حدود اختیارات و مأموریت‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به صورت ذیل می‌باشد:

–در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری

- شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها ونیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده‌نگری و آینده‌پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت بهره‌برداری
- بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذیربط و پیشنهاد به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فناوری‌های نوین بر اساس اولویت‌ها
- برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و حمایت ازتوسعه فناوری‌های بومی
- اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثر بخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاه‌های ذیربط
- اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم درخصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی‌کردن فناوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارائه آن‌ها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- ایجاد زمینه‌های مناسب برای عرضه فناوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فناوری‌های تولید شده در کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت‌های غیر دولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیر دولتی

–در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

- تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، موسسات آموزش عالی، مراکز تحقیقاتی و فناوری و دیگر مراکز فعالیت‌های علمی – پژوهشی همانند شهرک‌های تحقیقاتی، آزمایشگاه‌های ملی، موزه‌های علوم و فنون با استفاده از منابع دولتی و غیردولتی و مشارکت‌های مردمی متناسب با نیازها و ضرورت‌های کشور
- برنامه‌ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان
- نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور

در مجموع این وزارتخانه هم نقش نظارت بر دانشگاه‌های کشور را بر عهده دارد که وظیفه معاونت آموزشی این وزارتخانه می‌باشد و هم نقش سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری را برعهده دارد که وظیفه مرکز برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری پژوهشی در معاونت پژوهش و فناوری این وزارتخانه است.

معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو

وظایف حاکمیتی بخش تحقیقات و منابع انسانی:

برنامه‌ریزی جامع منابع انسانی صنعت آب و برق

تدوین سیاست‌ها و راهبری منابع انسانی

مطالعه و بررسی و تنظیم سیاست‌های افزایش انگیزش و کارآمدی منابع انسانی

بررسی و تدوین راهکارهای استقرار ارزش‌های انسانی در سازمان

مطالعات، برنامه‌ریزی و ساماندهی امر مدیریت و ارائه الگوی مناسب مدیریتی

راهبری تحول اداری صنعت آب و برق و ارتقاء سلامت اداری

مطالعات، تدوین، اصلاح و استقرار ساختار سازمانی، سیستم‌ها و روش‌های کارآمد در وزارت نیرو

تدوین و ارائه طرح‌های ارتقاء کیفیت و بهبود بهره‌وری صنعت آب و برق

تدوین سیاست‌های آموزش و تحقیقات صنعت آب و برق

ساماندهی ارتباطات با مراکز آموزشی و پژوهشی درون و برون صنعت آب و برق

تدوین سیاست‌ها و استراتژی توسعه فناوری

تدوین و استقرار نظام راهبری و توسعه آموزش

راهبری برنامه‌های آموزش‌های تخصصی مورد نیاز صنعت

هدایت هیات‌های امناء مراکز آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق

مطالعه و بررسی مستمر فناوری‌های نوین اطلاعاتی مورد نیاز صنعت

تدوین نظام ارتباطات بهنگام در صنعت آب و برق

تدوین و استقرار نظام آماری و اطلاعاتی در وزارت نیرو

مدیریت و راهبری اطلاعات علمی، اسناد و کتابخانه

ایجاد بانک اطلاعاتی صنعت و بروزرسانی آن

مطالعه و ارائه سیستم‌های مکانیزه جهت ارائه خدمات به مشترکین صنعت آب و برق

دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو

بیانیه ماموریت وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری

وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری عهده دار ارتقای دانش و مهارت‌های منابع انسانی، توسعه پژوهش و فناوری، افزایش آگاهی‌های عمومی و خلاقیت و نوآوری در راستای تامین نیازهای صنعت آب و برق است.

این بخش با سیاستگذاری، برنامه‌ریزی، هدایت، نظارت و تکیه بر منابع انسانی توانمند و متعهد به عنوان اصلی‌ترین سرمایه و با توسعه و بکارگیری روش‌های نوین در فعالیت‌های علمی، نظام مدیریت دانش و تعامل شبکه‌ای با نهادهای فعال در صنعت آب و برق به ویژه درحوزه‌های نی، مدیریتی و اقتصادی در راستای توسعه پایدار اقدام می‌نماید.

بیانیه چشم‌انداز وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری

وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری با برخورداری از مدیریت دانش‌محور و ظرفیت‌های غنی مغزافزاری، نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و سازمانی و مشارکت موثر بخش غیردولتی، در حوزه منابع انسانی متخصص و کارآمد و توسعه دانش و فناوری در صنعت آب و برق سرآمد منطقه خواهد بود.

توانیر

موضوع فعالیت شرکت توانیر: مدیریت سهام و سرمایه‌های شرکت در صنعت برق، انجام هرگونه فعالیت در راستای تأمین برق مطمئن و اقتصادی برای کلیه مصارف خانگی، عمومی، صنعتی، کشاورزی، تجاری و غیره اعم از سرمایه‌گذاری، مدیریت و نظارت بر ایجاد و بهره‌برداری از تأسیسات و انجام کلیه معاملات مربوط به برق که برای تحقق اهداف شرکت لازم می‌باشد از

طریق شرکت‌های زیرمجموعه و یا درصورت لزوم با تصویب مجمع عمومی توسط خود شرکت موارد زیر از جمله وظایف شرکت می‌باشد.

بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان مدت صنعت برق و ارایه آن به وزارت نیرو

اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو

تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق و ارایه آن به‌وزارت نیرو جهت اخذ مجوز

سرمایه‌گذاری در تأسیسات تولید و انتقال و توزیع صنعت برق

اتخاذ تدابیر و راهکارهای لازم به منظور حصول اطمینان از اجرای صحیح و به‌موقع طرح‌های توسعه و بهینه‌سازی تأسیسات

راهبری و پایش شبکه سراسری برق از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و همچنین ایجاد سازوکارهای لازم برای توسعه رقابت در امر تولید، خرید و فروش برق از جمله ایجاد سیستم‌ها و انجام عملیات بازار و بورس برق

تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو

خرید و فروش عمده برق در داخل و خارج کشور از طریق شرکت‌های زیرمجموعه

اخذ هرگونه وام و تسهیلات مالی از منابع داخلی و خارجی، عرضه اوراق قرضه و مشارکت داخلی و پیش فروش انشعاب و انرژی برق و سایر روش‌های تأمین منابع مالی با اخذ مجوز از مراجع قانونی ذیربط

مدیریت، توسعه و تأمین منابع مالی صنعت برق و استفاده بهینه از این منابع از طریق برقراری تسهیلات و گردش منابع مالی فی‌مابین شرکت و شرکت‌های زیرمجموعه

انجام عملیات لازم به منظور نظارت در نحوه استفاده از انرژی برق به نمایندگی از طرف وزارت نیرو و همچنین ترویج فرهنگ مدیریت مصرف به منظور بهینه‌سازی مصرف و کاهش مصارف غیرضروری

بررسی، مطالعه و سایر اقدامات لازم برای توسعه فناوری، انتقال دانش فنی و اطلاع‌رسانی تأمین کالا و ساخت تجهیزات موردنیاز صنعت برق کشور

حمایت از توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه‌های تربیت متخصصان موردنیاز صنعت برق کشور

حمایت از تحقیقات و فعالیت‌های علمی و توسعه منابع انسانی و سایر عوامل موثر در بهبود مدیریت و بهره‌وری صنعت برق کشور

مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه‌ای بین شرکت‌های زیرمجموعه و هدایت و هماهنگی آن‌ها در جهت سیاست‌های تعیین شده از طرف وزارت نیرو و دولت

نظارت بر امور مدیریت و نظام مالی شرکت‌های زیرمجموعه و انجام بازرسی وحسابرسی‌های لازم

تدوین مقررات و استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای حسن اجرای امور و استفاده بهینه از امکانات و تأسیسات صنعت برق و ارایه آن‌ها به وزارت نیرو و همچنین انجام عملیات لازم به منظور نظارت بر اجرای آن‌ها به نمایندگی وزارت نیرو

پیشنهاد و پیگیری درخواست‌های عمومی صنعت برق از دولت

انجام هرگونه عملیات مالی، معاملات، سرمایه‌گذاری، تشکیل شرکت، مشارکت‌در مؤسسات و شرکت‌های دیگر که مرتبط با موضوع شرکت باشد، با رعایت مقررات مربوط

مبادرت به هرگونه فعالیت که با هدف شرکت مرتبط باشد

معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر

اصول وظایف:

- تهیه وپیشنهاد برنامه‌های تامین، حفظ و ارتقاء نیروی انسانی درراستای سیاستها واستراتژی‌های تعیین شده ازسوی وزارت نیرو
- طراحی سازمان وتشکیلات براساس موازین علمی وسیاست‌های وزارت نیرو وبررسی و تائید سازمان تفضیلی وکلی شرکتهای تحت پوشش بعنوان شرکت مادرتخصصی
- انجام اقدامات لازم در ارائه روشها و گردش کارها به منظور حذف تشریفات وبهبود کارآیی
- اجرای طرحهای مصوب طبقه‌بندی مشاغل کارمندی وکارگری درچارچوب دستورالعمل‌ها وضوابط حاکم

- ارزیابی عملکرد شرکتهای تحت پوشش از بعد مدیریت منابع انسانی
- بررسی نظام‌های انگیزشی نیروی کار و تهیه الگوها و طرحهای انگیزشی مناسب
- برگزاری گردهم آیی‌های تخصصی و آموزشی به منظور تبادل وانتقال اطلاعات موجود
- اداره امور پشتیبانی سازمان شامل: امورپرسنلی و رفاهی، امورمالی، امورتدارکات و خدمات، امورحقوقی وچرخبال
- انجام مطالعات موردی مدیریت درسطح صنعت برق کشور به منظور حل مسائل و مشکلات موجود مدیریتی
- بررسی مسائل ایمنی ورفاه وبهره‌وری وکارآیی نیروی انسانی درسطح صنعت برق و تهیه و ارائه طرحهای مناسب

دفتر پشتیبانی فنی تولید توانیر

شرح وظایف :

- تهیه و تدوین روش‌ها و دستورالعمل‌های موردنیاز جهت بهبود عملیات بهره‌برداری نیروگاههای مختلف (حوزه فعالیت مالکیتی)۰
- تهیه و تدوین استانداردهای تعمیراتی واحدهای تولید و نیروگاههای مختلف (حوزه فعالیت حاکمیتی)۰
- نظارت عالی در اجرای تعمیرات واحدهای تولیدی (حوزه فعالیت مالکیتی)۰
- بازدیدهای دوره‌ای از تاسیسات تولید برق به‌منظور نظارت کلی و عالی بر عملیات بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات و ارائه پیشنهادات لازم در مورد رفع اشکالات (حوزه فعالیت مالکیتی)۰
- نظارت بر راه‌اندازی نیروگاههای جدید و شرکت در کمیته‌های بهره‌برداری (حوزه فعالیت حاکمیتی)
- نظارت بر آزمایش‌های کارآئی نیروگاهها (حوزه فعالیت مالکیتی)۰
- بررسی معایب فنی موجود در نیروگاهها و تعیین راهکارهای موردنیاز (حوزه فعالیت سندیکائی)۰
- هـدایت و پشتیبـانی فنی نیروگاهها و ارائه خدمات تخصصی لازم (حوزه فعالیت سندیکائی)۰
- همکاری با واحدهای ایمنی و بهداشت محیط کار و شرکت در جلسات کمیته‌های ایمنی (حوزه فعالیت حاکمیتی)

- همکاری در تجزیه و تحلیل حوادث عمده نیروگاهها و ارائه روش‌های پیشگیری و تکرار (حوزه فعالیت سندیکائی)۰
- تهیه دستورالعمل‌ها و استانداردهای موردنیاز جهت بهره‌برداری و تعمیرات نیروگاهها (حوزه فعالیت مالکیتی)۰
- برگزاری سمینارهای تخصصی برای نیروگاهها جهت تبادل اطلاعات و تحلیل مشکلات فنی (حوزه فعالیت سندیکائی)
- تلفیق و تائید برنامه‌ریزی بهره‌برداری از نیروگاهها و تطبیق عملکرد آنها و بررسی انحرافات ایجاد شده و ارائه روش‌های رفع آن)حوزه فعالیت حاکمیتی).
- بررسی‌های لازم جهت افزایش بهره‌وری نیروگاهها (حوزه فعالیت سندیکائی).
- هماهنگی‌های لازم در جهت تامین سوخت نیروگاهها (حوزه فعالیت مالکیتی).
- ارزیابی فنی–مدیریتی نیروگاهها و شرکت‌های مدیریت تولید (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- همکاری در تهیه استانداردهای نیروی انسانی موردنیاز نیروگاهها (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- همکاری در تهیه استانداردهای آموزشی موردنیاز نیروی انسانی بخش تولید (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- بررسی عوامل تلفات انرژی و ارائه روش‌های مناسب جهت کاهش تلفات (حوزه فعالیت مالکیتی).
- هماهنگی در تدوین برنامه تعمیرات نیروگاهها (حوزه فعالیت حاکمیتی)۰
- نظارت بر فعالیت تعمیراتی نیروگاهها جهت انجام مطابق برنامه (حوزه فعالیت سندیکائی)۰
- تهیه و تدوین آمار و گزارشات تولید –سوخت و حوادث (حوزه فعالیت حاکمیتی)۰
- نظارت بر راه‌اندازی اولیه نیروگاهها پس از اجرای تعمیرات اساسی و ارائه گزارش کیفیت کارهای تعمیراتی انجام شده (حوزه فعالیت مالکیت)۰
- اقدامات لازم در جهت تهیه استانداردهاو شاخص‌های صنعت برق (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- همکاری با واحد استاندارد و شرکت در جلسات کمیته استاندارد نیروگاهها (حوزه فعالیت مالکیتی).
- رسیدگی و همکاری با برق‌های منطقه‌ای در رابطه با حوادث غیرمترقبه (زلزله، سیل، بازسازی و غیره) (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- همکاری در سهمیه‌بندی ارز و اعتبارات مربوط به نیروگاهها (حوزه فعالیت حاکمیتی).

- همکاری اجرای آزمایش‌های شیمیائی موردنیاز نیروگاهها جهت تعیین زمان شستشوی شیمیائی (حوزه فعالیت سندیکائی).
- بررسی مشخصات فنی قطعات و کالاها و مواد و تجهیزات موردنیاز نیروگاهها (حوزه فعالیت سندیکائی).
- همکاری با سایر ارگان‌های زیرمجموعه توانیر و وزارت نیرو در امور مربوط به تولید (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- بررسی عوامل آلوده‌کننده محیط زیست در نیروگاهها و ارائه راهکارهای کاهش این آلودگی‌ها (حوزه فعالیت سندیکائی).
- شرکت در کمیته‌های مختلف زیست محیطی (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- همکاری در تهیه استانداردهای زیست محیطی جهت ایجاد هماهنگی در نیروگاهها (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- رسیدگی به شکایات مختلف از طرف ارگان‌های ذیربط در جهت تاثیرات آلوده‌کنندگی زیست محیطی نیروگاهها و ایجاد راهکارهای مناسب در جهت رفع و یا کاهش آلودگی (حوزه فعالیت مالکیتی).
- پیش‌بینی انرژی تولیدی نیروگاهها (حوزه فعالیت مالکیتی).
- تائید بودجه سرمایه‌گذاری اختصاصی نیروگاهها (حوزه فعالیت مالکیتی).
- همکاری در تهیه بودجه موردنیاز نیروگاهها (حوزه فعالیت سندیکائی).
- انجام بررسی‌های فنی لازم جهت رفع نواقص اصلی نیروگاهها و ارائه راهکارهای رفع آنها (حوزه فعالیت سندیکائی).
- همکاری در جهت شناخت اشکالات طراحی نیروگاهها و انعکاس آن به واحدهای ذیربط (حوزه فعالیت سندیکائی).
- تهیه و صدور دستورالعمل‌های فنی جهت بهبود راندمان و کاهش مصرف سوخت نیروگاهها (حوزه فعالیت سندیکائی).
- همکاری در تهیه قراردادهای خرید، مناقصه و یا ترک تشریفات مناقصه (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- نظارت عالیه بر عملکرد دفاتر فنی تولید برق‌های منطقه‌ای (حوزه فعالیت حاکمیتی).
- نظارت عالیه بر عملکرد حفاظت کاتدی، رنگ و پوشش نیروگاهها (حوزه فعالیت حاکمیتی).

دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی وزارت نیرو

بطور خلاصه، کار و فعالیت صنعتی در سطح ملی و بین‌المللی نیازمند استفاده وسیع و گسترده از استانداردها و امر استانداردسازی است.

استفاده از استانداردها و استانداردسازی فواید زیر را برای بنگاه‌های صنعتی، تجاری و خدماتی به همراه دارد: کاهش هزینه‌ها، امکان اتصال به سایر محصولات و خدمات، انطباق با الزامات قانونی، امکان دستیابی به بازارها، مزیت رقابتی و کاهش هزینه‌های ضمانتی و جرائم ذیربط.

همچنین دولت‌ها نیز برای امر استانداردسازی منافعی قائل بوده و برای جدیت خود در این زمینه دلایلی دارند: دستیابی به اهداف توسعه ملی در زمینه‌های صادرات، بازرگانی و رشد اقتصادی، دسترسی به فناوری‌ها، کاهش هزینه‌های مرتبط با خریدهای دولتی و غیردولتی از طریق استانداردسازی، استفاده گسترده از استانداردها بجای وضع قوانین و مقررات، انطباق با الزامات بین‌المللی.

صنعت برق از بدو تولید خود در یک‌صد و پنجاه سال پیش جزء صنایع پیشگام در زمینه استفاده از استاندارد بوده است و این موضوع در ابتدا از یک‌سو به دلیل وجود ضرورت‌های اقتصادی و عملیاتی اتصال شبکه‌های برق به یکدیگر در سمت عرضه برق و از سوی دیگر به دلیل وجود لوازم برقی در سمت تقاضا بوده است که توافق در مورد ولتاژ و فرکانس را ضروری می‌نموده است. دشوار است صنعت برق امروزی را بدون استفاده بسیار وسیع و گسترده از استاندارد و استانداردسازی، حتی تصور نمود. به همین دلیل است که کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیکال (IEC) در زمره اولین مؤسسات تدوین استاندارد در سطح جهان است.

در کشور ما نیز، شکل‌گیری صنعت برق با استفاده از استانداردهای بین‌المللی همراه بوده است اما به دلیل وابستگی گسترده این صنعت به واردات از خارج، کمیت و کیفیت امر استاندارد و استانداردسازی مطلوب نبوده است. ولی، بخصوص، بعد از خاتمه جنگ تحمیلی و به دلیل ضرورت توسعه ملی، انطباق با شرایط تحریم از طرف برخی کشورها، و کاهش نیاز به ارز خارجی از یک‌سو و از سوی دیگر به دلیل وجود صنعتگران، نیروی انسانی با انگیزه و بازار نسبتاً بزرگ داخلی و وجود امکان صادرات، عزم و اراده دولتمردان بر توسعه ملی و درون‌جوش صنعت برق قرار گرفت. در این شرایط طبیعی بود که وجود استانداردها و مقررات فنی، رکن توسعه صنعت برق قلمداد شود. البته در این زمینه، علیرغم اذعان به تلاش گسترده و صادقانه کارشناسان و

متخصصان صنعت برق، به دلایل ساختاری، کاستی‌هایی وجود داشته است که رفع آنها در دستورکار امور برق و انرژی در وزارت نیرو قرار گرفته است.

در ساختار جدید صنعت برق که در آن بر تفکیک مسئولیت‌های حاکمیتی از وظایف مالکیتی، مدیریتی و تصدی‌گری، تاکید می‌شود، استفاده از ظرفیت و کارکرد استانداردها و مقررات فنی به عنوان موضوعی راهبردی در ساماندهی مجدد مناسبات و تعاملات بازیگران صنعت برق در جهت مصالح ملی، به همراه سایر کارکردها مانند مدیریت بازار برق، تدوین برنامه‌های کلان و بهره‌وری بخش‌های عرضه و تقاضا، مورد توجه قرار گرفته است.

هر گاه ضرورت داشته باشد که اعمال حاکمیت با هدف تامین منافع و مصالح ملی و نیز حفاظت از حقوق ذینفعان صنعت برق، بدون استفاده از حقوق و اختیارات مالکیت و نیز بدون قرار گرفتن در جایگاه مدیریت و تصدی‌گری صورت پذیرد، مهم‌ترین ابزار، قوانین، مقررات، استانداردها، نظامنامه‌ها، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها خواهد بود.

همانطوریکه در بالا گفته شد، استانداردها و مقررات فنی، پروتکل‌هایی جهت همکاری و هم‌افزایی در تعاملات دست‌اندرکاران صنعت برق می‌باشد. کیفیت و بهبود مداوم این پروتکل‌ها، از شاخص‌های توسعه در هر کشوری است.

با توجه به کلیه موارد فوق، در معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتری تحت عنوان *دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی* شکل گرفته است که با رویکرد حاکمیتی و با بهره‌گیری از دستاوردهای گذشته، به این مهم بپردازد.

بطور کلی نتایج نهایی فعالیت‌های صنعت برق از طریق کارآمدی و اثربخشی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و دراز مدت آشکار می‌شود و جامعه و مسئولین آن را از دو طریق درک می‌نمایند:

۱- تاثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم

۲- تاثیرگذاری مثبت بر توسعه پایدار ملی.

