

انتقال تکنولوژی و ساخت رانر نیروگاه برقآبی مارون

عبدالحمید فهمی

www.fahmi.20m.com

info@fahmi.20m.com

۱- چکیده

نظر به اهمیت امر ساخت داخل در توسعه صنعتی کشور به ویژه در بخش توربین نیروگاههای آبی، و همچنین جهت پیشگیری از روش های غیر اصولی در ساخت داخل بر آن شدیم و نحوه ساخت داخل یک نمونه ساخت رانر مارون و روش اصولی ساخت رانر در کشورهای توسعه یافته مورد ارزیابی قرار دهیم و در نهایت روش پیشنهادی جهت توسعه قطعات ساخت و ارزیابی نقاط ضعف و قوت آن می پردازیم. در سالهای بعد از انقلاب با گسترش بی رویه تجهیزات سخت افزاری، بدون توجه به توسعه متوازن نرم افزاری ها و عدم شناخت گلوگاه های تکنولوژی و ساختاردهی فرآیند انتقال تکنولوژی موجب گردید که کشور نتواند در مسیر توسعه پایدار پیش رود. امروز در ساخت و تولید قطعات علیرغم مجهز بودن به تجهیزات ریخته گری و فورجینگ، ماشینکاری، و جوشکاری و همچنین تجهیزات تست ها NDT و DT، متأسفانه بدلیل کم بهاء دادن به نرم افزار ساخت داخل، روند کندی در ساخت قطعات مطلوب وجود دارد. در این راستا ابتدا به بررسی ساخت رانر بر اساس استاندارد ASME و سپس عملیات انجام شده در ابتداء با ساخت رانر و نواقص آنرا بررسی و در نهایت نتایج ارائه می گردد.

۲- مقدمه :

ساخت رانریدکی مارون در سال ۱۳۸۱ شروع گردید و تا کنون به اتمام نرسیده است، در بررسی مشکلات ساخت رانر قبل از پرداختن به موضوع ساخت، نکات زیر حائز اهمیت است:

۱. اولین مرحله در ساخت رانر انجام تست مدل سیستم و استخراج داده های لازم جهت مراحل بعدی است که در این خصوص طراحی و ساخت اساساً براساس مرجع ۴ راهنمایی طراحی مکانیک نیروگاه برق آبی (مصوب کمیته فنی ASME HYDRO POWER) مطابق با قسمت ۲ (مراحل طراحی توربین براساس استاندارد ASME) انجام میگردد.
۲. مهندسی معکوس که روشی شناخته شده است، از داده های خروجی دستیابی به داده طراحی در یک مکانیسم برگشتی و Iteration انجام می گیرد حتی اگر مشخصات طراحی با سازنده نیز مشابه گردد ولیکن به دلیل مستند بودن به دفترچه محاسبات قابل قبول است.