برای دستیابی به این نتایج، امور برق و انرژی وزارت نیرو در موارد زیر بر صنعت برق و تعاملات آن نظارت عالیه داشته و اعمال حاکمیت می‌نماید:

۱- حفاظت از حقوق متقابل مشتریان و بخش عرضه برق

۲- حفظ پایایی و امنیت سیستم قدرت کشور

۳- بهره‌وری بخش عرضه برق

۴- مدیریت تقاضای برق

۵- تعاملات صنعت برق با محیطزیست

۶- خوداتکایی علمی و فنی صنعت برق

۷- بازرگانی برق (بازرگانی داخلی و خارجی)

۸- توازن و پایداری اقتصادی صنعت برق

ابزار معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو برای نظارت عالیه و اعمال حاکمیت عبارتند از: سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌های ملی، مقررات، استانداردها، ضوابط فنی، نقشه‌های راه فناوری، نظامنامه‌ها، آیین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها، ایجاد شرایط مناسب ملی و بین‌المللی.

دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی، به عنوان یک دفتر از معاونت امور برق و انرژی، مسئولیت تدوین استانداردها و مقررات فنی، مدیریت ظرفیت‌سازی برای استقرار و تحقق و نیز نظارت بر اجرا و بهبود مداوم آنها را، در تمامی موارد هشت‌گانه فوق، با اثرگذاری مستقیم و یا با واسطه، بر عهده دارد.

ذکر این نکته ضروری است که دستیابی شهروندان، صنایع و سازمان‌ها به برق، الزاماً از طریق شبکه سراسری انجام نمی‌پذیرد بلکه استفاده از شبکه‌ها و ظرفیت‌های محلی و خصوصی نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد که در این زمینه‌ها نیز استانداردها و مقررات فنی کاربرد گسترده‌ای دارند.

معاونت پژوهش و فناوری وزارت نفت

وظایف معاونت پژوهش و فناوری وزارت نفت

معاونت پژوهش و فناوری به منظور ساماندهی، سازماندهی و استقرار نظام پژوهش، فناوری و نوآوری در صنعت نفت و نیل به ساختار فناور محور از طریق پژوهش و فناوری و در تعامل با واحدهای عملیاتی و اجرایی در سطح صنعت، نقش سیاستگذاری، تعیین اهداف، راهبردها و تصویب طرح های کلان و موضوعی وزارت نفت، محقق ساختن اهداف و نیز اجرایی نمودن نظام پژوهش و فناوری در سطح شرکت های اصلی همراه با نظارت را بر عهده دارد. این نقش با نهادینه‌سازی و هماهنگی شورای

سیاستگذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری صنعت نفت و کارگروه‌های تخصصی جهت انجام بهینه فعالیت‌های پژوهش و فناوری و اثربخش نمودن آن در موضوعات کارکردی نظام محقق می گردد.

وظایف سیاست‌گذاری، راهبری و مدیریت

الف- اداره شورای سیاست‌گذاری پژوهش و فناوری در غیاب وزیر

ب- بهره‌برداری از نتایج مطالعات راهبردی و آینده‌نگاری انجام شده به منظور تبیین و استفاده در سیاست‌ها و برنامه‌های پیشنهادی

تهیه و تدوین مقررات و سازوکارهای مختلف مورد نیاز امور پژوهشی و فناوری متناسب با مأموریت‌ها، اهداف و طرح‌های توسعه صنعت نفت در چارچوب سیاست‌های شورای عالی سیاست‌گذاری پژوهش و فناوری به منظور روان‌سازی فعالیت‌های پژوهش و فناوری و پیاده‌سازی نتایج آنها

ت- بررسی و ارزیابی کمی و کیفی و تدوین گزارش‌های فعالیت‌های توسعه پژوهش، فناوری و نوآوری در سطح صنعت بر اساس معیارها و شاخص های تعیین شده و ارایه به شورای سیاست گذاری

ث- تلفیق، یکپارچه‌سازی و همسوسازی برنامه‌های پژوهشی و فناوری هر یک از شرکت‌ها با سیاست‌های شورا و تهیه و ارایه سبد کلان پژوهش و فناوری صنعت نفت به شورای سیاست‌گذاری

ج- تنظیم و ابلاغ آیین‌نامه و مقررات مربوط به کارشناسی، داوری، نظارت، رسیدگی به تاخیرات، چگونگی عقد قراردادها و حل اختلافات در قراردادهای پژوهش و فناوری

چ- تلفیق، یکپارچه‌سازی وتدوین نهایی نقشه راه فناوری وزارت نفت و تعیین نقش شرکت‌های اصلی و تابعه در آن

ح- تهیه و تنظیم و پیشنهاد محدوده فعالیت، شرح وظائف و اختیارات نهادهای پژوهش و فناوری وزارت جهت تصویب در شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی بر آنها

خ- فراهم آوردن سازوکارهای لازم برای برنامه‌ریزی،ارایه ساختار و قوانین و مقررات مرتبط با برون‌سپاری

وظایف بازاریابی و بازارسازی

الف- تدوین ضوابط نظارت بر طراحی راهکارهای بازاریابی و فروش فناوری بین بخشی و بین‌المللی

ب- هدایت، حمایت و فعال‌سازی هر چه بیشتر واحدهای مسئول و حامی ساخت داخل در سطح وزارت نفت و شرکتهای اصلی و فعال‌سازی و ارتقاء بخش خصوصی در این ارتباط

پ- کمک به شکل‌گیری بازار از طریق تعیین راهکارهای بازارسازی (کنترل خرید های دولتی و ایجاد مشوق‌ها) برای تولید محصولات نوآورانه و بکارگیری دستاوردهای تحقیقاتی و توسعه فناوری

ت- تدوین سیاست‌های یکپارچه‌سازی نحوه انتقال واجرای فناوری‌های موردنیاز (در داخل و خارج) و ارائه پیشنهاد تهیه و تدوین مقررات و قوانین مورد نیاز به سطوح ذیربط در دولت و مجلس

وظایف شبکه سازی و مدیریت دانش

الف- تبیین، طراحی و نظارت بر نحوه جاری‌سازی نظام مدیریت دانش در سطح صنعت نفت و شرکت‌های اصلی

ب-تبیین، طراحی و نظارت بر نحوه جاری‌سازی نظام مدیریت و حفاظت از مالکیت فکری در سطح صنعت نفت و شرکت‌های اصلی

پ- تدوین برنامه همکاری‌های بین بخشی و بین‌المللی در عرصه پژوهش و فناوری

ت-تدوین برنامه‌های نحوه تعامل و همکاری وزارت نفت و شرکت‌های اصلی و تابعه با اتحادیه‌ها، اصناف و انجمن‌های علمی و تخصصی

ث- تدوین برنامه‌های نحوه همکاری و شبکه‌سازی با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی از جمله قطب‌بندی، اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها، پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی و طرح اینترنشیپ

ج- راه‌اندازی پایگاه اطلاعاتی پروژه‌ها

چ- قطب‌بندی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان

وظایف تأمین و تجهیز مناسب

الف- تدوین برنامه‌های تامین و توسعه منابع انسانی و تدوین و ابلاغ برنامه‌ها و آیین‌نامه‌های لازم برای تامین، آموزش و تربیت نیروی انسانی مورد نیاز حوزه پژوهش و فناوری در تعامل با دستگاه‌های اجرایی مربوطه

ب- تدوین برنامه‌های تامین و تخصیص منابع مرتبط با ایجاد دانش و انتقال فناوری موردنیاز در طرح‌های توسعه صنعت نفت (اعم ازفاینانس، سرمایه گذاری مشترک، بیع متقابل و ایجاد وتوسعه سرمایه‌گذاری‌های مخاطره‌پذیر)

پ- تدوین برنامه‌ها و آیین‌نامه‌های لازم برای تامین و تخصیص منابع مالی مورد نیاز پژوهش، فناوری و نوآوری صنعت نفت

ت- تدوین برنامه‌های تامین و توسعه منابع زیرساختی و تدوین برنامه‌ها و آیین نامه‌های لازم برای تامین و تخصیص منابع زیرساختی مورد نیاز پژوهش، فناوری و نوآوری

ث- نظارت عالیه بر نحوه تخصیص منابع مالی پژوهش و فناوری صنعت نفت حاصل از درآمدهای عملیاتی و بودجه های انتقال فناوری طرح های توسعه در شرکتهای اصلی و تابعه

وظایف حمایت از تجاری سازی و کارآفرینی

الف- ساماندهی و تدوین ضوابط زیرساخت‌های لازم جهت حمایت از کارآفرینی و تجاری‌سازی مانند پارک‌های فناوری، مراکز رشد و ایجاد صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطر پذیر در صنعت نفت

ب- تبیین مقررات مورد نیاز در راستای مشارکت هرچه بیشتر فناوران بخش خصوصی در توسعه فناوری صنعت نفت

پ- تعیین صلاحیت و صدور مجوز تأسیس و فعالیت مراکز پژوهش و فناوری بخش خصوصی مبتنی بر نیازمندیهای صنعت نفت

ت- تعیین راهکارهای حمایتی جهت شرکت‌های نوپا و فناور محور و تعامل با شرکتهای طراحی و مهندسی در راستای فعال‌سازی و افزایش توان آنها برای مشارکت در تدوین اسناد مهندسی پایه

ث- تدوین قوانین و مقرات مرتبط با انتقال و فروش دانش فنی در صنعت نفت

پژوهشگاه نیرو

پژوهشگاه نیرو به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، تاسیس گردید. پژوهشگاه نیرو سازمانی دولتی است که مسئولیت راهبری تحقیقات وابسته بـه صـنعت بـرق و انـرژی ایـران را برعهـده دارد.

پژوهشگاه نیرو درسال ۱۳۷۶ با اخذ مجوز سه پژوهشکده" برق"، "تولیدنیرو" و "انتقال و توزیع نیرو "از شورای گسترش آموزش عالی به‌طور رسمی کار خود را آغاز و در سال ۱۳۷۷ با اخذ دو مجوز جدید پژوهشکده‌های "انرژی و محیط زیست" و "کنترل و مدیریت شبکه" را نیز به مجموعه خود افزود و در ادامه با ایجاد " مراکزشیمی و مواد"،" توسعه فناوری توربین‌های بادی"و" آزمایشگاه‌های مرجع" فعالیت‌های خویش را توسعه بخشید.

با توجه به نقش زیربنایی صنعت برق در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، پژوهشگاه نیرو با انجام پروژه‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای به منظور پاسخگویی بهتر و بیشتر به نیازهای صنعت برق و رفع مشکلات آن و دستیابی به فناوری‌های نوین اقدام به تعریف پروژه برنامه استراتژیک خود همراستا با خواسته‌ها و برنامه‌های استراتژیک وزارت نیرو و برنامه توسعه پنجم کشور نموده و در سال۱۳۸۷پس از تبیین بیانیه‌های ماموریت، چشم‌انداز و ارزش‌های سازمانی با تحلیل محیط داخل و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین‌المللی استراتژی‌ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال ۱۳۸۹با استفاده از متدولوژی کارت امتیازی متوازن(BSC) با اجرای برنامه‌ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به چشم‌انداز را هموار نموده است.

فلسفه وجودی ماموریت پژوهشگاه نیرو شامل ارتقاء فناوری، توسعه پژوهش و نوآوری جهت افزایش توانمندی، رقابت‌پذیری و بهره‌وری صنعت برق و انرژی کشور است.

محصولات وخدمات این ماموریت تکمیل چرخه مدیریت نوآوری و فناوری صنعت برق و انرژی از طریق موارد زیر است.

انجام تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی و بنیادی در حوزه صنعت برق وانرژی

اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی

مدیریتِ تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای صنعت برق و انرژی

آینده‌نگاری، سیاست‌پژوهی و برنامه‌ریزی فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی

اکتساب فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی

تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و بکارگیری در صنعت برق و انرژی

تهیه استانداردها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و ارزیابی کیفیت تجهیزات و سیستم‌های صنعت برق وانرژی

طراحی و توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز جهت ایجاد مراکز و شرکت‌های نوآور در حوزه صنعت برق و انرژی

ایجاد و توسعه شبکه فناوری میان دانشگاه‌ها، مراکزپژوهشی و قطب‌های علمی پژوهشی داخل و خارج کشور درحوزه صنعت برق و انرژی

پژوهشگاه صنعت نفت

بیانیه ماموریت پژوهشگاه صنعت نفت

مأموریت پژوهشگاه، ارزش آفرینی مستمر برای ذینفعان با توسعه فناوری و ارائه راهکارهای فناورانه است. " ما با اتکاء به شایستگی های محوری و بهره گیری از ساز و کارهای نظام نوآوری باز، مأموریت خود را به انجام می‌رسانیم. سرمایه فکری ما، بزرگترین دستمایه در حرکت به سمت تعالی است. ما متعهد به اخلاق حرفه ای و توسعه پایدار هستیم".

اهداف

- پیگیری و جهت‌دهی به راهبردها و فعالیت‌های پژوهشگاه در راستای تحقق هدف «پژوهش منجر به فناوری»
- ارتقای فناوری‌های ملی، جذب سرمایه، ظرفیت سازی و توسعه منابع انسانی لازم برای تبدیل علم به فناوری
- طراحی راه‌کارهای فناورانه و فرایندهای بومی‌سازی فناوری برای مقابله با تحریم‌ها و تهاجم‌ها
- ارتباط و تعامل مستمر با بدنه عملیاتی صنعت و رفع نیازهای فناورانه صنعت نفت
- تاسیس، توسعه و همکاری با شرکت‌های دانش‌بنیان اقماری و پارک‌های علم و فناوری برای پژوهش گسترده و صنعتی‌سازی دستاوردهای پژوهشی
- بسط و گسترش ارتباطات و همکاری‌های داخلی و بین‌المللی
- افزایش بهره‌وری با توجه به ظرفیت و مزیت‌های موجود سازمان
- دست‌یابی به اهداف بلندمدت با بهره‌برداری بهینه از منابع

سیاست‌ها و فعالیت‌ها

- ارایه خدمات علمی-آزمایشگاهی

- ارایه مشاوره برای بهینه‌سازی و رفع تنگناهای صنایع با اولویت صنعت نفت
- اکتشاف و ارزیابی منابع هیدروکربوری و توسعه روش‌های ازدیاد برداشت
- اتخاذ رویکرد افزایش تولید کوتاه‌مدت با تاکید بر روش چاه‌محور
- شناسایی منابع هیدروکربوری غیرمتعارف
- مطالعات جامع مخازن و ارایه برنامه توسعه میدان
- شناسایی، ارزیابی و ساخت کاتالیست
- رفع معضلات صنایع نفت و گاز به کمک نانوفناوری
- توسعه فنی، انتقال و بومی کردن فناوری‌های پالایشگاهی
- ارایه لیسانس‌ها و طراحی واحدهای تحت لیسانس پالایشگاه‌های نفت و میعانات گازی
- توسعه پژوهش‌های مرتبط با بهبود و ارتقای کیفیت فراورده‌های نفتی
- توسعه روش‌های تصفیه و انتقال گاز و تبدیل آن به دیگر محصولات باارزش
- سنتز و فرمولاسیون مواد شیمیایی برای صنایع نفت، گاز و پتروشیمی
- شبیه‌سازی فرایندهای صنایع نفت و پتروشیمی به کمک نرم‌افزارهای مهندسی مرتبط
- شناسایی و کاربرد پلیمرهای ویژه در صنایع
- توسعه دانش فنی و بومی‌سازی فرایندها، طراحی مفهومی، بنیادی، تفصیلی و رفع مشکلات صنایع مرتبط
- ساخت پایلوت‌های مهندسی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندها
- توسعه و انتقال فناوری ساخت تجهیزات صنعت نفت
- ارایه فناوری‌های نوین در رفع آلودگی آب، هوا، خاک و حفاظت از تاسیسات نفتی
- دست‌یابی به لیسانس‌های مورد نیاز و بومی‌سازی ساخت پالایشگاه‌های ملی نفت، گاز و میعانات گازی
- ارایه خدمات علمی- آزمایشگاهی

پژوهشگاه مواد و انرژی

یکی از پژوهشگاه‌های مستقل و زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ایران است. این پژوهشگاه از چهار پژوهشکده سرامیک، نیمه هادی‌ها، انرژی و پژوهشکده فناوری نانو و مواد پیشرفته تشکیل شده‌است که در ۱۲ گروه تخصصی به فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مرتبط با مواد و انرژی می‌پردازند. این پژوهشگاه هم‌اکنون با توجه به اهداف برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، همکاری گسترده‌ای با دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع، موسسات اجرایی بخش دولتی و بخش خصوصی برقرار کرده است.

سرلوحه اهداف پژوهشگاه، گسترش علوم و تکنولوژی در زمینه های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای است که از طریق اجرای پروژه‌های مربوط تحقق می‌یابد. علاوه بر این، پژوهشگاه آموزش بخشی از کادر پژوهشی مورد نیاز کشور را از طریق تاسیس و توسعه دوره‌های تحصیلات تکمیلی در سطوح دکترا (مهندسی مواد) و کارشناسی ارشد (سرامیک، نانو مواد و تبدیل و ذخیره انرژی) و نیز آموزشهای کوتاه مدت تخصصی داخلی و خارجی برای انتقال تجربه‌های فنی به عهده دارد.

اینک پژوهشگاه مواد و انرژی با پشتوانه بیش از ۴۰ سال تجربه تحقیقاتی و با برخورداری از تخصص‌های حدود ۷۶ نفر عضو هیات علمی، ۱۰۰ نفر کارشناس و تکنیسین پژوهشی و نیز تجهیزات پیشرفته و بعضاً منحصر به فرد در ایران، نقش مهمی در توسعه و بهبود کیفیت صنعت نوپای کشور بعهده دارد.

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

باتوجه به مأموریت و وظایف محوله به وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری در قانون برنامه پنجساله سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران و لایحه قانونی تجدید ساختار وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری و نگرش نظام‌مند این لایحه برای انسجام بخشیدن به امور اجرایی و سیاستگذاری نظام علمی و فنّاوری کشور و تعیین سیاست‌ها و اولویت‌های راهبردی در حوزهٔ تحقیقات و فنّاوری توسط وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری، حمایت‌های برنامه‌ریزی، ساخت‌آفرینی و بسترسازی در سطح معاونت فنّاوری و انجام حمایت‌های ملی از ایجاد فنّاوری (تحقیق و توسعه)در سطح سازمانی، سازمان پژوهشهای علمی وصنعتی ایران به عنوان نهاد حمایتی برای عملیاتی‌کردن سیاست‌ها و برنامه‌ها در زمینه ایجاد فنّاوری در سطح ملی انتخاب گردید.

اهداف

هدف اصلی سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران حمایت از ایجاد فنّاوری (تحقیق و توسعه) در سطح ملی خواهد بود و برای این منظور می‌کوشد تا از طریق اعمال حمایت‌ها و ارائه تسهیلات (علمی، فنی، مالی، حقوقی، اداری و فرهنگی) و فراهم آوردن ترتیبات لازم برای تعامل بهره‌ور و مؤثر عرضه و تقاضای فنّاوری زمینه‌های رشد خلاقیت و نوآوری، به کارگیری نتایج تحقیقات و تجاری کردن فنّاوری های حاصل از تحقیق و توسعه را در یک فضای رقابتی فراهم آورد.

وظایف

-حمایت از تکمیل چرخهٔ تحقیق تا تولید به منظور فراهم کردن زمینه‌های به‌کارگیری مؤثر نتایج تحقیقات

-حمایت از مستندسازی، جذب، بومی‌سازی و اشاعه دستاوردهای حاصل از ایجاد فنّاوری

-حمایت و پشتیبانی از مخترعین، مبتکرین، محققین کارآفرین، مؤسسات و شرکت‌های کارآفرین و هدایت فعالیت آنها در جهت تحقق اولویت های ایجاد فنّاوری

-حمایت از توسعه و گسترش مراکز خدمات فنی – مهندسی، مشاوره‌ای و مدیریت ایجاد فنّاوری

-حمایت مالی و تشویق بخش خصوصی در فعالیتهای ایجاد فنّاوری

-ایجاد سازوکارهای حمایتی از طریق سازماندهی تشکیلات و امکانات مناسب این نوع حمایت‌ها در سازمان

-ایجاد ارتباط مؤثر و ارائه خدمات اطلاع‌رسانی بین عرضه‌کنندگان و متقاضیان ایجاد فنّاوری و فنّاوری‌های ایجاد شده

-ایجاد زمینه‌های لازم برای ارائه فنّاوری‌های حاصل از تحقیق و توسعه از طریق برپایی نمایشگاه‌ها و جشنواره‌ها از جمله جشنواره خوارزمی و انتشار اطلاعات مربوطه به صورت کتاب، مجله، فیلم، خبرنامه، بروشور. و ...

-ایجاد زمینه‌های مناسب برای برگزاری و ترویج دوره‌های کاربردی و حرفه‌ای ، همایش‌ها و کارگاه‌های تخصصی به منظور توسعه منابع انسانی در عرصه‌های مختلف ایجاد فنّاوری

-گسترش همکاری در روابط علمی – فنی با سازمان‌ها و مراکز پژوهشی – فنّاوری در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه موضوع فعالیت سازمان

-اتخاذ تدابیر مناسب جهت حمایت از تضمین مالکیت فکری و افزایش قدرت ریسک‌پذیری (خطر پذیری) مشارکت‌کنندگان در برنامه‌های ایجاد فنّاوری

-ایجاد پژوهشکده‌های تحت پوشش سازمان با شخصیت حقوقی مستقل به منظور انجام تحقیقات توسعه فنّاوری در جهت اولویت های ملی و فنّاوری های نوین

مرکز پژوهش متالورژی رازی

آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش متالورژی رازی محدوده گسترده‌ای از خدمات آزمایشگاهی را در زمینه خواص شیمیایی، فیزیکی، مکانیکی، فلزات، پلیمرها و سرامیک‌ها ارائه داده و در تحلیل و بررسی علل تخریب و شکست قطعات صنعتی و تعیین طول عمر باقی‌مانده تجربیات گسترده‌ای دارد. این مرکز در حال حاضر بیش از ۱۵۰ نفر کارشناس تمام وقت داشته و علاوه بر آن از مشاوران متعددی با تجربیات صنعتی و دانشگاهی در زمینه‌های مختلف استفاده می نماید. خدمات ارائه شده در مرکز پژوهش متالورژی رازی را می توان به سه گروه اصلی تقسیم نمود:

۱- مشاوره صنعتی در زمینه مهندسی مواد به مجموعه گسترده‌ای از شرکت‌ها و واحدهای صنعتی که آزمایش‌های متداول متالورژی، فیزیکی و شیمیایی، مکانیکی و استخراجی و تهیه شناسنامه فنی قطعات فلزی و غیر فلزی را شامل می‌گردد

۲- انجام پروژه‌های پژوهشی کوتاه مدت که عمدتا بررسی علل تخریب، تعیین عمر باقی مانده، شکست و خوردگی قطعات مورد استفاده در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی، صنایع نیروگاهی، ماشین‌سازی و صنایع سیمان را شامل می‌شود. علاوه بر آن تدوین دانش فنی و فناوری تولید قطعات جزو این گروه از پروژه‌های کوتاه مدت مرکز محسوب می‌گردند.

۳-انجام پروژه های پژوهشی بلند مدت شامل پروژه‌هایی که از طرف سازمان‌ها و یا شرکت‌ها و صنایع مختلف مطرح شده و دستاوردهای آن مستقیماً در واحد مربوطه مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل پروژه‌هایی نظیر افزایش عمر قطعات، بهینه‌سازی آلیاژ و ترکیبات شیمیایی جهت دستیابی به خواص مورد نظر و دستیابی به آلیاژهای جدید مهندسی، مهندسی معکوس، بررسی‌های فنی، اقتصادی و بازرسی و مشاوره‌های فنی.

ماموریت مرکز پژوهش متالورژی رازی

ماموریت این شرکت، انجام پژوهش، توسعه، آموزش و ارائه خدمات در حوزه مهندسی مواد است. این ماموریت با اجرای پژوهش، توسعه آموزش و ارائه خدمات در زمینه فلزات، پلیمرها، سرامیک‌ها و کامپوزیت‌ها تحقق می یابد. حیطه فعالیت این شرکت تامین نیازهای داخلی ایران است و همزمان از فرصت حضور در بازار جهانی استقبال می‌نماید. مشتریان این مرکز، شرکت‌هایی هستند که به هر شکل ممکن با علم و مهندسی مواد مرتبط می‌شوند. قصد نهایی ماموریت این مرکز، خلق ارزش برای همه ذینفعان و توسعه پایدار برای ایران است.

موسسه آموزش عالی، علمی کاربردی صنعت آب و برق

مؤسسه آموزش عالی علمی ـ کاربردی صنعت آب و برق در سال ۱۳۵۹ تحت نام ستاد سازندگی و آموزش تاسیس و فعالیت خود را آغاز کرد و هم اکنون با ربع قرن فعالیت، در زمرهٔ یکی از با سابقه‌ترین و مجهزترین مراکز آموزشهای علمی ـ کاربردی و ضمن خدمت کشور به شمار می‌آید.

ماموریت موسسه، به عنوان تنها مجری فعالیت‌های رسمی آموزش‌های علمی کاربردی وزارت نیرو، تدوین و انتقال دانش کاربردی و فناوری روز و ارتقای مهارت‌های مورد نیاز صنعت آب و برق در سطح ملی و منطقه ای از طریق آموزش‌ها و پژوهش‌های کاربردی است.

این مؤسسه با برخورداری از امکانات پنج مجتمع بزرگ عالی آموزشی و پژوهشی، هفت واحد آموزشی و دو مرکز ملی آموزش‌های تخصصی، که هر یک در یکی از قطب‌های آموزشی و صنعتی کشور واقع شده‌اند، وظیفه تربیت و تأمین نیروی انسانی متخصص صنعت آب و برق کشور را به عهده دارد.

مؤسسه در چارچوب ضوابط و مقررات وزارت نیرو و نیز وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و به منظور پاسخگویی به نیازهای صنعت آب و برق در سه حوزه اصلی فعالیت می کند.

- اجرای دوره‌های بلند مدت کاردانی و کارشناسی علمی ـ کاربردی

- برنامه ریزی و اجرای دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در جهت رشد و ارتقای کارکنان صنعت آب و برق
- اجرای پژوهش‌های کاربردی.

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در ۱۵ بهمن سال ۱۳۸۵ به دستور ریاست جمهور وقت و با استناد بـه اصـل ۱۲۴ قانون اساسی تشکیل گردید. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری زیر نظر رئیس جمهور قرار دارد و به منظور هماهنگی و هم‌افزایی امور علمی و فناوری در کل کشور تشکیل شده است که از وزارتخانه‌ها و سایر دسـتگاه‌هـای اجرایـی کشـور مجـزا می‌باشد و از ۵ معاونت تشکیل شده که عبارتند از: معاونت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی، معاونت توسعه فنـاوری، معاونـت نوآوری و تجاری‌سازی، معاونت امور بین‌الملل و تبادل فناوری و معاونت توسعه مدیریت و منابع. دفتر سیاست‌گـذاری معاونـت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی نقش سیاست‌گذار را بر عهده دارد. اهداف معاونت علمی وفناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

–ارتقای اقتدار ملی، تولید ثروت و افزایش کیفیت زندگی مردم از طریق افزایش توانمندی‌های فناوری و نوآوری در کشور

–ارتقای «نظام ملی نوآوری» و تکمیل مؤلفه‌ها و حلقه‌های آن

–توسعه «اقتصاد دانش‌بنیان» از طریق هماهنگی و هم‌افزایی بین‌بخشی و بین دستگاهی

–ارتقای ارتباط «دانش» با «صنعت» و «جامعه» و تسهیل تبادلات بین بخش‌های عرضه و تقاضای فناوری و نوآوری

–تجاری‌سازی دستاوردهای فناوری و نوآوری و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان

–توسعه فناوری‌های راهبردی و اولویت‌دار ملی مطرح در نقشه جامع علمی کشور

–اعتلای ارتباطات بین‌المللی علمی، فناوری و نوآوری و توسعه دیپلماسی علمی و فناوری

وظایف اساسی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

–سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تأمین منابع مالی درنظام علم، فناوری و نوآوری کشور

–هدفمندسازی، هدایت و توسعه پژوهش‌های کاربردی، تقاضا محور و مأموریت‌گرا و کمک به تجاری‌سازی نتایج آن‌ها

-توسعه دیپلماسی علم و فناوری و ارتباطات بین‌المللی و توسعه سرمایه‌گذاری خارجی در طرح‌های دانش‌بنیان، هدایت سرمایه‌های انسانی و مالی ایرانیان خارج از کشور و توسعه شبکه‌های بین‌المللی علم وفناوری به ویژه در جهان اسلام با هماهنگی و همکاری دستگاه‌های ذیربط

-توسعه ساز و کارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر وتأمین مالی لازم در اقتصاد دانش‌بنیان

-تحریک تقاضا، بازارسازی وتضمین بازار برای تولیدات داخلی و بازاریابی و صادرات کالاها و خدمات دانش‌بنیان

-رصد فرصت‌های بین‌المللی به‌منظور توسعه فناوری به ویژه شناسایی و کسب فناوری‌های نوظهور با هماهنگی و همکاری دستگاه‌های ذیربط

-انجام اقدامات لازم جهت توسعه اولویت‌های علم و فناوری نقشه جامع علمی کشور

پارک‌های علم و فناوری

یک "پارک علمی" سازمانی است که بوسیله متخصصین حرفه‌ای مدیریت می‌شود و هدف اصلی آن افزایش ثروت در جامعه از طریق ارتقاء فرهنگ نوآوری و رقابت در میان شرکت‌های حاضر در پارک و مؤسسه‌های متکی بر علم و دانش است. اهداف پارک‌های علم و فناوری در ذیل تشریح شده است.

-گسترش و تقویت روح پژوهش و تفکر علمی در جامعه

-تلاش منظم و مستمر به منظور رویارویی با نیازهای حال و آینده

-کمک به توسعه هماهنگ بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه‌ها و صنایع از طریق برقراری ارتباط سازمان یافته

-رشد و پرورش خلاقیت‌ها و ایجاد روحیه کارآفرینی در فارغ‌التحصیلان

-زمینه‌سازی مناسب جهت تجاری نمودن تحقیقات

وظایف پارک‌های علم و فناوری

-سازماندهی امکانات تحقیق و توسعه برای ایجاد پیوند بین منابع و مهارت‌های دانشگاه‌ها و مراکز علمی و فناوری و صنعتی

-جهت دادن مؤثر جامعه علمی کشور به سوی تحقیق در رشته‌های مورد نیاز

-برنامه‌ریزی و ایجاد زمینه مناسب به منظور کاربردی و تجاری کردن نتایج تحقیقات

-ایجاد فضای مناسب علمی و پژوهشی برای جذب دانشمندان و متخصصان داخل و خارج از کشور

-ارتقاء دانش فنی متخصصین برای بروز خلاقیت‌ها و نوآوری‌ها در زمینه فناوری

-دستیابی به آخرین اطلاعات و دانش فنی مورد نیاز به منظور کسب و ایجاد فناوری برتر به منظور رقابت در جامعه جهانی

-اشاعه فرهنگ و سازماندهی فعالیت‌های جمعی تحقیقاتی و فناوری و استفاده از امکانات پارک‌ها

-ایجاد بستر مناسب برای فعالیت واحدها و مؤسسه‌های علمی و فناوری غیردولتی و دولتی در پارک

صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

هدف از تأسیس صندوق، شکوفایی امور تحقیقاتی در راستای تولید علم، فناوری و تجاری‌سازی و بهره‌مندشدن مردم از نتایج آن‌ها، از طریق ارائه کمک‌ها و خدمات حمایتی و مادی و معنوی به پژوهشگران و فناوران حوزوی و دانشگاهی ایرانی اعم از حقیقی و حقوقی می‌باشد.

در صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور پروژه‌های تحقیقاتی مورد حمایت قرار می‌گیرند که بر اساس نیازها و مزیت‌های کشور تعریف شده باشند. انواع حمایت‌های مادی و معنوی از پژوهشگران و فناوران به صورت زیر می‌باشد:

-کمک به اجرای طرح‌های تحقیقاتی

-حمایت از دوره‌های پسادکترا

-حمایت از طرح‌های تحقیق و توسعه

-اعطای کرسی پژوهشی

-کمک به ثبت بین‌المللی اختراعات

-حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت‌های پژوهشی

-ثبت ایده‌ها و طرح‌ها (برخورداری صاحبان ایده‌ها و طرح‌ها ازمنافع حقوقی آن‌ها)

-گرنت

-کمک برای به ثمر رساندن نوآوری‌ها و خلاقیت‌های منجر به تولید

-و دیگر فعالیت‌های حمایتی

گمرک

گمرک جمهوری اسلامی ایران سازمانی دولتی تابع وزارت امور اقتصادی و دارایی است که به عنوان مرزبان اقتصادی کشور نقش محوری و هماهنگ‌کننده را در مبادی ورودی و خروجی کشور دارد و مسئول اعمال حاکمیت دولت در اجرای قانون امورگمرکی و سایر قوانین و مقررات مربوط به صادرات و واردات و عبور (ترانزیت) کالا و وصول حقوق ورودی و عوارض گمرکی و مالیات‌های مربوطه و الزامات فنی و تسهیل تجارت است. گمرک جمهوری اسلامی ایران برای انجام وظایف قانونی خود، سطوح واحدهای اجرایی مورد نیاز را بدون رعایت ضوابط و تقسیمات کشوری و ماده (۳۰) قانون مدیریت خدمات کشوری، متناسب با حجم و نوع فعالیت‌ها تعیین می‌نماید. تشکیلات گمرک و واحدهای اجرایی متناسب با وظایف و مأموریت‌های محوله توسط گمرک جمهوری اسلامی ایران تهیه می‌شود و پس از تأیید وزیر امور اقتصادی و دارایی به تصویب هیأت وزیران می‌رسد. گمرک جمهوری اسلامی ایران شامل ستاد مرکزی گمرک ایران و گمرک‌های اجرایی است.

وظایف و اختیارات گمرک جمهوری اسلامی ایران

الف- اعمال سیاست‌های دولت در زمینه صادرات و واردات و عبور کالا

ب- تشخیص و وصول حقوق ورودی و سایر وجوه قابل وصول قانونی توسط گمرک ایران

پ- انجام تشریفات قانونی ترخیص و تحویل کالا به صاحب یا نماینده قانونی وی و بررسی اسناد ترخیص به منظور احراز صحت شرایط ترخیص و وصول کسر دریافتی یا استرداد اضافه دریافتی

ت- کنترل و نظارت بر امر عبور کالا از قلمرو کشور

ث- اجرای قوانین و مقررات مرتبط با بازارچه‌های مرزی، مرزنشینان و پیله‌وران

ج- اعمال مقررات گمرکی درباره معافیت‌ها و ممنوعیت‌ها در بخش‌های صادرات قطعی، صادرات موقت، واردات قطعی، واردات موقت، کران بری (کابوتاژ)، عبور داخلی کالا، انتقالی، معاملات پایاپای مرزی، فروشگاه‌های آزاد، بسته‌ها و پیک‌های سیاسی و پست بین‌الملل

چ- اجرای قوانین و مقررات مربوط به تخلفات و قاچاق گمرکی، کالاهای متروکه و ضبطی

ح- پیش‌بینی و فراهم نمودن زیرساخت‌های مورد نیاز برای اجرا و استقرار سامانه‌ها، رویه‌ها و روش‌های نوین همچون پنجره واحد در فعالیت‌های گمرکی

خ- جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و انتشار آمار میزان واردات و صادرات کالا

د- بررسی و شناخت موانع نظام گمرکی و برنامه‌ریزی در جهت رفع آنها

ذ- اظهارنظر درباره پیش‌نویس طرح‌ها، لوایح، تصویب‌نامه‌های مرتبط با امورگمرکی

ر- اتخاذ روش‌های مناسب جهت هدایت و راهبری دعاوی حقوقی و قضایی در رابطه با امورگمرکی

ز- آموزش کارکنان و نظارت و انجام بازرسی اعمال و رفتار کارکنان گمرک، کشف تخلف و تقصیرات اداری آنان

ژ- بازرسی از واحدهای اجرایی گمرکی و نظارت بر عملکرد آنها و ساماندهی کمی و کیفی مبادی ورودی و خروجی

س- رسیدگی و حل اختلافات ناشی از اجرای قانون و مقررات گمرکی فی‌مابین گمرک و صاحب کالا برابر قوانین و مقررات مربوطه

ش- گسترش ارتباطات بین‌المللی، انعقاد تفاهم‌نامه و موافقت‌نامه‌های گمرکی دو یا چندجانبه، عضویت و تعامل فعال با سازمان‌های بین‌المللی و گمرکی با رعایت اصل هفتاد و هفتم (۷۷) قانون اساسی و قوانین مربوطه

ص- رعایت توصیه‌های سازمان جهانی گمرک، قراردادهای بازرگانی و توافقنامه‌های منعقده یا پایاپای در چارچوب قوانین و مقررات مربوطه

ض- رعایت مفاد قانون اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی به منظور واگذاری امور غیرحاکمیتی گمرکی به بخش‌های خصوصی و تعاونی

ط- استفاده از فناوری‌های نوین و تجهیز اماکن گمرکی به ابزارهای پیشرفته جهت افزایش کارایی و بهبود انجام تشریفات گمرکی

ظ- تمهیدات لازم برای تسهیل امور تجاری، تشویق صادرات و گسترش عبور کالا

ع- تسهیل فرایندهای گمرکی با هدف توسعه گردشگری

غ- انجام سایر وظایف گمرکی به موجب قانون امورگمرکی و یا سایر قوانین و مقررات

جهاد دانشگاهی

جهاددانشگاهی نهادی است عمومی و غیردولتی زیرنظر شورای عالی انقلاب فرهنگی ، دارای شخصیت مستقل و از لحاظ اداری، استخدامی و مالی تابع مقرراتی است که در چارچوب اختیارات قانونی به تصویب هیات امنای جهاددانشگاهی می‌رسد.

اهداف

-گسترش تحقیقات و شکوفایی روحیه تتبع و استعدادها در سطح جامعه برای نیل به خوداتکایی

-توسعه امور فرهنگی در سطح جامعه از طریق همکاری با حوزه ، دانشگاه و سایر مراجع و نهادهای فرهنگی به خصوص برای نسل جوان

-گسترش طرحهای کاربردی و نیمه صنعتی از طریق پیوند با مراکز علمی و تحقیقاتی به منظور به کارگیری نتایج پژوهش

وظایف کلی جهاد عبارت است از:

- تبلیغ و ترویج فرهنگ و هنر اسلامی و برنامه‌ریزی فرهنگی و تربیتی و ایجاد آمادگی فکری و مکتبی در قشر جوان بخصوص دانش آموزان دبیرستانی و دانشجویان به منظور مقابله با غرب‌زدگی و انحرافات در چارچوب سیاستهای فرهنگی کشور

-ایجاد تشکیلات مناسب به منظور تألیف، ترجمه و انتشار کتب، نشریات نتایج تحقیقات و مقالات علمی، فرهنگی و تولید مواد کمک آموزشی

- انجام دادن تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی

- پی‌گیری طرحهای تحقیقاتی جهاد تا پایان مرحله نیمه صنعتی و صنعتی

- ارائه خدمات علمی-فنی در زمینه‌های مختلف مورد نیاز جامعه

-حمایت، تشویق و جذب دانشجویان و پژوهشگران جوان و مستعد و برنامه‌ریزی و ایجاد شرایط و امکانات لازم به منظور فراهم آوردن زمینه فعالیتهای علمی و پژوهشی آنان بر مبنای شناخت مشکلات واقعی و نیازهای تخصصی جامعه

-اجرای دوره‌های رسمی آموزش های علمی-کاربردی مطابق ضوابط و مقررات آموزش عالی کشور

-ایجاد تشکیلات آموزشی و تحقیقاتی مطرح شده در بندهای این ماده براساس قوانین و مقررات آموزش عالی

-مشارکت در ایجاد زمینه‌های مناسب برای اشتغال بیشتر فارغ التحصیلان دانشگاهی

صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران در سال ۱۳۷۴ از تغییر نام صندوق مالی حمایت از محققین و مخترعین شکل گرفت. هدف اصلی صندوق عبارت است از تأمین منابع مالی مورد نیاز طرح‌های مبتنی بر دانش و فناوری و کارآفرینان فناور، محققین و مخترعین نوآور (اعم از حقیقی و حقوقی) به منظور نیل به خودکفایی و استقلال اقتصادی کشور و رهایی از وابستگی و توسعه بازار داخلی و خارجی خدمات و محصولات مبتنی بر دانش و فناوری کشور. اولویت‌های صندوق در حوزه‌های زیر می‌باشد:

-بیوتکنولوژی

-صنایع پایین‌دستی پتروشیمی مبتنی بر فناوری

-مواد پیشرفته

-نانوتکنولوژی

-تجهیزات و سیستم‌های پیشرفته الکترونیکی و مخابراتی

-تجهیزات پیشرفته پزشکی

-صنایع شیمیایی و فرایندی پیشرفته

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

بر اساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاست‌گذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است.

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیون‌های دوازده‌گانه نموده است. از مهم‌ترین وظایف این کمیسیون‌ها می‌توان به اولویت‌بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد.

وظایف شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری به شرح زیر می‌باشد:

–اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی و پژوهشی و فناوری

–بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری

–ارائه گزارش به مجلس شورای اسلامی: مجلس شورای اسلامی در بند ۲۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۸، کلیه دستگاه‌های اجرایی را مکلف به گزارشدهی از عملکرد بودجه‌های پژوهشی خود نموده و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز موظف است گزارشات مزبور را جمع‌بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید.

در واقع با توجه به بند اول وظایف این شورا، می‌توان این شورا را جزء سیاست‌گذاران پژوهشی کشور قلمداد نمود.

سندیکای صنعت برق ایران

سندیکای صنعت برق ایران یک نهاد صنفی، متشکل از ۴۷۰ شرکت سازنده تجهیزات، پیمانکار و مشاور صنعت برق است که در راستای دفاع از منافع مشروع اعضای خود و بر اساس نقش و جایگاه تشکل‌های صنفی در سند چشم انداز ۲۰ ساله

کشور، افزایش اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در صنعت برق از طریق ساماندهی بخش خصوصی و تعمیق مشارکت و شکل‌دهی به سرمایه اجتماعی در میان خانواده صنعت برق ایران را دنبال می کند.

این تشکل به عنوان تنها تشکل صادراتی نمونه کشور در سال ۱۳۹۰، به منظور تحقق اهداف خود، توسعه بازار اعضا، مطالعه مستمر و ایجاد بانک اطلاعاتی در زمینه‌های مرتبط، ارائه خدمات مشورتی و حقوقی، جلوگیری از ایجاد رقابت های ناسالم، توسعه ارتباط و همکاری با سازمان‌های دولتی و خصوصی، تدوین استانداردها و آیین‌نامه‌ها، ارتقای دانش فنی، گسترش ظرفیت‌های اطلاع‌رسانی و تکمیل ساختار سازمانی خود را بر اساس الگوهای مدرن انجمن‌های کسب و کار دنیا تنظیم و در دستور کار قرار داده است.