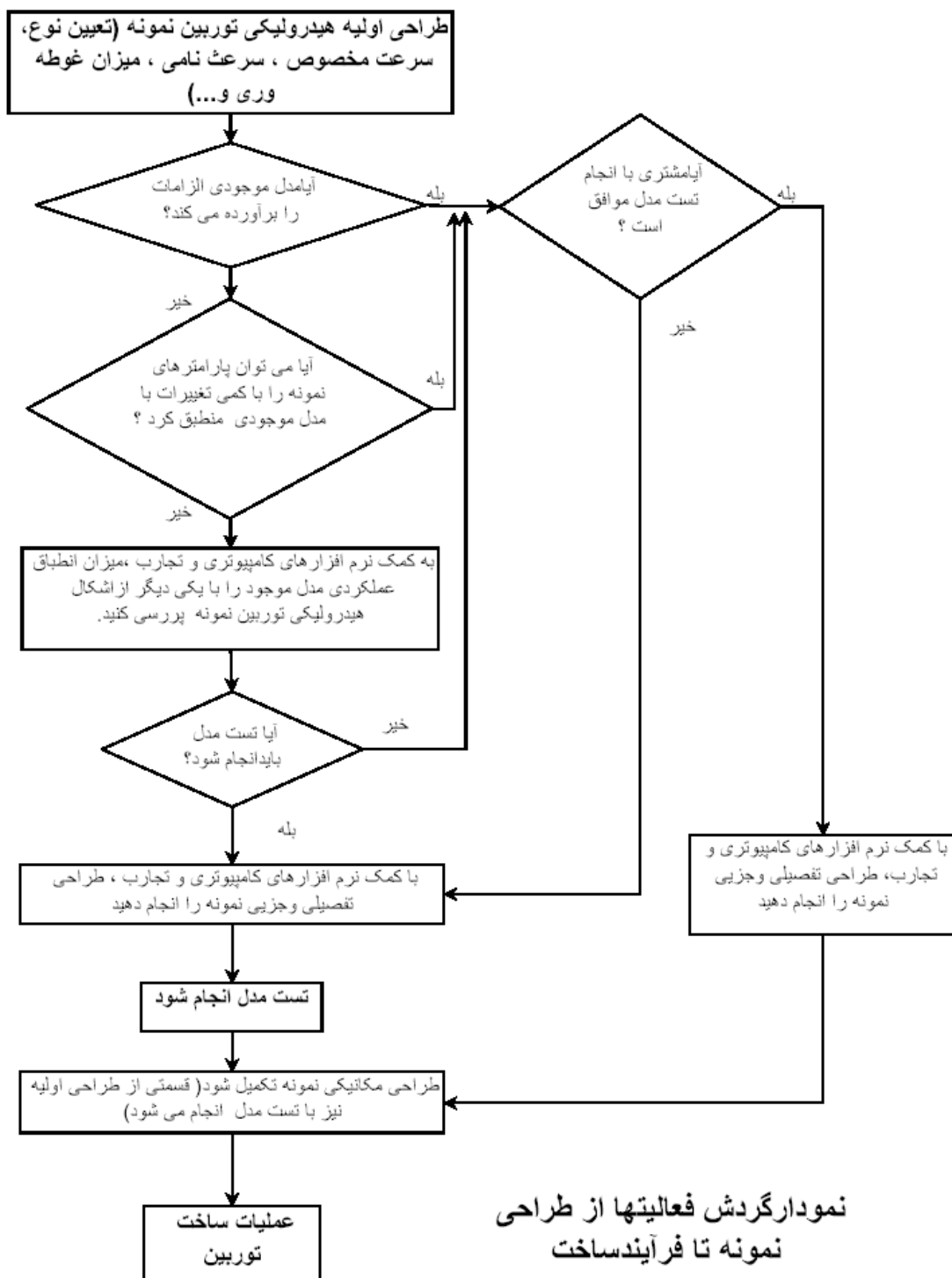
۳. مقایسه طراحی و ساخت توسط سازنده ایرانی و روش کمیته فنی ASME HYDRO و سایر استانداردها (از جمله صنایع دفاع آمریکا) مؤید حرکت در راستای بخشی از فرآیند ساخت و کپی برداری با روش سعی و خطا بدون توجه به مهندسی معکوس است. ضمناً انتقال تکنولوژی این قطعه خارج از ظرفیت یک سازنده بوده و عملیات سازنده و سازنده ها مشابه بایستی بعنوان بخشی از کار ساخت داخل مدنظر قرار دارد.