مرکز مدیریت فناوری در صنعت برق و ساماندهی تامین نیازهای نیروگاهی توانیر

وظایف

- راه‌اندازی و تشکیل شورای‌های تخصصی حمایت از ساخت داخل
- برپایی نمایشگاه مجازی دائم نیازمندیها و تولیدات
- ایجاد بانک اطلاعاتی و اولویت‌بندی ساخت قطعات و تجهیزات
- ایجاد بانک اطلاعاتی سازندگان، تولیدکنندگان، واردکنندگان و صادرکنندگان
- حمایت از صنایع کوچک، خوشه های صنعتی و شهرکهای صنعتی تخصصی
- ارتقاء توانمندیها برای رقابت‌پذیری در سطح بین‌المللی و کسب سهم مناسب از بازارهای جهانی
- زمینه سازی مشارکت تولید کنندگان داخلی با سازندگان معتبر بین المللی
- توسعه حوزه فعالیتهای شرکتهای منطقه‌ای به سطح ملی
- استفاده از پتانسیل صنعتگران سایر صنایع در نیازمندیهای مشترک با صنعت برق
- ایجاد فرصتهای شغلی مناسب جهت جذب دانش‌آموختگان دانشگاهی

- حمایت و پشتیبانی از مراکز علمی و پژوهشی در نمونه سازی، ارتقای فن‌آوری و انتقال تکنولوژیها و تجربیات روز دنیا در ساخت
- ارتباط با آزمایشگاههای داخل و خارج از کشور

سازمان توسعه برق ایران

چشم‌انداز

صنعت برق در همه کشورهای توسعه یافته، روندی را طی می‌کند که منتهی به خصوصی شدن این صنعت زیربنایی است. در همین زمینه در ایران نیز نیاز فراوان و رو به رشد کشور، وزارت نیرو را بر آن داشت که با درک مزیت های ورود بخش خصوصی به صنعت برق، وظیفه جذب بخش خصوصی را به ویژه در بخش نیروگاه‌های حرارتی به سازمان توسعه برق ایران بسپارد.

در همین راستا سازمان توسعه برق ایران تاکنون موفق به جذب مشارکت سرمایه گذاران خصوصی ایرانی و خارجی برای ساخت چندین نیروگاه خصوصی در قالب قراردادهای BOT (Build,Operate,Transfer) و BOO (Build-Own- Operate) شده است. به همین دلیل سازمان توسعه برق ایران به نمایندگی از مجموعه وزارت نیرو قصد دارد که با تعامل هرچه بیشتربا بخش خصوصی نسبت به جذب سرمایه‌گذاری های داخلی و خارجی در این صنعت اقدام نماید.

وظایف و ماموریت‌ها

الف – احداث و توسعه نیروگاهها و افزایش ظرفیت تولید برق

ب – اجراء طرحها و پروژه‌های ملی احداث، توسعه و بهینه سازی خطوط و پستهای انتقال برق

پ – احداث و توسعه مراکز دیسپاچینگ و شبکه‌های مخابراتی برق

ت – ارائه خدمات مدیریت پروژه در زمینه احداث و توسعه تاسیسات صنعت برق، براساس روشهای مختلف سرمایه‌گذاری توسط اشخاص غیردولتی اعم از حقیقی و حقوقی

ث – اجرای طرحها و پروژه‌های مورد درخواست شرکت‌های برق منطقه‌ای

ج – تدوین و تهیه طرحهای اجرایی متناسب با نیازهای صنعت برق کشور و ارائه آن به شرکت مادر تخصصی توانیر و اعمال نظارت دراجرای این‌گونه طرحها

چ – انجام مطالعات امکان سنجی در احداث نیروگاه ها براساس شرایط اقلیمی و منابع سوخت در کشور و ارائه آن به شرکت توانیر

ح – مشارکت در تهیه استانداردهای برق و ارائه خدمات مشاوره‌ای در این ارتباط

خ – اجرای برنامه‌های شرکت مادر تخصصی توانیر در زمینه حمایت و تقویت ظرفیت های پیمانکاری، مشاوره‌ای و ساخت و تولید تجهیزات نیروگاه‌ها و شبکه های انتقال و همچنین انجام مطالعات لازم برای انتخاب فناوری مناسب تولید و انتقال برق در کشور و استفاده در امر تولید و انتقال برق در چارچوب سیاست های وزارت نیرو

د – همکاری و اشتراک مساعی با دیگر شرکت‌ها و موسسات مرتبط با صنعت برق و پیمانکاران اعم از داخلی و خارجی برای عرضه یا دریافت خدمات تخصصی در زمینه های مطالعاتی، مهندسی، اجرایی و همچنین انتقال، جذب و ارتقاء فناوری در صنعت برق کشور

ذ – انجام هرگونه عملیات و معاملات که علاوه بر رعایت صرفه و صلاح، برای مقاصد شرکت ضروری و مرتبط باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران

هدف سازمان استاندارد ایران تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) و نظارت بر اجرای آنها و همچنین انجام تحقیقات مربوطه می‌باشد. فعالیت‌های اساسی این سازمان در حوزه‌های زیر می‌باشد:

–تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) به عنوان تنها مرجع رسمی این وظیفه در کشور

–انجام تحقیقات به منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، کمک به بهبود روش‌های تولید و کارایی صنایع

–ترویج استانداردهای ملی

–نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری

–کنترل کیفی کالاهای صادراتی مشمول استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم نمودن امکانات رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی

-کنترل کیفیت کالاهای وارداتی مشمول استاندارد اجباری به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان داخلی و جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب خارجی

-راهنمایی علمی و فنی تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انواع کالاها

-آزمایش و تطبیق نمونه کالا با استانداردهای مربوط، اعلام مشخصات و اظهار نظر مقایسه‌ای و صدور گواهینامه‌های لازم

پیوست ب: شناسنامه اقدامات مدیریتی

۱-رایزنی جهت اعطای معافیت مالیاتی به کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

امروزه مالیات به‌عنوان مهم‌ترین منبع درآمدی دولت‌ها محسوب می‌شود. مالیات می‌تواند به‌صورت مالیات مستقیم و یا مالیات غیر مستقیم دریافت شود. مالیات مستقیم شامل مالیات بر درآمد، مالیات بر مشاغل، حقوق، شرکت‌ها، و مالیات بر ارث است و مالیات غیر مستقیم شامل مالیات بر مصرف و فروش، مالیات بر فرآورده‌های نفتی، مالیات بر واردات و ... می‌باشد.

معافیت مالیاتی به میزان بخشودگی مالیاتی اطلاق می‌شود که در آن دولت بنا بر سیاست‌ها و اولویت‌های اقتصادی تعریف‌شده از برخی از فعالان اقتصادی میزان کمتری مالیات دریافت می‌کند. هدف از این معافیت‌ها تشویق عاملین اقتصادی برای حضور در صنعت و یا زمینه اقتصادی خاص و افزایش تولید و انگیزهٔ فعالیت می‌باشد. معافیت مالیاتی منجر به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سود ناشی از تولید می‌شود. لذا فعالان اقتصادی انگیزهٔ بیشتری برای حضور در زمینه‌هایی که مشمول معافیت مالیاتی قرار می‌گیرند خواهند داشت.

با بررسی قوانین و مقررات موجود در زمینهٔ مالیات خواهیم دید که کمتر مصوبه قانونی به منظور توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی وجود دارد و لذا مجموعه قوانین فوق انگیزه خاصی را در آینده برای حضور در صنعت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ایجاد نخواهد کرد و لذا می‌بایست به منظور تشویق و ایجاد انگیزه اقتصادی ونیز کاهش هزینه‌های تولید و تحقیق و توسعه قوانین و مصوبات مورد نیاز به تصویب دولت و یا در صورت لزوم مجلس شورای اسلامی برسد.

در این راستا ابتدا می‌بایست طی تحقیقاتی شرکت‌های تولید کننده مواد و قطعات داغ نیروگاهی شناسایی شوند و مشخص گردد هرکدام به چه میزان می‌بایست از معافیت مالیاتی برخوردار شوند سپس قوانین مربوط به معافیت مالیاتی تولیدکنندگان و معافیت مالیاتی واردات تجهیزات و مواد اولیه مورد نیاز آنها تنظیم شود. قوانین تنظیم شده می‌بایست از طریق برگزاری جلسات و مکاتبه با مراجع مرتبط به تصویب آنان برسد.

متولی این اقدام ستاد راهبری طرح و وزارت صنعت، معدن و تجارت می‌باشد. شاخص تحقق این اقدام به تصویب رسیدن قانون معافیت مالیاتی می‌باشد.

۲- تشکیل کمیته تخصصی تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سندیکای صنعت برق ایران

توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی با در نظرگرفتن نظام نوآوری فناورانه نیازمند وجود و اثرگذاری نهادهای واسطی خواهد بود تا بوسیله آن روابط و تعاملات موجود در نظام، نهادینه و زمینه توسعه پایدار این فناوری فراهم گردد. ایجاد تشکل‌های صنفی و غیر دولتی در جوامع امروزی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. این تشکل‌ها در واقع نماینده گروه‌های مختلف جامعه می‌باشند که به نحوی با جزء و یا اجزایی از فرآیند توسعه تکنولوژی مرتبط بوده و دارای علایق و انگیزه‌های مشترک در یک مجموعه متشکل هستند. این تشکل‌ها دارای ویژگی‌هایی هستند که در صورتی که به طور کامل رعایت شود تضمین‌کننده موفقیت و پایداری آنها خواهد بود. از جمله این ویژگی‌ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- خودجوشی و نیاز طبیعی

۲- تعهد و هدف مشترک

۳- قانونمندی

۴- برنامه و فعالیت مشخص

۵- جلب مشارکت و عضویت

۶- مشارکت و مسئولیت‌پذیری

تشکل‌های صنفی و غیر دولتی در حوزه فناورانه براساس شرایط تحقیقاتی و علمی کشور و جهان و همچنین انگیزش‌های موجود حوزه این تکنولوژی به طور خودجوش به وجود آمده، دارای ضوابط مشخص و تعریف شده‌ای بوده و در راستای دستیابی به اهداف خود دارای برنامه و فعالیت مشخص در یک بخش یا رسته خاص می‌باشد. اصولاً هدف این تشکل‌ها سودجویانه نیست بلکه بیشتر دارای اهداف علمی، فرهنگی و اجتماعی می‌باشند. همچنین این تشکل‌ها می‌توانند علاوه بر پیگیری مشکلات صنفی، باعث افزایش ارتباطات بین شرکت‌های فعال در یک حوزه شوند.

در حال حاضر چنین تشکلی مختص مواد و قطعات داغ نیروگاهی وجود ندارد. در صنعت برق چنین تشکلی با عنوان سندیکای صنعت برق ایران وجود دارد که دارای ۱۹ کمیته تخصصی می‌باشد و می‌توان از ظرفیت این نهاد استفاده کرد. در وضعیت کنونی سازندگان مواد و قطعات داغ در این سندیکا جایگاه مناسبی ندارند. لذا پیشنهاد می‌گردد با توجه به ارزش ریالی و اهمیت مواد و قطعات داغ برای کشور، کمیته‌ای تخصصی با عنوان کمیته مواد و قطعات داغ نیروگاهی در این سندیکا تشکیل

شود که همانند سندیکای صنعت برق این کمیته نیز در چهار بخش نمایندگی از اعضا، تمهید مشارکت اعضا، ارائه خدمات به اعضا و تنظیم و توسعه صنعت برق کشور ایفای نقش نماید.

پس از رایزنی و هماهنگی با سندیکای صنعت برق، لازم به تدوین آیین نامه برای این کمیته می‌باشد. پس از تشکیل کمیته به منظور اطلاع رسانی و آگاهی بخشی و جلب مشارکت تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی، می‌توان برگزاری همایشی با حضور تولیدکنندگان برگزار نمود.

مجری این اقدام ستاد راهبری طرح و سندیکای صنعت برق ایران می‌باشند و شاخص تحقق اقدام تشکیل شدن کمیته مورد نظر در سندیکای صنعت برق ایران می‌باشد.

۳-انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه دقیق حمایت از پروژه‌های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت‌های فعال در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

مطابق آمار و تحقیقات صورت گرفته حدود هشتاد درصد از نیروهای عالم و تحصیل‌کرده در دانشگاه‌ها هستند و کمتر از بیست درصد در مراکز تحقیقاتی؛ صنایع و شرکت‌ها مشغول به کار می‌باشند. بنابراین می‌توان گفت که نهاد علم در جامعه، دانشگاه است. ارتباط مناسب بین صنعت و دانشگاه یکی از عوامل مهم و ضروری در توسعه همه جانبه کشورها است و بدون ایجاد این ارتباط توسعه فناوری‌هایی که در مرحله پیش‌توسعه هستند بسیار دشوار خواهند بود. ارتباط صنعت و دانشگاه در واقع استفاده از توانمندی‌های دانشگاه در جهت رفع نیازهای صنعت است.

همان‌طور که در فاز چهارم سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی اشاره شد یکی از مشکلات در توسعه مواد و قطعات داغ همسو نبودن تحقیقات دانشگاهی با نیاز صنعت می‌باشد. صنعت برق لزوما نیاز به دانش روز ندارد اما دانشگاه معمولا به دنبال دانش روز است. به همین علت ارتباط دانشگاه و صنعت برق دارای ضعف‌های فراوانی است. از این رو کمک به تعریف پروژه های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت‌های فعال در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی به عنوان یکی از اقدامات سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در نظر گرفته شده است که می‌تواند به ترمیم این فاصله کمک نماید.

این حمایت‌ها می‌توانند هم از دانشگاه و هم از صنعت صورت پذیرد. حمایت از دانشگاه می‌تواند بدین صورت باشد که مشوق‌هایی برای پروژه‌هایی که صنعتی می‌شوند در نظر گرفته شود و حمایت از صنعت می‌تواند به صورت اعطای وام، اعطای

معافیت مالیاتی، رتبه‌بندی شرکت‌ها و ... باشد. در این راستا می‌بایست ابتدا پروژه‌ای تحقیقاتی در خصوص تعیین دقیق نحوه حمایت از دانشگاه و صنعت تعریف شود. دانشگاه‌ها و تخصص‌های هر دانشگاه نیز باشد مشخص شوند چرا که با توجه به محدودیت‌ها همه دانشگاه‌ها نمی‌توانند در همه زمینه‌ها به صورت تخصصی فعالیت نمایند پس می‌بایست تخصص هر دانشگاه مشخص گردد. در ادامه می‌بایست آیین نامه‌ای جهت همکاری میان دانشگاه‌ها و شرکت‌های سازنده مواد و قطعات داغ نیروگاهی تدوین شود و از طریق مراجع ذی‌ربط به دانشگاه و صنعت ابلاغ شود.

مجری این اقدام ستاد راهبری طرح می‌باشد و شاخص اقدام به اتمام رسیدن پروژه تحقیقاتی است.

۴-تاسیس و بهره‌برداری آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی

یکی از معضلات سازندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی نبود آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی در کشور در حوزه مواد و قطعات داغ می‌باشد. یک ماده یا قطعه ممکن است در تست‌های یک آزمایشگاه تایید و در آزمایشگاه دیگری مردود شود. بدون وجود یک آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی نمی‌توان با قطعیت در مورد نتایج حاصل از تست‌های مختلف یک قطعه یا ماده اظهار نظر نمود. همچنین به دلیل حساسیت و ارزش بالای توربین‌های نیروگاه‌ها، قطعاتی که جهت نصب در توربین ساخته می‌شوند می‌بایست قبل از نصب در محیطی آزمایشگاهی مورد تست عملکردی قرار گیرند تا از صحت آن قطعه اطمینان حاصل شود. چراکه در صورتی که قطعه پس از نصب در توربین دچار نقص شود می‌تواند خسارت‌های سنگینی به توربین و نیروگاه وارد کند. لذا نیاز است آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهیی برای انجام انواع تست‌های نوعی، نمونه‌ای و روتین بر روی قطعات به وجود آید. در این راستا یکی از اقدامات سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، ایجاد آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد. بدین منظور لازم است ابتدا طرحی جهت ایجاد این آزمایشگاه تدوین شود. سپس در راستای اجرای طرح زمین و تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه خریداری شود. پس از افتتاح آن نیز می‌بایست هزینه‌هایی سالیانه برای عملکرد مناسب آزمایشگاه در نظر گرفته شود.

تاسیس این آزمایشگاه توسط ستاد راهبری طرح و پژوهشگاه نیرو انجام خواهد شد و در صورت تاسیس و فعالیت آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی این اقدام محقق گشته است.

۵-رایزنی با مدیران وزارت نیرو جهت تخصیص بودجه برای حمایت‌های مالی از شرکت‌های دانش بنیان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه

تولید دانش به دو صورت امکان‌پذیر است. تولید دانش توسط دولت و شرکت‌های دولتی و تولید دانش توسط بخش خصوصی. جهت افزایش و تسریع در تولید دانش نیاز است علاوه بر بخش دولتی بخش خصوصی نیز در این امر مشارکت فعال نماید. اما در بخش خصوصی سودآوری اهمیت بسیار زیادی به نسبت بخش دولتی دارد لذا جهت اقتصادی بودن تولید دانش در بخش خصوصی نیاز است تا حمایت‌هایی از این بخش صورت پذیرد تا ریسک فعالیت کم شود و احتمال سودآوری بیشتر شود. شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان، شرکت یا موسسه‌ای خصوصی و یا تعاونی است که به منظور هم‌افزایی علم و ثروت، توسعه اقتصاد دانش‌محور، تحقق اهداف علمی و اقتصادی (شامل گسترش و کاربرد اختراع و نوآوری) و تجاری‌سازی نتایج تحقیق و توسعه (شامل طراحی و تولید کالا و خدمات) در حوزه فناوری‌های برتر و باارزش افزوده‌ی فراوان تشکیل می‌شود.

تولید دانش در مواد و قطعات داغ نیروگاهی‌ای که در مرحله پیش توسعه هستند دارای اهمیت می‌باشد و نیاز به برنامه‌ریزی و حمایت دارد. لذا این حمایت‌ها می‌بایست فقط از شرکت‌های دانش‌بنیانی که در حوزه مواد و قطعات داغ در مرحله پیش توسعه فعالیت دارند صورت پذیرد. بر همین اساس می‌بایست نظارت بر روند رشد شرکت‌ها و مراکز دانش بنیان و تحلیل مستمر دستاوردها با اهداف کلان تدوین شده در سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی انجام شود و متناسب با آن از شرکت‌های دانش بنیان حمایت‌های مالی صورت پذیرد. در این راستا نیاز به رایزنی با مسئولان وزارت نیرو جهت تخصیص بودجه برای این حمایت‌ها می‌باشد.

این اقدام توسط ستاد راهبری طرح و با همکاری صندوق‌ها و بانک‌ها انجام خواهد شد و شاخص تحقق اقدام تامین حداقل ۱۰ درصد بودجه‌های سالیانه شرکت‌های دانش بنیان می‌باشد.

۶-حمایت از پایان نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه

همان طور که بر اساس چالش‌ها و ویژگی‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی مشخص شد که برخی از مواد و قطعات داغ در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد. با توجه به توضیحات ارائه شده در رابطه با مراحل مختلف توسعه فناوری مشخص می‌گردد

که کارکرد اصلی برای فناوری‌های قرار گرفته در این مرحله کارکرد توسعه دانش می‌باشد. از این رو یک مبحث با اهمیت در توسعه مواد و قطعات داغ توجه به تحقیق و پژوهش در این حوزه بوده و یکی از اساس‌ترین بازیگران کارکرد توسعه دانش دانشگاه‌ها می‌باشند. با این نگرش یکی از اقدامات سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، "حمایت از پایان نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه " در نظر گرفته شده است.

حمایت از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری مرتبط با طراحی مواد و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه به سه روش امکان‌پذیر است:

الف) حمایت‌های مالی: این حمایت به عنوان اصلی‌ترین فعالیت به شمار می‌رود. این حمایت در سه حوزه مختلف قابل انجام است:

– حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد به صورت کمک نقدی به دانشجو

– حمایت مالی از پایان نامه های دکتری به صورت کمک نقدی به دانشجو

– حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان‌نامه‌ها به طوری که در مواردی که پایان‌نامه کاملاً در راستای نیازهای صنعت بوده و در این بخش قابل اجرا باشد فرد، مبلغی را به عنوان تشویقی دریافت کند.

ب) پشتیبانی‌های فیزیکی: این نوع حمایت شامل دو عنوان اصلی می شود:

– حق استفاده از آزمایشگاه‌ها: در این مورد به دانشجویانی که پایان‌نامه‌هایی مرتبط با موضوعات مطرح شده در حوزه مواد و قطعات داغ تعریف کرده‌اند، حق استفاده به صورت رایگان ولی در تعداد محدودی آزمایش در هر سال از آزمایشگاه‌ها داده می‌شود.

– حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها: در این مورد حق استفاده رایگان از کتابخانه‌های مرتبط با این موضوع به دانشجویان داده می شود.

ج) حمایت‌های مشاوره‌ای: این نوع حمایت به منظور رفع موانع علمی دانشجویان و کمک به ایشان در انجام پایان‌نامه می‌باشد که از آن به عنوان اطلاع رسانی علمی و مشاوره علمی به دانشجویان یاد شده است.

به منظور ارتقای سطح پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه و جلوگیری از هدر رفت هزینه و انرژی حمایت از پایان‌نامه‌ها باید به صورت گزینشی انجام پذیرد و با بررسی پایان‌نامه‌های مختلف تعریف شده در این حوزه از پایان‌نامه‌های کاربردی و منطبق بر نیازهای صنعت برق حمایت شود. در راستای اجرای این اقدام فعالیت‌های مختلفی باید انجام شود، که لیست این فعالیت‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

مجری این اقدام ستاد راهبری طرح و معاونت پژوهش و فناوری وزارت علوم است. همچنین جهت تحقق این اقدام لازم است سالیانه از ۱۰ پایان‌نامه حمایت شود.

۷-برقراری ارتباط با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر کشورهای پیشرو در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

صنعت نیروگاهی ایران و به دنبال آن مواد و قطعات داغ نیروگاهی صنعتی پیرو محسوب می‌شود. بدین معنی که مسیری که قرار است در افق ۱۰ ساله سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی طی شود قبلا توسط کشورهای پیشرو در این حوزه (مانند امریکا، آلمان، ژاپن و ...) طی شده‌است. لذا مشخص است که ایجاد ارتباط بین بازیگران داخلی با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو می‌تواند به توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی و کسب دانش فنی طراحی و ساخت آنها کمک زیادی نماید.

در حال حاضر ارتباط چندانی میان مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و شرکت‌ها و دانشگاه‌های خارجی وجود ندارد، که افزایش و بهبود این ارتباط‌ها بدون فراهم نمودن مقدمات مورد نیاز و زمینه‌سازی لازم امکان‌پذیر نخواهد بود. در این راستا ابتدا لازم به شناسایی شرکت‌ها و مراکز هدف می‌باشد. پس از شناسایی آنها لازم به هماهنگی و لابی‌گری با مسئولین کشور جهت حمایت از برقراری ارتباط با این شرکت‌ها و مراکز می‌باشد. در نهایت می‌بایست تفاهم نامه‌های همکاری با شرکت‌ها و مراکز شناسایی شده منعقد گردد. همچنین به منظور تشویق صنعت و دانشگاه کشور به برقراری ارتباط با با شرکت‌ها و مراکز علمی تحقیقاتی کشورهای پیشرو می‌توان آیین نامه‌ای برای حمایت از همکاری‌های بین‌المللی جهت ایجاد انگیزه در مجموعه‌های داخلی تدوین نمود. این حمایت‌ها به از راه‌های مختلفی امکان پذیر است. مانند معافیت مالیاتی، امتیازاوری در مناقصات و ... .

این اقدام می‌باید توسط ستاد راهبری طرح، دفتر روابط بین‌الملل وزارت نیرو و پژوهشگاه نیرو انجام شود و شاخص تحقق اقدام انعقاد حداقل یک تفاهم‌نامه همکاری در سال است.

۸-حمایت از برگزاری همایش های تخصصی با کیفیت مناسب در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

طبق نظر خبرگان یکی از چالش‌های موجود در کارکرد انتشار دانش، بی‌کیفیت بودن و تخصصی نبودن همایش‌ها می‌باشد. بسیاری از همایش‌های برگزار شده جنبه نمایشی دارند و کارکردهای اصلی‌ای که از برگزاری یک سمینار انتظار می‌رود در آنها برآورده نمی‌شود، چراکه در برخی مواد تعداد شرکت کنندگان مهم‌تر از کیفیت آنان می‌باشد. همچنین نیاز است در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی همایش‌های تخصصی‌تری برگزار شوند. جهت افزایش کیفیت و تخصصی شدن همایش‌ها یکی از اقدامات سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی " حمایت از برگزاری همایش های تخصصی با کیفیت مناسب در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی" می‌باشد. جهت انجام این حمایت‌ها نیاز است ابتدا شاخص‌هایی جهت ارزیابی کیفیت همایش‌ها تدوین شود. سپس آیین‌نامه‌ای در خصوص حمایت از همایش‌های مناسب تدوین شود و از طریق رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط ابلاغ شود و هرگونه حمایت تشویقی از همایش‌ها منوط به این شاخص‌ها گردد.

مجری این اقدام ستاد راهبری طرح و انجمن‌های علمی می‌باشند و شاخص تحقق آن برگزاری حداقل یک همایش در سال است.

۹-ایجاد ارتباط بین وزارتخانه‌های ذی‌نفع حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

مواد و قطعات داغ علاوه بر نیروگاه ها در صنعت نفت و صنایع نظامی نیز دارای کاربرد می‌باشد. هر کدام از وزارتخانه‌های نیرو، نفت و دفاع نیازمند این مواد و قطعات می‌باشند و در راستای رفع نیازهای خود برخی از این مواد و قطعات را در داخل کشور توسعه می‌دهند. متاسفانه در حال حاضر ارتباط مفیدی جهت انتشار دانش بین این وزارتخانه‌ها وجود ندارد و این سبب انجام فعالیت‌های موازی در این وزارتخانه‌ها شده است. در حالی که با به اشتراک‌گذاری تجربیات و دانش فنی هریک از این وزارتخانه‌ها با یکدیگر می‌توان سریع‌تر و با هزینه کمتر برای کشور مواد و قطعات داغ را توسعه داد. لذا یکی از اقدامات مهم سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی " ایجاد مکانیزم ارتباطی بین وزارتخانه‌های ذی‌نفع حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی" می‌باشد. اگر بتوان با ایجاد مکانیزمی بین این وزارتخانه‌ها ارتباط برقرار نمود می‌توان در هزینه‌های ملی صرفه جویی نمود و همچنین با شتاب بیشتری مواد و قطعات داغ را بومی‌سازی نمود. جهت پیگیری این مهم می‌بایست کمیته‌ای در ستاد راهبردی طرح تشکیل گردد. از طریق برگزاری نشست‌های مشترک و برنامه‌های

مشترک بازدید می‌توان ارتباط بین این دستگاه‌ها را افزایش داد. در نهایت با انعقاد تفاهم نامه همکاری بین این وزارتخانه‌ها می‌توان توسعه مواد و قطعات داغ را در کشور تسریع و تسهیل نمود. این اقدام می‌بایست توسط ستاد راهبری و وزارت نیرو انجام شود و شاخص تحقق آن انعقاد تفاهم نامه همکاری بین وزارتخانه‌های مربوطه است.

۱۰-حمایت از تهیه و انتشار نشریات تخصصی در حوزه مواد قطعات داغ نیروگاهی

همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد از جمله چالش‌های مهم در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی نبود جریان علمی و تعامل دانش مناسب میان بازیگران مختلف این حوزه می‌باشد، که این چالش سبب بروز مشکلاتی زیادی از جمله موازکاری، ناآگاهی از فعالیت سایر گروه‌ها، عدم دسترسی به دانش موجود در داخل کشور و ... می‌شود. یکی از راهکارهای ممکن برای رفع برخی از مشکلات ذکر شده تهیه و چاپ نشریه تخصصی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی است. روند عملکرد این نشریه به این صورت است که محققین داخلی کشور می‌توانند نتایج حاصل از تحقیقات علمی به صورت مقالات علمی به این نشریه ارسال نموده و مقالات دریافت شده پس از انجام داوری و تأیید توسط کارشناسان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در نشریه چاپ می‌گردد. از آنجایی که در حال حاضر مقالات مربوط به مواد و قطعات داغ نیروگاهی در نشریات تخصصی برق چاپ می‌شوند، دسترسی به مقالات این حوزه سخت و زمان‌بر است و این در حالی است که با چاپ چنین نشریه‌ای، محققین حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی به طور جامع و یکپارچه به نتایج علمی جدید به دست آمده در این حوزه دسترسی پیدا کنند.

این اقدام توسط ستاد راهبری طرح و انجمن‌های علمی انجام می‌شود و شاخص اقدام انتشار ۴ شماره نشریه در سال است.

۱۱-کمک به شکل‌گیری انجمن‌های علمی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ایجاد انجمن‌های علمی در داخل کشور یکی از راهکارهای پیشنهادی برای کمک به توسعه دانش در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد. انجمن‌های علمی و دانشی از جمله مراکزی هستند که به منظور پرورش استعدادهای علمی، مدیریتی، تقویت نشاط علمی و اجرای برنامه‌های تکمیلی همسو با نیازهای حوزه مدنظر ایجاد می‌شوند. بسترسازی و ایجاد انجمن‌های علمی-دانشی در جوامع امروزی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. به طور کلی فعالیت‌های انجمن‌های علمی در چند بخش کلی خلاصه می‌شود، که عبارتند از:

۱-فعالیت در زمینه کمک به برگزاری سمینارها و کارگاه‌های علمی در سطح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی

۲-برگزاری دوره‌های آموزشی تکمیلی و تقویتی و تشکیل کارگاه‌های تخصصی

۳-برگزاری و همکاری در اجرای جشنواره‌ها،کنفرانس‌ها و مسابقات علمی (داخلی و خارجی)

۴-تولید وانتشار نشریه علمی، کتاب و نشریات الکترونیکی، نرم افزارهای رایانه‌ای و فیلم‌های علمی –آموزشی

۵-حمایت و تشویق مادی و معنوی از ابتکارات، خلاقیت‌های علمی، فعالیت‌های پژوهشی و اختراعات مرتبط با حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به شرح فعالیت‌های یاد شده مشخص است که ایجاد چنین انجمن‌هایی می‌تواند به تولید دانش، افزایش تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های کمک کند. با توجه به اینکه اساس انجمن‌های دانشی، ایجاد توسط نیروهای داوطلب می‌باشد، تیم مجری سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی (وزارت نیرو) با ارائه خدمات و حمایت‌های مختلف به ایجاد انجمن در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی کمک نماید.

در اولین گام از اجرای این اقدام باید کارگروه و مرکزی برای انجام فعالیت‌های مربوط به حمایت از تشکیل انجام‌ها ایجاد شود. در ادامه باید فرصت‌ها، ظرفیت‌ها و زمینه‌های بالقوه برای ایجاد و توسعه این انجمن‌ها را در بستر دانشگاه‌ها، صنعت و سایر نهادها از جمله نهادهای مدنی شناسایی شده و پس از مطالعه و انجام بررسی‌های لازم، از روش‌ها و ابزارهای مختلف در جهت ایجاد جذابیت برای ایجاد انجمن‌های مستعدِ شکل‌گیری استفاده کرد. ارائه کمک‌های مالی از طریق وام‌های بلاعوض و اطلاع‌رسانی به انجمن‌های شناسایی شده از ابعاد حمایت‌های مالی و اطلاعاتی خواهد بود. همچنین در راستای ارائه خدمات علمی، باید سمینارها و نشست‌های مختلفی با هدف ایجاد ارتباط و تبادل علمی میان این انجمن‌ها با سایر مراکز مشابه داخلی و خارجی برگزار شود. از دیگر فعالیت‌های در این زمینه بررسی و شناسایی موانع موجود بر سر راه ایجاد و توسعه این گونه انجمن‌ها و پیگیری به منظور رفع آن‌ها می‌باشد. مجموعه فعالیت‌های فوق می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری و توسعه نهادهایی کارآمد در بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه و صنعت و در نهایت تسریع در فرآیند توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی گردد.

در این راستا می‌بایست کارگروهی جهت پیگیری مسائل مربوط به انجمن‌های علمی در ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی تشکیل شود و حمایت‌های مالی، حقوقی و... از ایجاد و رشد انجمن‌های علمی صورت گیرد.

مجری این اقدام ستاد راهبری طرح و پژوهشگاه نیرو می‌باشند و شاخص تحقق اقدام تاسیس انجمن علمی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی است.

۱۲-برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی

یکی از مشکلاتی که شرکت‌های سازنده مواد و قطعات داغ با آن مواجه هستند کمبود نقدینگی در این شرکت‌هاست. با توجه به این که معادل ۲۰درصد مبلغ قراردادهای این شرکت‌ها با مشتریانشان در ابتدای پروژه پرداخت می‌شود و مابقی آن پس از اتمام پروژه، این شرکت‌ها جهت به اتمام رساندن پروژه و پرداخت حقوق کارمندان خود با کمبود نقدینگی مواجه هستند. از طرفی دیگر این شرکت‌ها برای انعقاد قرارداد به تضمین بانکی نیاز دارند. یکی از معیارهای بانک جهت ضمانت یک شرکت میزان نقدینگی موجود در آن شرکت می باشد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد شرکت‌ها اغلب کمبود نقدینگی دارند و در نتیجه ضمانت بانک نیز با مشکل مواجه می‌شود. با توجه به اهمیت موادو قطعات داغ نیروگاهی برای کشور ضروری است حمایت‌هایی جهت رفع مشکلات تولیدکنندگان این مواد و قطعات انجام شود. در راستای رفع مشکلات ذکر شده یکی از اقدامات سند راهبری طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، "برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی" می‌باشد. حمایت بانک‌ها و موسسات مالی و صندوق‌ها می‌تواند از طریق اعطای وام‌های کم بهره به تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی و یا تضمین شرکت‌های سازنده توسط بانک جهت انعقاد قرارداد باشد. جهت انجام این امر ابتدا نیاز است شرکت‌های سازنده شناسایی شوند. سپس از میان بانک‌ها و صندوق‌ها و موسسات مالی برخی از آنها انتخاب شوند.

مجریان این اقدام ستاد راهبری طرح، بانک‌ها، صندوق‌ها و موسسات مالی هستند. شاخص این اقدام تدوین آیین نامه همکاری موسسات مالی و شرکت‌های سازنده است.

۱۳-تقویت و توسعه مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی

همان‌طور که در فاز چهارم تدوین سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی مشخص گردید یکی از چالش‌های اساسی پیشروی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی ، عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردها

و پژوهش‌های کشور در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی برای عموم محققین، تولیدکنندگان و سیاستگذاران می‌باشد. یکی از اقدام‌های مهم و قابل اجرا برای رفع این چالش ایجاد یک بانک اطلاعاتی کامل و جامع در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد.

یک بخش مهم که باید در این سامانه در نظر گرفته شده و همواره به روز شود، بخش اولویت‌های تحقیقاتی صنعت برق، پروژه‌های انجام شده و در حال اجرا در این حوزه می‌باشد. بخش ذکر شده می‌تواند به تطبیق تحقیقات با اولویت‌ها و جلوگیری از دوباره کاری و هدر رفت منابع مالی کمک کند.اطلاعات مربوط به حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی پس از جمع‌آوری به منظور دستیابی عموم بازیگران این حوزه در سیستم نرم‌افزاری طراحی شده قرار می‌گیرند. بازیگران مختلف این حوزه بدون پرداخت هزینه می‌توانند از اطلاعات ارائه شده در این سیستم استفاده نمایند.

با بررسی‌های انجام شده مشخص گردید مرکزی با نام مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی وجود دارد که یکی از وظایف آن ایجاد بانک اطلاعاتی می‌باشد. وظایف این مرکز عبارتند از:

- راه‌اندازی و تشکیل شورای‌های تخصصی حمایت از ساخت داخل
- برپایی نمایشگاه مجازی دائم نیازمندیها و تولیدات
- ایجاد بانک اطلاعاتی و اولویت‌بندی ساخت قطعات و تجهیزات
- ایجاد بانک اطلاعاتی سازندگان، تولیدکنندگان، واردکنندگان و صادرکنندگان
- حمایت از صنایع کوچک، خوشه های صنعتی و شهرکهای صنعتی تخصصی
- ارتقاء توانمندی‌ها برای رقابت‌پذیری در سطح بین‌المللی و کسب سهم مناسب از بازارهای جهانی
- زمینه سازی مشارکت تولید کنندگان داخلی با سازندگان معتبر بین المللی
- توسعه حوزه فعالیتهای شرکت‌های منطقه‌ای به سطح ملی
- استفاده از پتانسیل صنعتگران سایر صنایع در نیازمندی‌های مشترک با صنعت برق
- ایجاد فرصت‌های شغلی مناسب جهت جذب دانش‌آموختگان دانشگاهی
- حمایت و پشتیبانی از مراکز علمی و پژوهشی در نمونه سازی، ارتقای فن‌آوری و انتقال تکنولوژی‌ها و تجربیات روز دنیا در ساخت

- ارتباط با آزمایشگاه‌های داخل و خارج از کشور

لذا جهت رفع چالش ذکر شده یکی از اقدامات این سند " تقویت و توسعه مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی" می‌باشد به گونه‌ای که این مرکز پاسخگوی نیازهای فوق باشد. در این راستا ابتدا می‌بایست نشستی جهت آگاه‌سازی و جلب همکاری، با مسئولان مرکز ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی برگزار نمود. پس از آن با انجام پرو»ه تحقیقاتی محتوای مناسب برای ارائه در بانک اطلاعاتی مشخص و گردآوری شود. سپس با طراحی و پیاده‌سازی سیستم نرم‌افزاری مناسب، امکان دسترسی بازیگران و ذینفعان مختلف حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی به این بانک اطلاعاتی مهیا شود.

مجریان این اقدام ستاد راهبری طرح، توانیر و پژوهشگاه نیرو می‌باشند. در صورت مشارکت بازیگران مختلف حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در این مرکز، این اقدام محقق شده است.

۱۴-برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه‌های فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال

طبق نظر خبرگان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مجموع کمبود نیروی انسانی متخصص از چالش‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی نمی‌باشد اما در مورد دو فناوری ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و ریخته‌گری به روش تک کریستال نیروی متخصص به میزان کافی در کشور وجود ندارد. لذا نیاز به برگزاری دوره‌های آموزشی و تربیت نیروی متخصص در دو حوزه ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و ریخته‌گری به روش تک‌کریستال وجود دارد. این آموزش‌ها می‌تواند از طریق اعزام افراد به دوره‌های آموزشی بین‌المللی انجام شود و یا از طریق دعوت از اساتید بین المللی جهت تدریس در ایران. بدین منظور ابتدا می‌بایست دوره‌های بین‌المللی مناسب و اساتید مناسب شناسایی شوند سپس آموزش افراد یا از طریق اعزام افراد به دوره‌های بین‌المللی و یا از طریق دعوت از اساتید صورت پذیرد.

مجریان این اقدام ستاد راهبری طرح، انجمن‌های علمی، دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی هستند. همچنین شاخص این اقدام آموزش حداقل ۱۰ نفر در سال است.

۱۵-بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود (نظیر HIP، سنگ خزشی، جوش و برش لیزر و...)

جهت تولید مواد و قطعات داغ نیروگاهی در داخل کشور به تجهیزات مربوط به فرآیندهای ساخت آنها نیاز می‌باشد. برخی از این تجهیزات بسیار گران‌قیمت هستند و تعداد محدودی از آنها در داخل کشور وجود دارند. با توجه به قیمت بالای این تجهیزات تهیه آنها برای اغلب شرکت‌های خصوصی سازنده مواد و قطعات داغ نیروگاهی امکان‌پذیر نیست و این تجهیزات اغلب در اختیار شرکت‌های دولتی می‌باشند. به منظور توسعه مواد و قطعات داغ در داخل کشور می‌بایست از امکانات موجود حداکثر استفاده را نمود. لذا یکی دیگر از اقدامات سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، "بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود (نظیر HIP، سنگ خزشی، جوش و برش لیزر و...)" می‌باشد. برای بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود می‌بایست ابتدا تجهیزات فوق‌الذکر شناسایی شده و سپس با رایزنی با شرکت‌ها و سازمان‌های مالک، امکان استفاده از این تجهیزات را برای تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی، تا حد امکان فراهم نمود.

این اقدام توسط ستاد راهبری طرح، سندیکای صنعت برق ایران و وزارت نیرو انجام خواهد شد و شاخص آن تدوین و ابلاغ دستورالعمل استفاده از تجهیزات است.

۱۶-انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی زیرساخت فنی مورد نیاز و نحوه توسعه آنها بر حسب نیاز

بنا بر توضیحاتی که پیشتر بیان شد برخی از تجهیزات در داخل کشور موجود می‌باشند و برخی دیگر به تعداد بسیار محدودی وجود دارند و برخی از تجهیزات در داخل کشور وجود ندارند (مانند دستگاه‌های ساخت پودر، برخی دستگاه‌های فورج و نورد و...). جهت توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در داخل کشور نیاز به توسعه تجهیزات لازم برای ساخت آنها نیز می‌باشد. لذا یکی دیگر از اقدامات این سند "انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی زیرساخت فنی مورد نیاز و نحوه توسعه آنها بر حسب نیاز" می‌باشد. در این راستا ابتدا می‌بایست زیرساخت‌های مورد نیاز شناسایی شوند و پس از آن نحوه توسعه زیرساخت‌های موجود بررسی شود و راهکارهای ممکن جهت توسعه آنها ارائه گردد.

مجری این پروژه تحقیقاتی ستاد راهبری طرح و شاخص اقدام، اتمام پروژه است.

۱۷-تدوین و پیشنهاد قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور

نیروگاه‌ها به عنوان مشتریان اصلی مواد و قطعات داغ نیروگاهی همواره دو گزینه برای تهیه قطعات داغ مورد نیاز خود پیش رو دارند: خرید از تولیدکنندگان داخل کشور و خرید از خارج کشور. اغلب نیروگاه‌ها به دلیل سهولت و کیفیت بهتر قطعات خارجی گزینه خرید خارجی را انتخاب می‌کنند. چرا که اولویت اول برای نیروگاه‌ها رفع نیازهای فعلی می‌باشد. جهت توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی نیاز است بازار آن بوجود آید و یکی از راه‌های شکل‌گیری بازار ایجاد تقاضا از جانب نیروگاه‌هاست که منجر به رونق می‌شود. لذا می‌بایست قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور تدوین شود تا به توسعه آنها در داخل کشور کمک نماید.

یکی از راه‌های حمایت از محصولات تولید داخل، افزایش هزینه واردات محصولاتی است که در داخل کشور امکان تامین آن فراهم می‌باشد که به وسیله تصویب تعرفه گمرکی برای برخی از مواد و قطعات داغ امکان‌پذیر است. در این خصوص ابتدا می‌بایست مواد و قطعاتی که کشور توانایی تولید آنها را دارد شناسایی شوند سپس در خصوص اعمال تعرفه پیشنهادی با نهادهای ذی ربط رایزنی انجام شود.

راه دیگر جهت افزایش استفاده نیروگاه‌ها از محصولات تولید داخل تضمین کیفیت محصولات تولید داخل است. در این خصوص تولیدکنندگان داخلی می‌بایست محصولات خود را مطابق با استانداردهای محصولاتی خارجی تولید کنند و محصولات مطابق با این استانداردها کنترل کیفی شوند. بدین وسیله نیروگاه‌ها رغبت بیشتری برای استفاده از محصولات تولید داخل خواهند داشت.

مجریان این اقدام ستاد راهبری طرح، پژوهشگاه نیرو و گمرک هستند و شاخص تحقق اقدام، تصویب تعرفه پیشنهادی و الزام رعایت استانداردهای تدوین شده است.

۱۸-شناسایی کشورهای دارای صنعت نیروگاهی مشابه ایران و تلاش در جهت صادرات به آنها

یکی از مواردی که باعث می‌شود شرکت‌ها سمت تولید برخی قطعات داغ نیروگاهی مانند روتورها، پره‌های خاص، محفظه‌های احتراق خاص و برخی شرودها، دیسک‌ها و ولوها نروند این است که تولید این قطعات در مقیاس صنعتی ممکن نیست و صرفه اقتصادی ندارد. دلیل آن کم بودن تقاضا برای این قطعات در داخل کشور می‌باشد. یک راه حل برای رفع این

مشکل " شناسایی کشورهای دارای صنعت نیروگاهی مشابه ایران و تلاش در جهت صادرات به آنها " است. با جذب تقاضای خارج از کشور می‌توان به بازار این قطعات داغ نیروگاهی نیز وسعت بخشید و تولید آنها را اقتصادی نمود.

جهت انجام این اقدام ابتدا می‌بایست کشورهای دارای پتانسیل صادرات به آنها شناسایی شوند. سپس موانعی که در راه صادرات به این کشورها وجود دارند شناسایی شوند و راه‌کارهایی جهت رفع آنها پیشنهاد گردد. در نهایت نیاز به تشکیل یک کمیته پیگیری می‌باشد که با دستگاه‌های مرتبط مانند وزارت امور خارجه سفارت و کنسول‌گری‌های ایران در کشورهای هدف، سفارتخانه‌های کشورهای هدف در ایران و... رایزنی نماید.

این اقدام توسط ستاد راهبری طرح و دفتر توسعه صادرات و صدور خدمات فنی و مهندسی انجام خواهد شد و شاخص آن تحقق صادرات به کشورهای هدف است.

۱۹-تشکیل ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

یکی از چالش‌های اصلی شناسایی شده در فاز چهارم سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، نبود یک مرجع مشخص جهت ایجاد هماهنگی بین بازیگران مختلف حوزه مواد و قطعات داغ است. از این‌رو لازم است به منظور تحقق اهداف سند، ساز و کاری اندیشیده شود. لذا پیشنهاد می‌گردد ستاد راهبری سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در وزارت نیرو تشکیل شده و بر نحوه اجرای این سند نظارت کرده و بازنگری‌های لازم در سند و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه نماید. این ستاد با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده خواهد داشت. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

-سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

-نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند

-پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

-بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی، و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات

-تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

-تدوین و پیشنهاد مجموعه قوانین و مقررات

-استمرار بخشیدن به انجام مطالعات راهبردی مورد نیاز در خصوص توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

-نظارت کلان بر پروژه‌های توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

پس از تشکیل ستاد و مطالعه تدوین اهداف و مأموریت‌ها و طراحی ساختار سازمانی ستاد، لازم است کمیته‌هایی جهت پیگیری و نظارت بر اجرای اقدامات سند در حوزه‌های مختلف تشکیل گردد. لذا ابتدا باید کمیته‌های موردنیاز، اعضای آنها و شرح وظایف هر کمیته به طور دقیق مشخص گردد. کمیته‌ها می‌بایست در فواصل زمانی منظم، تشکیل جلسه داده و گزارشی از فعالیت‌های خود آماده کرده و در زمان مشخص به اطلاع رییس ستاد برسانند تا در صورت لزوم اقدامات لازم صورت گیرد.

جهت تشکیل ستاد ابتدا می‌بایست اهداف و ماموریت‌های ستاد تدوین شوند و ساختار سازمانی آن طراحی شود. پس از آن مجوز تشکیل ستاد از مراجع ذی‌ربط اخذ شود و محل استقرار دبیرخانه ستاد تامین گردد. در نهایت کادر اداری و تجهیزات مورد نیاز تهیه گردد.

این ستاد باید توسط وزارت نیرو و پژوهشگاه نیرو تشکیل شود و شاخص اقدام همان تشکیل شدن ستاد است.

۲۰-برگزاری همایش و سمینار برای آگاهی‌بخشی ضرورت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور

همانطور که پیشتر اشاره شد یکی از مشکلات توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی علاقه نیروگاه‌ها برای خرید خارجی محصولات مورد نیاز خویش است. علاوه بر نیروگاه‌ها برخی مسئولان نیز اهمیت ساخت داخل مواد و قطعات داغ نیروگاهی را نمی‌دانند. لذا نیاز است در این خصوص مدیران نیروگاه‌ها و مسئولان آگاه شوند. این مهم را می‌توان از طریق " برگزاری همایش و سمینار برای آگاهی‌بخشی اهمیت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور " انجام داد.

مجریان این اقدام ستاد راهبری طرح و سندیکای صنعت برق ایران هستند و شاخص اقدام برگزاری حداقل یک سمینار در سال است.

پیوست ج: شناسنامه پروژه‌ها و اقدامات فنی، معرفی مختصر پروژه‌ها، زمان و هزینه‌های تخمینی و شاخص پروژه‌ها

لیست اقدامات، عناوین پروژه ها، هزینه ها و زمان اجرای پروژه های توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها	زمان (ماه)	هزینه(ریال)			شاخص
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف شدنی و نشدنی	هزینه کل	
اقدام ۱: انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای ریختگی پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه						
۱-۱	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته ریختگی پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				خواص مکانیکی و خوردگی حداقل به میزان ۲۰ درصد بیشتر نسبت به سوپرآلیاژهای ریختگی پیشرفته روز دنیا
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک قطعه واحد تولید شده با ماده طراحی و ساخته شده قابل انجام باشد. این نمونه های ریختگی باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد.						
اقدام ۲ : . انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای کارشده پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه						
۱-۲	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته کارشده پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				خواص مکانیکی و خوردگی حداقل به میزان ۲۰ درصد بیشتر نسبت به سوپرآلیاژهای کارشده پیشرفته روز دنیا

لیست اقدامات، عناوین پروژه ها، هزینه ها و زمان اجرای پروژه های توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی

گونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک قطعه واحد تولید شده با ماده طراحی و ساخته شده قابل انجام باشد. این نمونه های کارشده باید با روشی استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد.					
حقیقات پایه در زمینه طراحی انواع فولادهای آلیاژی ریختگی و کارشده در مقیاس نمونه اولیه					
عه فولادهای آلیاژی ریختگی پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ مقیاس نمونه اولیه	۱۸	۳,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۹,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	خواص مکانیکی و خوردگی حداقل به میزان ۲۰ درصد بیشتر نسبت به فولادهای آلیاژی پیشرفته ریختگی روز دنیا
گونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این فولادهای آلیاژی ریختگی باید با روشی مشابه با روش مورد ت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد شمشهای ریختگی بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد					
عه فولادهای آلیاژی کارشده پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ مقیاس نمونه	۱۸	۳,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	خواص مکانیکی و خوردگی حداقل به میزان ۲۰ درصد بیشتر نسبت به
گونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این فولادهای آلیاژی کارشده باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد ورقها و شمشهای کارشده بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۵ کیلوگرم باشد.					

اقدام ۱: تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس نمونه اولیه، پایلوت (نیمه صنعتی) و صنعتی)

ردیف	عنوان پروژه‌ها	زمان (ماه)	هزینه(ریال)			شاخص
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف شدنی و نشدنی	هزینه کل	

۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این نمونه شمش باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد نمونه شمش‌ها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد.						
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
شمشهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند.						
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت.	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
اقدام ۲ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co .(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)						
۲-۱	تدوین دانش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این تسمه و ورق باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد ورقها و تسمه‌ها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد						

۲-۲	تدوین دانش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
ورقها و تسمه های پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند						
۳-۲	تدوین دانش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
اقدام ۳ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی.(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)						
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این پودرها باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. حداقل وزن نمونه اولیه پودرها بایستی ۵ کیلوگرم باشد.						
۲-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
پودرهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت پودرهای پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند						

۳-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
اقدام ۴ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی.(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)						
۱-۴	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این پودرها باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. حداقل وزن نمونه اولیه پودرها بایستی ۳ کیلوگرم باشد.						
۲-۴	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
پودرهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت پودرهای پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند						
۳-۴	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
اقدام ۵: تسلط به دانش فنی ساخت انواع مواد جوشکاری و بریزینگ مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه						

صنعتی و صنعتی)						
۵-۱	تدوین دانش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این پودرها باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. حداقل وزن نمونه اولیه فیلرها بایستی ۵ کیلوگرم باشد.						
۵-۲	تدوین دانش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
فیلرهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند						
۵-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
۵-۴	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این پودرها باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. حداقل وزن نمونه اولیه پودرها بایستی ۵ کیلوگرم باشد.						
۵-۵	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در	۱۸				مطابق با استانداردهای

	ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت					سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
پودرهای بریزینگ پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند						
۶-۵	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
اقدام ۶: تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش کارشده از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)						
۶-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این شمشهای کارشده باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد شمشها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد						
۶-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
شمشهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند.						
۶-۳	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه

	با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت					گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
اقدام ۷: تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش و ورق کارشده از فولادهای آلیاژی (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)						
۷-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این شمشهای کارشده و ورقهای فولاد آلیاژی باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد شمشها و ورقها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد						
۷-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
ورقها، تسمه‌ها و شمشهای کارشده پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه های پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند						
۷-۳	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر(در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
**نکته مهم: پیشنهاد می شود که در کلیه طرحهای فوق، پروژه ها در سه مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی (پایلوت) و صنعتی به یک مرکز واحد واگذار گردد و بر اساس سیاست ساخت صنعتی قطعات توسط آن مرکز، مراحل تولید نمونه اولیه و پایلوت با مشارکت مراکز تحقیقاتی و دانشگاههای دیگر انجام پذیرد، لیکن دانش فنی کلیه مراحل ساخت از مرکز متولی درخواست گردد.						

لیست اقدامات، عناوین پروژه ها، هزینه ها و زمان اجرای پروژه های توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی

اقدام ۱ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین گازی. (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی (پایلوت) و صنعتی)						
ردیف	عنوان پروژه‌ها	زمان (ماه)	هزینه(ریال)			شاخص
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف شدنی و نشدنی	هزینه کل	
۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس نمونه اولیه	۲۴				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این نمونه پره باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد.						
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی تک کریستال در مقیاس پایلوت (یک دست)	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
پره های پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند.						
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						

۱-۴	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس نمونه اولیه	۲۴					مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این نمونه پره باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد.							
۱-۵	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس پایلوت (یک دست)	۱۸					مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
پره های پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند.							
۱-۶	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت دار در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت	۱۸					مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر (در ادامه گزارش ارائه شده)
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.							
**نکته مهم: در پایان اجرای طرحهای فوق، بایستی دو شرکت بزرگ تولیدی بعنوان دو منبع اصلی جهت ساخت پره های توربین گازی پیشرفته ایجاد شده باشند. یعنی مقیاس صنعتی تولید پره‌های تک‌کریستال و جهتدار در دو شرکت بزرگ قابل انجام باشد.							
اقدام ۲ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین بخاری. (در مقیاس نمونه اولیه،پایلوت (نیمه صنعتی) و صنعتی)							
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع پره‌های ثابت و متحرک توربین بخاری به روش فورج در مقیاس نمونه اولیه در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب	۲۴					مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر
مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این قطعات باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد.							

۳-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره های متحرک و ثابت توربین بخاری به روش فـورج در مقیاس پایلوت (یک دست) در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر
پره های پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند.						
۳-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های متحرک و ثابت توربین بخاری بـه روش فـورج در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمـده در مقیاس پایلوت در سه اندازه کوچک، بزرگ و متو.سط از دو آلیاژ منتخب	۱۸				مطابق با استانداردهای سازندگان معتبر
مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.						
**نکته مهم: پیشنهاد می شود که در کلیه طرحهای فوق، پروژه ها در سه مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی (پایلوت) و صنعتی به یک مرکز واحد واگذار گردد و بر اساس سیاست ساخت صنعتی قطعات توسط آن مرکز، مراحل تولید نمونه اولیه و پایلوت با مشارکت مراکز تحقیقاتی و دانشگاههای دیگر انجام پذیرد، لیکن دانش فنی کلیه مراحل ساخت از مرکز متولی درخواست گردد.						

اقدام ۱ : انجام مطالعات جهت انتخاب روش و مبدأ مناسب جهت انتقال فن‌آوری لوله های بویلر (سوپرهیتر، ری هیتر، اکونومایزر و ...) واحدهای نیروگاهی بخاری

ردیف	عنوان پروژه‌ها	زمان (ماه)	هزینه(ریال)			شاخص
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف شدنی و نشدنی	هزینه کل	
۱-۱	شناسایی و انتخاب لوله های بویلر پرمصرف و مـورد نیـاز در کشـور، جـنس و روش ساخت آنها و سازنده های عمده در دنیا	۱۰				

۱-۲	انتخاب روش مناسب انتقال فناوری ساخت لوله های بویلر و تهیه دستورالعمل هـای مربوطه	۱۰				

شاخص‌های پروژه های طرح توسعه فناوری ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	نام آلیاژ/قطعه	نوع استفاده (دسته بندی)	شماره استاندارد	سال انتشار	شرایط
۱	IN939	ثمش	ABB STAL 63 77 50	1998	ولوشن و پیرسازی
		ثمش	ABB STAL 63 77 51	1998	ولوشن شده
۲	GTD-111	ثمش	B50A719-S5	1987	سولوشن و پیر سازی
۳	IN792	ثمش	MSRR 7169 (RR)	1996	ولوشن و پیرسازی
		ثمش	ABB STAL 63 80 52	1996	ولوشن شده
		ثمش	ABB STAL 63 80 54	1996	ولوشن و پیرسازی
		ثمش	ABB STAL 63 80 55	1996	ولوشن و پیرسازی
۴	GTD-222	ثمش	B50A850	1986	ولوشن و پیرسازی
۵	FSX-414	ثمش	Cobalt Base Alloy Investment Casting FSX-414 (GE) B50A489A1 (Air Melt)	1966	ولوشن و پیرسازی
		ثمش	Cobalt Base Alloy Investment Casting FSX-414 (GE) B50A489V (Vacuum Melt)		
۶	IN617	ورق	Siemens TLV852721		سولوشن و پیرسازی
۷	Hast X	ورق	Alstom Mat 63 21 01	2001	-
۸	Nimonic 263 (C263)	ورق	ABB STAL 63 72 50	1999	ولوشن و پیرسازی
۹	Pure Aluminum	پودر پوشش تفوذی	Metco 54NS, Metco 54NS-1, ElCoat 101	-	-
۱۰	Cr-Al	پودر پوشش تفوذی	ElCaot 37	-	-
۱۱	MCrAlY (CoNiCrAlY)	پودر پوشش روکشی	Amdry 995C, Amdry 9954, Amdry 9951 (Sulzer Brochure)	2015	-
	MCrAlY (NiCrAlY)	پودر پوشش روکشی	Amdry 962 (Sulzer Brochure)	2015	-
۱۲	Aluminum Oxide	پودر پوشش سرامیکی	Metco 410NS (Sulzer Brochure)	2015	-
	Aluminum Oxide-Titanium Oxide	پودر پوشش سرامیکی	Metco 101B NS (Sulzer Brochure)	2015	-
	TBC Coatings	پودر پوشش سرامیکی	Metco 204NS	2015	-
۱۳	Mar M918	فیلر جوشکاری	AMS 5814	-	فیلر
	IN625	فیلر جوشکاری	AMS 5837	-	فیلر
	IN617	فیلر جوشکاری	AMS 5587	-	فیلر
	Hast X	فیلر جوشکاری	AMS 5798	-	فیلر
	IN718	فیلر جوشکاری	AMS 5832	-	فیلر
	Nimonic 155	فیلر جوشکاری	AMS 5794	-	فیلر
	Haynes 25	فیلر جوشکاری	AMS 5796	-	فیلر

ادامه شاخص‌های پروژه های طرح توسعه فناوری ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	نام آلیاژ/قطعه	نوع استفاده (دسته بندی)	شماره استاندارد	سال انتشار	شرایط
	Nimonic 263 (C263)	فیلر جوشکاری	AMS 5966	-	فیلر
	Stellite 6	فیلر جوشکاری	AMS 5788	-	فیلر
	Stellite 12	فیلر جوشکاری	MSRR9500/15	-	فیلر
	Stellite 31	فیلر جوشکاری	AMS 5789	-	فیلر
	Stellite 694	فیلر جوشکاری	MSRR9500/226	-	فیلر
	Nimonic 75	فیلر جوشکاری	MSRR 9500/3	-	فیلر
۱۴	Brazing	متریال بریزینگ	Amdry 770, Amdry 100, Amdry 790	-	پودر
		متریال بریزینگ	Amdry 915	-	خمیر
۱۵	Nimonic 80A	شمش کارشده	ABB STAL 63 22 02	1999	ولوشن
		شمش کارشده	ABB STAL 63 22 04	1999	ولوشن و پیرسازی
		شمش کارشده	BSI 2HR1	1973	ولوشن و پیرسازی
۱۶	Nimonic 90	شمش کارشده	ABB STAL 63 73 01	1988	ولوشن
		شمش کارشده	ABB STAL 63 73 03	1988	ولوشن و پیرسازی
		شمش کارشده	BS - 2HR2	1973	ولوشن و پیرسازی
۱۷	Nimonic 105	شمش کارشده	ASEA STAL 63 79 01	1986	ولوشن
		شمش کارشده	ASEA STAL 63 79 03	1986	ولوشن و پیرسازی
		شمش کارشده	BSI - HR3	-	ولوشن و پیرسازی
۱۸	Nimonic 115	شمش کارشده	BSI - HR4	-	ولوشن و پیرسازی
۱۹	U520	شمش کارشده	ASEA STAL 63 83 01	1986	ولوشن
		شمش کارشده	ASEA STAL 63 83 06	1986	ولوشن و پیرسازی
۲۰	U720	شمش کارشده	Nickel alloy Blade Forgings, U720: Westinghouse PDS 15125EM	1984	-
۲۱	N155	شمش کارشده	ABB STAL 63 86 52	1994	ولوشن
		شمش کارشده	ABB STAL 63 86 51	1994	ولوشن و پیرسازی
۲۲	A-286	شمش کارشده	AMS 5731	-	ولوشن
		شمش کارشده	AMS 5732	-	ولوشن و پیرسازی
۲۳	AISI 420	ورق	Alstom Mat 23 03 53	2000	کوئنچ تمپر
۲۴	AISI 410	شمش کارشده	ABB STAL 23 02 54	1997	کوئنچ تمپر
		ورق	ABB STAL 23 02 52	1996	آنیل شده
۲۵	پره DS	معیارهای کنترل کیفیت	ABB STAL DL 1641-27	1999	-
۲۶	پره SX	معیارهای کنترل کیفیت	ABB STAL DL 1641-24	2001	-

- معرفی اقدامات فنی و پروژه‌های توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی

۱. تسلط به دانش فنی ساخت انواع ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

همانگونه که در گزارش‌های مراحل اول و دوم پروژه ذکر شد، ورق‌ها و تسمه‌های سوپرآلیاژهای پایه نیکل و کبالت از جمله مهم‌ترین مواد اولیه مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی می‌باشند که تاکنون اقدام جدی در زمینه تدوین دانش فنی ساخت آنها در کشور انجام نشده و قسمت عمده‌ای از این مواد با صرف هزینه‌های هنگفت بصورت واردات به کشور وارد شده و در بخش‌های مختلف صنایع نیروگاهی و غیر نیروگاهی مصرف می‌گردد. همانگونه که پیشتر مشخص گردید مهم‌ترین این ورقهای سوپرآلیاژی مصرفی در قطعات نیروگاهی شامل آلیاژهای IN617 و Hastelloy-X و Nimonic 263 می‌باشند.

اقدام فنی فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت کلیه ورق‌ها و تسمه‌های مورد نظر بوده که با توجه به وجود امکانات مناسب در این زمینه در کشور، می‌توان با یک برنامه‌ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت قریب به اتفاق این شمش‌ها در کشور اقدام نمود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این ورق‌ها و تسمه‌ها در سه مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه)، نیمه صنعتی و صنعتی پیش‌بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این تسمه و ورق باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد ورق‌ها و تسمه‌ها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد. ورقها و تسمه‌های پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند. مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.

۲. تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش ریختگی سوپرآلیاژ پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)

بررسی‌های انجام شده در مراحل اول و دوم پروژه مشخص نمود که شمش‌های ریختگی سوپرآلیاژهای پایه نیکل و کبالت از جمله مهم‌ترین مواد اولیه مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی می‌باشند که هرچند کـه در سـالهای اخیـر برخـی از انواع این شمشها در داخل کشوذ ساخته شده‌اند، اما آمار واردات آنها به کشور هنوز رقم بالایی را شامل می‌گردد.

اقدام فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت کلیه شمشهای مورد نظر بوده که با توجه به وجود امکانات مناسـب در ایـن زمینه در کشور، می‌توان با یک برنامه ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت قریب به اتفاق این شمشها در کشور اقدام نمـود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این شمشها در سه مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه)، نیمه صنعتی و صنعتی پیش بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این نمونه شمش باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد نمونه شمش‌ها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد. شمشهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشـد. دسـتگاهها و تجهیـزات مـورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صـنعتی مـرتبط و موجـود در کشـور باشند. مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.

۳. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلـزی مـورد اسـتفاده در پوشـش‌دهـی قطعـات داغ توربین‌های گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

پودرهای پوشش فلزی که برای پوشش‌دهی و حفاظت قطعات مهم نیروگاهی در حین سـرویس در شـرایط سـخت کـاری (محیط خورنده و دمای بالا) استفاده می‌شوند، به دو دسته اصلی پودرهای پوشش نفوذی و پودرهای پوشـش روکشـی تقسـیم بندی می‌شوند. مهم‌ترین روش ساخت این پودرها روش اتمایزینگ فلز و آلیاژ مذاب بوده و کنترل ترکیب و مشخصات فیزیکو-شیمیایی این پودرهای ساخته شده برای دسترسی مناسب به خواص حفاظت کنندگی در قطعات پوشش داده شده بسیار حیاتی است.

اقدام فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت پودرهای پوشش‌دهی مورد نظر بوده که با توجه به قیمت بالای واردات آنها به کشور و عدم تولید داخلی آنها، بتوان با یک برنامه ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت آنها در کشور اقـدام نمـود. بـرای

اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این پودرهای فلزی در سه مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه)، نیمه صنعتی و صنعتی پیش بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این پودرها باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. حداقل وزن نمونه اولیه پودرها بایستی ۵ کیلوگرم باشد. پودرهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت پودرهای پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.

۴. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربین‌های گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

پودرهای پوشش سرامیکی نیز که برای پوشش‌دهی و حفاظت قطعات مهم نیروگاهی در حین سرویس در شرایط سخت کاری (محیط خورنده و دمای بالا) استفاده می‌شوند، بیشتر به منظور حفاظت قطعات داغ نیروگاهی و کاهش دمای سرویس آنها در راستای افزایش عمر کاری آنها بکار می‌روند. این پودرهای سرامیکی که بطور عمده بر پایه اکسید زیرکونیم می‌باشند، پودرهای پوشش روکشی می‌باشند. مهمترین روش ساخت این پودرها روشهای شیمیایی است و کنترل ترکیب و مشخصات فیزیکو–شیمیایی این پودرهای ساخته شده برای دسترسی مناسب به کیفیت پودرها و خواص حفاظت کنندگی قطعات پوشش داده شده در دمای بالا ضروری است.

اقدام فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت پودرهای پوشش دهی سرامیکی مورد نظر بوده که با توجه به قیمت بالای واردات آنها به کشور و عدم تولید داخلی آنها، بتوان با یک برنامه ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت آنها در کشور اقدام نمود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این پودرهای پوشش سرامیکی در سه مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه)، نیمه صنعتی و صنعتی پیش بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این پودرها باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. حداقل وزن نمونه اولیه

پودرها بایستی ۳ کیلوگرم باشد. پودرهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت پودرهای پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.

۵. تسلط به دانش فنی ساخت انواع مواد جوشکاری و بریزینگ مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربین‌های گازی. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

فیلرهای جوشکاری و مواد (چسبها و پودرهای) بریزینگ از جمله مهمترین مواد مصرفی در حین ساخت و بازسازی قطعات داغ نیروگاهی بوده که بطور عمده برپایه آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت می باشند. این مواد در حال حاضر از خارج کشور تامین می گردند و به نظر می‌رسد که با صرف هزینه ای معقول و تدوین دانش فنی ساخت، بتوان نسبت به ساخت آنها در داخل کشور اقدام نمود.

اقدام فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت فیلرهای جوشکاری پرمصرف و وارداتی و نیز پودرها و چسبهای مصرفی در بریزینگ قطعات داغ نیروگاهی مورد نظر بوده که با توجه به قیمت بالای واردات آنها به کشور و عدم تولید داخلی آنها، میتوان نسبت به ساخت آنها در کشور اقدام نمود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این مواد در دو مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه) و نیمه صنعتی پیش بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این فیلرها و پودرها باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. حداقل وزن نمونه اولیه پودرها بایستی ۵ کیلوگرم باشد. پودرهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت پودرهای پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند.

۶. تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش کارشده از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co. (در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی)

بررسی‌های انجام شده در مراحل اول و دوم پروژه مشخص نمود که شمشهای کارشده سوپرآلیاژهای پایه نیکل و کبالت نیز از جمله مهمترین مواد اولیه مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی می‌باشند که هرچند آمار مصرف و واردات آنها به کشور در مقایسه با شمشهای ریختگی کمتر است، اما با اینحال رقم بالایی را شامل می‌گردد. از جمله مهمترین این شمشهای کارشده می توان به شمشهای Nimonic 90 ، Udimet 720 و Nimonic 115 اشاره نمود.

اقدام فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت شمشهای کارشده مورد نظر بوده که با توجه به وجود دانش نسبی و امکانات مناسب در این زمینه در کشور، می توان با یک برنامه ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت این شمشها در کشور اقدام نمود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این شمشها در دو مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه) و نیمه صنعتی پیش بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این نمونه شمش باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد نمونه شمش‌ها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد. شمشهای پایلوت باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند.

۷. تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی (در مقیاس آزمایشگاهی)

در حال حاضر برخی شمشها و ورقهای فولاد آلیاژی در کشور تولید می‌گردند، اما تعدادی از آنها نیز وارداتی هستند که مقادیر ارز زیادی جهت واردات آنها مصرف می‌گردد. از جمله این ورقها و شمشهای فولاد آلیاژی وارداتی می‌توان به آلیاژهای N-155 و ... اشاره نمود.

اقدام فنی فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت کلیه ورقها و شمشهای فولاد آلیاژی مورد نظر در کشور بوده که با توجه به وجود امکانات مناسب در این زمینه، می‌توان با یک برنامه ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت قریب به اتفاق این مواد اقدام نمود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این ورقها و شمشهای فولاد آلیاژی در مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه) پیش بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این تسمه و ورق باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد ورقها و شمشها بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد.

- اقدامات فنی و پروژه های توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی

۱. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره ثابت و متحرک توربین گازی (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)

همانگونه که در گزارش‌های مراحل اول و دوم پروژه ذکر شد، پره‌های ثابت و متحرک توربین‌های گازی از جمله مهم‌ترین قطعات داغ نیروگاهی می‌باشند که هرچند که تاکنون اقدامات گسترده‌ای در زمینه تدوین دانش فنی ساخت برخی از آنها در کشور انجام شده (پره‌های پلی‌کریستال یا با انجماد معمولی)، اما تاکنون اقدام اجرایی کاملی در خصوص ساخت انواع پره‌های با انجماد جهت‌دار و بخصوص پره‌های تک کریستال در کشورصورت نگرفته است. با توجه به آنکه توربین‌های گازی پیشرفته از پره‌های تک‌کریستال و با انجماد جهت‌دار استفاده می‌کنند، لذا جهت تامین نیاز آتی کشور به این نوع پره‌ها و عقب نماندن از این دانش و تکنولوژی، دسترسی به دانش و تکنولوژی ساخت چنین پره هایی بسیار حیاتی است.

اقدام فنی فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت کلیه پره‌های مورد نظر بوده که بتوان با یک برنامه‌ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت این پره‌ها در کشور اقدام نمود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این پره‌های با انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال در سه مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه)، نیمه صنعتی و صنعتی پیش‌بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این نمونه پره باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. نتیجه نهایی این مرحله ساخت یک عدد پره با انجماد جهت‌دار یا تک کریستال است که تمامی ویژگی‌های یک پره قابل نصب در توربین را دارا باشد. پره‌های پایلوت (که شامل یک دست از پره‌های مورد نظر می باشند) باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در ساخت

نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند. مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.

**نکته مهم: در پایان اجرای طرح‌های فوق، بایستی دو شرکت بزرگ تولیدی بعنوان دو منبع اصلی جهت ساخت پره‌های توربین گازی پیشرفته ایجاد شده باشند. یعنی مقیاس صنعتی تولید پره‌های تک‌کریستال و جهت‌دار در دو شرکت بزرگ قابل انجام باشد.

۲. تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره ثابت و متحرک توربین بخاری (در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی)

پره‌های ثابت و متحرک توربین‌های بخاری از جمله مهم‌ترین قطعات داغ نیروگاهی (مربوط به واحدهای بخاری) می‌باشند که هرچند که تاکنون اقدامات گسترده ای در زمینه تدوین دانش فنی ساخت برخی از آنها در کشور انجام شده (پره‌های ماشینکاری شده از شمشهای اولیه کارشده)، اما تاکنون اقدام اجرایی کاملی در خصوص ساخت انواع پره‌های فورج شده در کشورصورت نگرفته است. با توجه به آنکه از این پره‌ها در بسیاری از واحدهای بخاری پیشرفته و نیز کمپرسور واحدهای گازی استفاده می‌شود، لذا جهت تامین نیاز آتی کشور به این نوع پره‌ها و عقب نماندن از این دانش و تکنولوژی، دسترسی به دانش و تکنولوژی ساخت چنین پره‌هایی بسیار حیاتی است.

اقدام فنی فوق در راستای تدوین دانش فنی ساخت کلیه پره‌های (کوچک، متوسط و بزرگ) مورد نظر بوده که بتوان با یک برنامه‌ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت این پره‌ها در کشور اقدام نمود. برای اینکار تسلط به دانش فنی ساخت این پره‌های فورج در سه مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه)، نیمه صنعتی و صنعتی پیش‌بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. این نمونه پره باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. نتیجه نهایی این مرحله ساخت یک عدد پره فورج شده با ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ از آلیاژهای مورد نظر است که تمامی ویژگیهای یک پره قابل نصب در توربین را دارا باشد. پره‌های پایلوت (که شامل یک دست از پره‌های مورد نظر می باشند) باید با روشی مشابه با روش تولید صنعتی تولید شده باشد و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس نمونه اولیه صورت پذیرفته باشد. دستگاهها و

تجهیزات مورد استفاده در ساخت نمونه پایلوت می‌بایستی حداقل در محدوده کوچکترین تجهیزات تولید صنعتی مرتبط و موجود در کشور باشند. مقیاس تولید انبوه بایستی در یک شرکت تولیدی و با روش صنعتی صورت پذیرد.

۳-۳- اقدامات فنی و پروژه‌های انتقال فناوری‌های قطعات داغ نیروگاهی

۱. انجام مطالعات جهت انتخاب روش و مبدأ مناسب جهت انتقال دانش فنی ساخت لوله‌های بویلر (سوپرهیتر، ری‌هیتر، اکونومایزر و ...) واحدهای نیروگاهی بخاری

۳-۴- اقدامات فنی و پروژه های توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی

۱. انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای ریختگی پایه Ni و Co در مقیاس نمونه اولیه

در توربینهای گازی جدید برای افزایش بازدهی و قابلیت اطمینان، از موادی استفاده می شود که قابلیت تحمل دمایی بالاتر داشته و خواص بهتری را ارائه می دهند. برای ارتقائ دانش کشور در این زمینه و استفاده از این دانش در پروژه‌های آتی صنعت برق، انجام تحقیقات پایه در خصوص طراحی و ساخت انواع سوپرآلیاژهای پایه نیکل و کبالت ریختگی پیشرفته پیشنهاد گردیده است. دسترسی به دانش طراحی سوپرآلیاژهای ریختگی با خواص مکانیکی و خوردگی حداقل به میزان ۲۰ درصد بیشتر نسبت به سوپرآلیاژهای ریختگی پیشرفته روز دنیا هدف اصلی این اقدام است.

اقدام فنی فوق در راستای تدوین دانش فنی طراحی سوپرآلیاژهای پیشرفته مورد نظر بوده که بتوان با یک برنامه‌ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت قطعاتی از این آلیاژها در کشور اقدام نمود. برای اینکار انجام تحقیقات پایه در مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه) پیش‌بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک قطعه واحد تولید شده با ماده طراحی و ساخته شده قابل انجام باشد. این نمونه‌های ریختگی باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد.

۲. انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای کارشده پایه Ni و Co در مقیاس نمونه اولیه

همانگونه که در بالا ذکر شد در توربینهای گازی جدید برای افزایش بازدهی و قابلیت اطمینان، از موادی استفاده می‌شود که قابلیت تحمل دمایی بالاتر داشته و خواص بهتری را ارائه دهند. برای ارتقائ دانش کشور در این زمینه و استفاده از این دانش در پروژه های آتی صنعت برق، انجام تحقیقات پایه در خصوص طراحی و ساخت انواع سوپرآلیاژهای پایه نیکل و کبالت

کارشده پیشرفته پیشنهاد گردیده است. دسترسی به دانش طراحی سوپرآلیاژهای کارشده با خواص مکانیکی و خوردگی حداقل به میزان ۲۰ درصد بیشتر نسبت به سوپرآلیاژهای کارشده پیشرفته روز دنیا هدف اصلی این اقدام است.

اقدام فنی فوق در راستای تدوین دانش فنی طراحی سوپرآلیاژهای کارشده پیشرفته مورد نظر بوده که بتوان با یک برنامه‌ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت قطعاتی از این آلیاژها در کشور اقدام نمود. برای اینکار انجام تحقیقات پایه در مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه) پیش‌بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک قطعه واحد تولید شده با ماده طراحی و ساخته شده قابل انجام باشد. این نمونه‌های کارشده باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد.

۳. انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی مواد شمش ریختگی و ورق کارشده انواع فولاد آلیاژی در مقیاس نمونه اولیه

در نیروگاههای جدید برای افزایش بازدهی و قابلیت اطمینان، از موادی استفاده می شود که قابلیت تحمل دمایی بالاتر داشته و خواص بهتری را ارائه می دهند. برای ارتقاء دانش کشور در این زمینه و استفاده از این دانش در پروژه‌های آتی صنعت برق، انجام تحقیقات پایه در خصوص طراحی و ساخت انواع فولادهای آلیاژی ریختگی پیشرفته پیشنهاد گردیده است. دسترسی به دانش طراحی فولادهای ریختگی نیروگاهی با خواص مکانیکی و خوردگی حداقل به میزان ۲۰ درصد بیشتر نسبت به فولادهای ریختگی نیروگاهی پیشرفته روز دنیا هدف اصلی این اقدام است.

اقدام فنی فوق در راستای تدوین دانش فنی طراحی فولادهای ریختگی و کارشده نیروگاهی پیشرفته مورد نظر بوده که بتوان با یک برنامه ریزی مناسب در آینده نسبت به ساخت قطعاتی از این آلیاژها در کشور اقدام نمود. برای اینکار انجام تحقیقات پایه در مقیاس آزمایشگاهی (نمونه اولیه) پیش‌بینی شده است.

مقیاس نمونه اولیه بگونه‌ای است که کلیه تست‌های کنترل کیفی لازم بر روی یک نمونه واحد تولید شده قابل انجام باشد. فولادهای آلیاژی ریختگی باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد شمشهای ریختگی بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۱۰ کیلوگرم باشد. فولادهای آلیاژی کارشده باید با روشی مشابه با روش مورد استفاده در تولید پایلوت و تولید صنعتی تولید شده باشد. ابعاد ورقها و شمشهای کارشده بایستی بگونه‌ای تعیین گردد که حداقل وزن آنها ۵ کیلوگرم باشد.

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۲- فرایند ارزیابی سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۱

۲-۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ۲

۲-۱-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳

۳- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی ۱۱

۳-۱- ساختار نظارت و به‌روز رسانی ۱۱

۳-۲- مکانیزم عملکرد ۱۴

۴- نتیجه‌گیری ۱۸

مراجع ۱۶

فهرست اشکال

شکل (۳-۱) : ساختار ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی..... ۱۲

فهرست جداول

جدول (۲-۱): شاخص‌های شناسایی شده برای چشم انداز سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳

جدول (۲-۲): شاخص شناسایی شده برای اهداف کلان کمی سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی ۳

جدول (۲-۳): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات غیرفنی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی..... ۴

جدول (۲-۴): پروژه‌های توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی..... ۵

جدول (۲-۵): پروژه‌های توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی ۷

جدول (۲-۶): پروژه‌های انتقال فناوری قطعات داغ نیروگاهی..... ۷

جدول (۲-۷): پروژه‌های توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی..... ۸

جدول (۲-۸): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات فنی طرح توسعه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی..... ۹

ادامه جدول (۲-۸): شاخص‌های اقدامات فنی طرح توسعه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی..... ۱۰

۱- مقدمه

هر برنامه‌ریزی نیازمند ارزیابی بوده و بدون آن نمی‌توان از اجرای برنامه اطمینان حاصل نمود. در سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی نیز نمی‌توان بدون ارزیابی، به نحوه عملکرد و اثربخشی ارکان مختلف سند (که براساس نقشه‌راه این سند صورت می‌گیرد) پی برد. به منظور ارزیابی لازم است شاخص‌های عملکردی و اثربخشی تعریف شده تا بتوان درطول زمان با بررسی وضعیت شاخص‌ها، میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را مشخص کرد. علاوه بر تعیین شاخص‌ها، می‌بایست مشخص گردد که چه ساختارهای نظارتی، در چه مقاطع زمانی و چگونه باید ایجاد شوند تا پروژه‌های اجرایی مختلفی را که برای حصول به اهداف نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی صورت می‌گیرد مورد ارزیابی قرار دهند. همچنین با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا برای تحرک بخش‌های مختلف صنعت برق کشور در جهت حصول به اهداف این صنعت می‌باشد، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و بروزرسانی این سند پرداخته شود. در این بخش از طرح، برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شد. در ادامه به ترتیب، فرایند ارزیابی سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بررسی شده است.

۲- فرایند ارزیابی سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

مکانیزمی که در این سند برای ارزیابی تحقق برنامه‌های سند در نظر گرفته شده است شامل مراحل اصلی زیر می‌باشد:

۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

۲- شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها

۳- جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمّی تعیین شده

۴- تفسیر نتایج و ارائه پیشنهاد

مرحله اول از مکانیزم ارزیابی سند که شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد قبل از اجرایی شدن سند صورت می‌پذیرد. در این مرحله برای ارکان مختلف سند که شامل چشم‌انداز، اهداف و اقدامات می‌باشد تعدادی شاخص تعریف

می‌شود. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آنها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخص‌های سند طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی و نحوه دستیابی به آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

شاخص، استانداردی است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی هستند که ناظر بر طبق آنها میزان تحقق آن سطح را اندازه‌گیری می‌نماید. از همین‌رو شاخص‌ها می‌باید ابعاد مختلف سطوح راهبردی را مورد توجه قرار دهند به شکلی که پیشرفت امور بر اساس شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات گردد. در همین راستا شاخص‌ها می‌باید مشخص‌کننده ابعاد ذیل باشند [۱]:

الف) کمیت (چقدر)

ب) کیفیت (چگونه)

ج) زمان (چه موقع)

د) محل (کجا)

در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف‌پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرفنظر می‌شود.

شاخص‌ها باید با ملاحظه ویژگی‌های زیر تعریف شوند:

الف) اساسی‌بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.

ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس‌کننده یک واقعیت – و نه تصور ذهنی – بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القا نماید.

ج) قابل قبول بودن: باید بتوان تغییرات شاخص را به تحقق یا عدم تحقق مقصود منتسب نمود.

د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص می‌باید در دسترس باشد [۱].

۲-۱-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد در سطح اقدامات می‌توان میزان تحقق اقدامات را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های تعیین شده برای بررسی تحقق چشم‌انداز، اهداف و اقدامات در جداول (۲-۱) تا (۲-۷) آورده شده‌اند:

جدول (۲-۱): شاخص‌های شناسایی شده برای چشم انداز سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	وضعیت دانش فنی ساخت مواد داغ نیروگاهی	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد داغ نیروگاهی
۲	وضعیت دانش فنی ساخت قطعات داغ نیروگاهی	دستیابی به دانش فنی ساخت قطعات داغ نیروگاهی
۳	وضعیت دانش فنی طراحی مواد داغ نیروگاهی	انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی مواد داغ نیروگاهی

جدول (۲-۲): شاخص شناسایی شده برای اهداف کلان کمی سند راهبردی طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	میزان هزینه واردات مواد و قطعات داغ نیروگاهی	حداقل ۵۰ درصد کاهش هزینه

جدول (۲-۳): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات غیرفنی توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	اقدام	شاخص
۱	رایزنی جهت اعطای معافیت مالیاتی به کارآفرینان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	تصویب قانون معافیت مالیاتی
۲	تشکیل کمیته تخصصی تولیدکنندگان مواد و قطعات داغ نیروگاهی در سندیکای صنعت برق ایران	تشکیل شدن کمیته مورد نظر
۳	انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه دقیق حمایت از پروژه های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت های فعال در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	اتمام پروژه تحقیقاتی
۴	تاسیس و بهره‌برداری آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی مواد و قطعات داغ نیروگاهی	تاسیس آزمایشگاه مرجع مواد و قطعات داغ نیروگاهی و فعالیت آن
۵	رایزنی با مدیران وزارت نیرو جهت تخصیص بودجه برای حمایت از شرکت های دانش بنیان در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه	تامین حداقل ۱۰ درصد بودجه های سالیانه شرکتهای دانش بنیان
۶	حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی در مرحله پیش توسعه	حمایت از ۱۰ پایان نامه در سال
۷	برقراری ارتباط با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر کشورهای پیشرو در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	انعقاد حداقل یک تفاهم نامه همکاری در سال
۸	حمایت از برگزاری همایش های تخصصی با کیفیت مناسب در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	برگزاری حداقل یک همایش در سال
۹	ایجاد ارتباط بین وزارتخانه‌های ذی‌نفع حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	انعقاد تفاهم نامه همکاری
۱۰	حمایت از تهیه و انتشار نشریات تخصصی در حوزه مواد قطعات داغ نیروگاهی	انتشار ۴ شماره نشریه در سال
۱۱	کمک به شکل‌گیری انجمن‌های علمی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی	تاسیس انجمن علمی
۱۲	برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی	تدوین آیین نامه همکاری موسسات مالی و شرکتهای سازنده
۱۳	تقویت و توسعه ستاد ساماندهی و تامین نیازهای نیروگاهی	مشارکت بازیگران حوزه مواد و قطعات داغ در ستاد
۱۴	برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه‌های فناوری‌های ریخته‌گری به روش انجماد جهت‌دار و تک‌کریستال	آموزش حداقل ۱۰ نفر درسال
۱۵	بسترسازی جهت استفاده از زیرساخت‌های فنی موجود (نظیر HIP، سنگ خزشی، جوش و برش لیزر و...)	تدوین و ابلاغ دستورالعمل استفاده از تجهیزات

ردیف	اقدام	شاخص
۱۶	انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی زیرساخت فنی مورد نیاز و نحوه توسعه آنها بر حسب نیاز	انجام پروژه
۱۷	تدوین و پیشنهاد قوانین حمایتی جهت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	تصویب تعرفه پیشنهادی و الزام رعایت استانداردهای تدوین شده
۱۸	شناسایی کشورهای دارای صنعت نیروگاهی مشابه ایران و تلاش در جهت صادرات به آنها	صادرات به کشورهای هدف
۱۹	تشکیل ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی	تشکیل ستاد
۲۰	برگزاری همایش و سمینار برای آگاهی‌بخشی ضرورت استفاده از مواد و قطعات داغ نیروگاهی ساخت داخل کشور	برگزاری حداقل یک سمینار در سال

جدول (۲-۴): پروژه‌های توسعه ساخت مواد داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱: تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس نمونه اولیه
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس پایلوت
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت شمش ریختگی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN939، GTD111، IN792، GTD222 و FSX-414 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت.
اقدام ۲ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع ورق و تسمه سوپرآلیاژ پایه Ni و Co (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۲-۱	تدوین دانش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس نمونه اولیه
۲-۲	تدوین دانش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس پایلوت
۲-۳	تدوین دانش فنی ساخت ورق و تسمه از سوپرآلیاژهای پایه نیکل IN617، Hastelloy X و Nimonic 263 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
اقدام ۳ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی	

(در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۳-۱	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
۳-۲	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
۳-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش فلزی نفوذی و MCrAlY مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
اقدام ۴ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۴-۱	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
۴-۲	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
۴-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودر پوشش سرامیکی مورد استفاده در پوشش‌دهی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
اقدام ۵: تسلط به دانش فنی ساخت انواع مواد جوشکاری و بریزینگ مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۵-۱	تدوین دانش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
۵-۲	تدوین دانش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
۵-۳	تدوین دانش فنی ساخت انواع فیلرهای جوشکاری پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
۵-۴	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس نمونه اولیه
۵-۵	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس پایلوت
۵-۶	تدوین دانش فنی ساخت انواع پودرهای بریزینگ پایه نیکل و کبالت مورد استفاده در ساخت و بازسازی قطعات داغ توربینهای گازی در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
اقدام ۶: تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش کارشده از سوپرآلیاژهای پایه Ni و Co (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۶-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس نمونه اولیه و پایلوت
۶-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس پایلوت
۶-۳	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده از سوپرآلیاژ پایه نیکل Nimonic 80/90/105/115 و Udimet 520/720 در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
اقدام ۷: تسلط به دانش فنی ساخت انواع شمش و ورق کارشده از فولادهای آلیاژی (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	

۷-۱	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس نمونه اولیه
۷-۲	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس پایلوت
۷-۳	تدوین دانش فنی ساخت شمش کارشده و ورق از فولادهای پرآلیاژی (زنگ نزن و سوپرآلیاژ پایه آهن) در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت

جدول (۲-۵): پروژه‌های توسعه ساخت قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین گازی (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۱-۱	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس نمونه اولیه
۱-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت‌دار در مقیاس پایلوت (یک دست)
۱-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی با انجماد جهت دار در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
۱-۴	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس نمونه اولیه
۱-۵	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های توربین گازی تک کریستال در مقیاس پایلوت (یک دست)
۱-۶	تدوین دانش فنی ساخت پره های توربین گازی تک کریستال در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت
اقدام ۲ : تسلط به دانش فنی ساخت انواع پره متحرک و ثابت توربین بخاری (در مقیاس نمونه اولیه، نیمه صنعتی و صنعتی)	
۳-۱	تدوین دانش فنی ساخت انواع پره‌های ثابت و متحرک توربین بخاری به روش فورج در مقیاس نمونه اولیه در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب
۳-۲	تدوین دانش فنی ساخت پره های متحرک و ثابت توربین بخاری به روش فورج در مقیاس پایلوت (یک دست) در سه اندازه کوچک، متوسط و بلند از دو آلیاژ منتخب
۳-۳	تدوین دانش فنی ساخت پره‌های متحرک و ثابت توربین بخاری به روش فورج در مقیاس تولید انبوه و صنعتی متناسب با نیاز کشور و بر مبنای دانش فنی بدست آمده در مقیاس پایلوت در سه اندازه کوچک، بزرگ و متو.سط از دو آلیاژ منتخب

جدول (۲-۶): پروژه‌های انتقال فناوری قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱ : انجام مطالعات جهت انتخاب روش و مبدأ مناسب جهت انتقال فن‌آوری لوله های بویلر (سوپرهیتر، ری هیتر، اکونومایزر و ...) واحدهای نیروگاهی بخاری	
۱-۱	شناسایی و انتخاب لوله های بویلر پرمصرف و مورد نیاز در کشور، جنس و روش ساخت آنها و سازنده های عمده در دنیا
۱-۲	انتخاب روش مناسب انتقال فناوری ساخت لوله های بویلر و تهیه دستورالعمل های مربوطه

جدول (۲-۷): پروژه‌های توسعه طراحی مواد داغ نیروگاهی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱: انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای ریختگی پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه	
۱-۱	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته ریختگی پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
اقدام ۲ : انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع سوپرآلیاژهای کارشده پایه نیکل و کبالت در مقیاس نمونه اولیه	
۱-۲	طراحی و توسعه سوپرآلیاژهای پیشرفته کارشده پایه نیکل و کبالت جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
اقدام ۳: انجام تحقیقات پایه در زمینه طراحی انواع فولادهای آلیاژی ریختگی و کارشده در مقیاس نمونه اولیه	
۱-۳	طراحی و توسعه فولادهای آلیاژی ریختگی پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
۲-۳	طراحی و توسعه فولادهای آلیاژی کارشده پیشرفته جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاهی در مقیاس نمونه اولیه
اقدام ۴: انجام تحقیقات پایه در زمینه مواد نانو مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی	
۱-۴	مطالعه و بررسی مواد نانو مورد استفاده در ساخت قطعات داغ نیروگاهی
اقدام ۵: انجام تحقیقات پایه در زمینه روش‌های بر مبنای لیزر جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی	
۱-۵	مطالعه و بررسی روش‌های بر مبنای لیزر جهت ساخت قطعات داغ نیروگاهی

جدول (۲-۸): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات فنی طرح توسعه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	نام آلیاژ/قطعه	نوع استفاده (دسته بندی)	شماره استاندارد	سال انتشار	شرایط
۱	IN939	ثمش	ABB STAL 63 77 50	1998	سولوشن و پیرسازی
		ثمش	ABB STAL 63 77 51	1998	سولوشن شده
۲	GTD-111	ثمش	B50A719-S5	1987	سولوشن و پیر سازی
۳	IN792	ثمش	MSRR 7169 (RR)	1996	سولوشن و پیرسازی
		ثمش	ABB STAL 63 80 52	1996	سولوشن شده
		ثمش	ABB STAL 63 80 54	1996	سولوشن و پیرسازی
		ثمش	ABB STAL 63 80 55	1996	سولوشن و پیرسازی
۴	GTD-222	ثمش	B50A850	1986	سولوشن و پیرسازی
۵	FSX-414	ثمش	Cobalt Base Alloy Investment Casting FSX-414 (GE) B50A489A1 (Air Melt)	1966	سولوشن و پیرسازی
		ثمش	Cobalt Base Alloy Investment Casting FSX-414 (GE) B50A489V (Vacuum Melt)		
۶	IN617	ورق	Siemens TLV852721		سولوشن و پیرسازی
۷	Hast X	ورق	Alstom Mat 63 21 01	2001	-
۸	Nimonic 263 (C263)	ورق	ABB STAL 63 72 50	1999	سولوشن و پیرسازی
۹	Pure Aluminum	پودر پوشش تفوذی	Metco 54NS, Metco 54NS-1, ElCoat 101	-	-
۱۰	Cr-Al	پودر پوشش تفوذی	ElCaot 37	-	-
۱۱	MCrAlY (CoNiCrAlY)	پودر پوشش روکشی	Amdry 995C, Amdry 9954, Amdry 9951 (Sulzer Brochure)	2015	-
	MCrAlY (NiCrAlY)	پودر پوشش روکشی	Amdry 962 (Sulzer Brochure)	2015	-
۱۲	Aluminum Oxide	پودر پوشش سرامیکی	Metco 410NS (Sulzer Brochure)	2015	-
	Aluminum Oxide-Titanium Oxide	پودر پوشش سرامیکی	Metco 101B NS (Sulzer Brochure)	2015	-
	TBC Coatings	پودر پوشش سرامیکی	Metco 204NS	2015	-
۱۳	Mar M918	فیلر جوشکاری	AMS 5814	-	فیلر
	IN625	فیلر جوشکاری	AMS 5837	-	فیلر
	IN617	فیلر جوشکاری	AMS 5587	-	فیلر
	Hast X	فیلر جوشکاری	AMS 5798	-	فیلر
	IN718	فیلر جوشکاری	AMS 5832	-	فیلر
	Nimonic 155	فیلر جوشکاری	AMS 5794	-	فیلر
	Haynes 25	فیلر جوشکاری	AMS 5796	-	فیلر

ادامه جدول (۲-۸): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات فنی طرح توسعه ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	نام آلیاژ/قطعه	نوع استفاده (دسته بندی)	شماره استاندارد	سال انتشار	شرایط
	Nimonic 263 (C263)	فیلر جوشکاری	AMS 5966	-	فیلر
	Stellite 6	فیلر جوشکاری	AMS 5788	-	فیلر
	Stellite 12	فیلر جوشکاری	MSRR9500/15	-	فیلر
	Stellite 31	فیلر جوشکاری	AMS 5789	-	فیلر
	Stellite 694	فیلر جوشکاری	MSRR9500/226	-	فیلر
	Nimonic 75	فیلر جوشکاری	MSRR 9500/3	-	فیلر
۱۴	Brazing	متریال بریزینگ	Amdry 770, Amdry 100, Amdry 790	-	پودر
		متریال بریزینگ	Amdry 915	-	خمیر
۱۵	Nimonic 80A	شمش کارشده	ABB STAL 63 22 02	1999	بولوئن
		شمش کارشده	ABB STAL 63 22 04	1999	بولوئن و پیرسازی
		شمش کارشده	BSI 2HR1	1973	بولوئن و پیرسازی
۱۶	Nimonic 90	شمش کارشده	ABB STAL 63 73 01	1988	بولوئن
		شمش کارشده	ABB STAL 63 73 03	1988	بولوئن و پیرسازی
		شمش کارشده	BS - 2HR2	1973	بولوئن و پیرسازی
۱۷	Nimonic 105	شمش کارشده	ASEA STAL 63 79 01	1986	بولوئن
		شمش کارشده	ASEA STAL 63 79 03	1986	بولوئن و پیرسازی
		شمش کارشده	BSI - HR3	-	بولوئن و پیرسازی
۱۸	Nimonic 115	شمش کارشده	BSI - HR4	-	بولوئن و پیرسازی
۱۹	U520	شمش کارشده	ASEA STAL 63 83 01	1986	بولوئن
		شمش کارشده	ASEA STAL 63 83 06	1986	بولوئن و پیرسازی
۲۰	U720	شمش کارشده	Nickel alloy Blade Forgings, U720: Westinghouse PDS 15125EM	1984	-
۲۱	N155	شمش کارشده	ABB STAL 63 86 52	1994	بولوئن
		شمش کارشده	ABB STAL 63 86 51	1994	بولوئن و پیرسازی
۲۲	A-286	شمش کارشده	AMS 5731	-	بولوئن
		شمش کارشده	AMS 5732	-	بولوئن و پیرسازی
۲۳	AISI 420	ورق	Alstom Mat 23 03 53	2000	کوئنچ تمپر
۲۴	AISI 410	شمش کارشده	ABB STAL 23 02 54	1997	کوئنچ تمپر
		ورق	ABB STAL 23 02 52	1996	آنیل شده
۲۵	پره DS	معیارهای کنترل کیفیت	ABB STAL DL 1641-27	1999	-
۲۶	پره SX	معیارهای کنترل کیفیت	ABB STAL DL 1641-24	2001	-

۳- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی

۳-۱- ساختار نظارت و به‌روز رسانی

همان‌طور که اشاره شد، به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه خواهد نمود. این ستاد با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

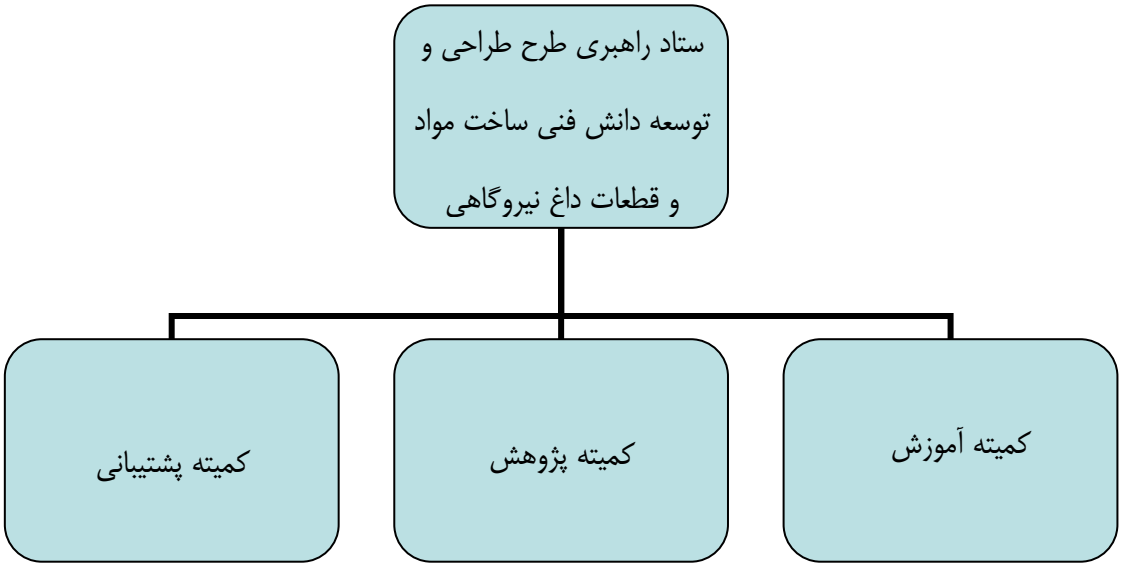
- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی، و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات
- تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی در پژوهشگاه نیرو تشکیل می‌شود و اعضای اصلی آن عبارتند از:

- نماینده وزیر نیرو در بخش برق و انرژی
- نماینده وزیر نیرو در امور تحقیقات و منابع انسانی
- نماینده مدیر عامل توانیر
- معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو
- معاونت فناوری پژوهشگاه نیرو

- سه نفر از صاحب‌نظران و خبرگان حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی از دانشگاه‌های برتر کشور با حکم رئیس ستاد
- سه نفر از نمایندگان صنعت در حوزه‌های سازندگان، مشاوران و پیمانکاران با حکم رئیس ستاد
- دو نفر از نمایندگان سندیکای صنعت برق ایران در حوزه‌های مرتبط با حکم رئیس ستاد
- دبیر ستاد به انتخاب رئیس ستاد

جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده برای ستاد، لازم است ساختاری برای ستاد در نظر گرفته شود، که این ساختار در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.



شکل (۳-۱) : ساختار ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

همان‌طور که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است. سه کمیته اصلی در ذیل این ستاد می‌بایست تشکیل گردد، که هر کمیته وظیفه رسیدگی به یکی از حوزه‌های مورد نظر ستاد را بر عهده دارند. این کمیته‌ها عبارتند از:

- کمیته آموزش
- کمیته پژوهش

⇦ کمیته پشتیبانی

در ادامه شرح وظایف هر کدام از کمیته‌ها آورده شده است:

شرح وظایف کمیته آموزش

⇦ نیازسنجی و برنامه‌ریزی آموزشی برای توسعه دانش فنی طراحی و ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی

⇦ کمک به برگزاری دوره‌های آموزشی

⇦ حمایت از برگزاری همایش‌ها و کنفرانس‌ها

شرح وظایف کمیته پژوهش

⇦ تدوین برنامه جامع جهت‌دهی به فعالیت‌های تحقیق و توسعه و تهیه دستورالعمل‌های مورد نیاز و نظارت بر اجـرای آن

⇦ شناسایی پایان‌نامه‌ها و طرح‌های پژوهشی کاربردی در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی و حمایت از آنها تا مرحله عملیاتی شدن آنها

⇦ پایش و ارزیابی مستمر وضعیت دانش فنی موجود در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

⇦ نظارت بر انتخاب مشاورین مناسب برای انجام پروژه‌های تعریف شده در سند

⇦ ارزیابی عملکرد محققین، پیمانکاران و مشاورین در قبل، حین و بعد از انجام پروژه‌ها

⇦ ارائه سیستم جامع ارزیابی مجریان طرح‌ها و پروژه‌های و نظارت بر صحت انجام کار

⇦ نظارت بر رعایت تمامی استانداردها در اجرای پروژه‌ها

⇦ تدوین و ارزیابی شاخص‌های عملکردی و اثربخشی چشم‌انداز، اهداف و اقدامات

⇦ تهیه، تحلیل و به‌روزرسانی بانک‌های اطلاعاتی مورد نیاز

⇦ جمع‌آوری و جمع‌بندی نتایج پروژه‌ها

شرح وظایف کمیته پشتیبانی

⇦ رایزنی با نهادهای دولت جهت انجام اصلاحات مورد نیاز در قوانین و مقررات مرتبط

⇦ رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت تسهیل دسترسی بازیگران توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی

- پیگیری ابلاغ و اجرایی شدن دستورالعمل‌های نظام توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- زمینه‌سازی همکاری میان شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی با شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی
- ایجاد ارتباط بین صنعت برق و دانشگاه‌ها و مراکز علمی-تحقیقاتی
- تسهیل ارتباط با انجمن‌های بین‌المللی جهت آگاهی از آخرین دستاوردها در زمینه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه مواد و قطعات داغ نیروگاهی
- تهیه قرارداد های تیپ برای مناقصات

تبصره ۱: مصوبات یاد شده در چارچوب این سند و ابلاغ رئیس ستاد برای کلیه دستگاه‌های مرتبط لازم الاجرا می‌باشد.

تبصره ۲: ستاد راهبری طرح در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، گردش کار لازم را از طریق مراجع ذیصلاح انجام خواهد داد.

تبصره۳: با توجه به روند سریع تحولات لازم است در صورت تشخیص، ساختار و نحوه فعالیت‌های ستاد مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

۳-۲- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این کمیته‌ها، می‌بایست مکانیزمی اندیشیده شود که به عنوان چارچوبی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای ستاد راهبری طرح طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی، نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا اعضای ستاد جهت انجام وظایف درنظر گرفته شده می‌بایست جلسات منظم (۶ ماه یکبار) برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش‌ها از دستگاه‌های متولی حوزه‌های مرتبط شاخص‌های تعیین شده را ارزیابی کرده و پس از نهایی‌سازی و تلفیق آن‌ها گزارش آن را در دوره‌های زمانی ۶ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای مرکز موظفند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ساله، اتخاذ کنند. مرکز در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین مرکز موظف است به رصد فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه در حوزه مواد و قطعات داغ نیروگاهی بپردازد و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله به وزارت نیرو ارائه نماید.

با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است چهار سال پس از اجرایی شدن سند با توجه به نتایج به دست آمده از آمار خرابی‌ها و همچنین نتایج حاصل از پروژهای تدوین دانش فنی، سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

همچنین در صورتی که در انتهای هرسال پس از آغاز اجرای طرح، مقدار شاخص کلی پیشرفت سند بیش از ۲۵٪ نسبت به مقدار آن طبق برنامه کاهش داشت، لازم است که سند مورد بازبینی قرار گیرد.

جدول (۳-۱): رویکرد مناسب در راستای بازبینی و تجدیدنظر در سند تدوین شده بر اساس تحقق معیارهای مربوط به اجرای پروژه‌های فنی تعیین شده.

میزان تحقق معیارهای تعریف شده برای انجام پروژه‌های فنی	۰-۳۰ درصد	۳۰-۷۰ درصد	۷۰-۹۰ درصد	بالای ۹۰ درصد
اقدامات مورد نیاز برای بازبینی و یا تجدیدنظر	تجدیدنظر	بازبینی	بازبینی مختصر	نیاز به بازبینی ندارد

۴- نتیجه‌گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبردی و نقشه راه طراحی و توسعه دانش فنی ساخت مواد و قطعات داغ نیروگاهی" به تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی این سند می‌پردازد. در این مرحله باید مشخص شود که چه افرادی در چه ساختاری و بر اساس چه شاخص‌ها و معیارهایی باید به ارزیابی پیشرفت اجرای سند در طول بازه زمانی تعریف شده بپردازند. برای این کار ابتدا شاخص‌هایی در سطح کلان (چشم‌انداز و اهداف) و در سطح خُرد (اقدامات غیرفنی و فنی) تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به‌روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد. برای این کار اعضای اصلی ستاد راهبری طرح، کمیته‌های این ستاد شامل کمیته آموزش، پژوهش و پشتیبانی تعیین و وظایف هر یک از کمیته‌ها مشخص گردید. در نهایت تعیین شد که این ستاد در بازه‌های زمانی ۶ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف‌شده بپردازد و گزارش آن را به وزارت نیرو ارائه کند. همچنین مقرر شد این ستاد با توجه به وضعیت پیشرفت سند نسبت به بازنگری آن اقدام نماید.

مراجع

۱- روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۴