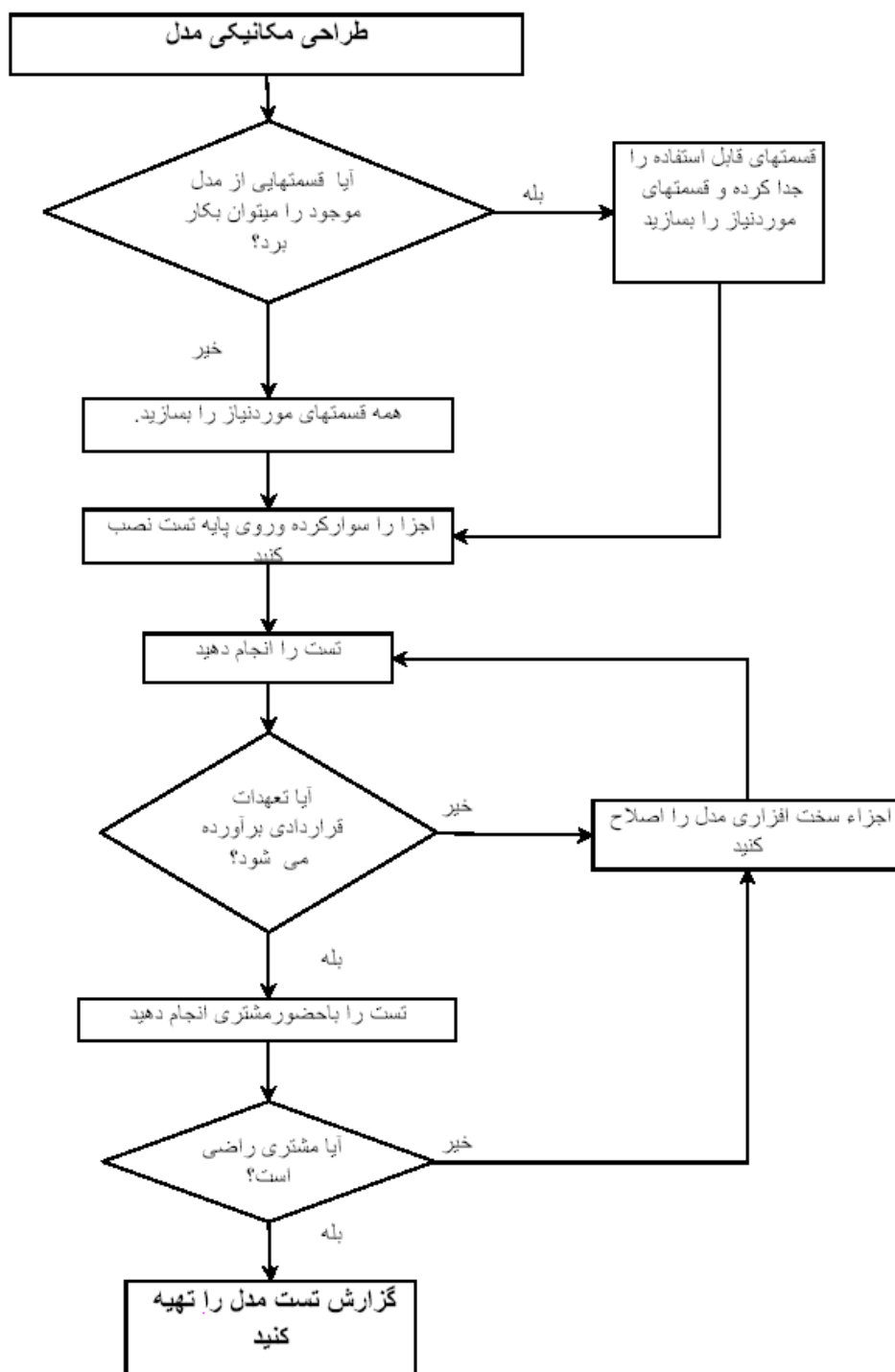
۴. اگرچه یکی از گلوگاههای اساسی تکنولوژی تجهیزات نیروگاه عملیات ریخته گری است که به دلیل اهمیت رانر، ۳ قسمت آنرا در ۳ کارخانه مجزا ریخته گری انجام می گیرد (مارون ۱ و مارون ۲) و نهایتاً در محل سومی عملیات ماشینکاری و مونتاژ و تست های DT و NDT و همچنین تست های استاتیکی و دینامیکی انجام میگیرد.

۵. آنچه هدف کارفرما و هدف مدیریت کلان کشور در بخش نیروگاه است، توانمند سازی پیمانکار جهت ساخت قطعات اصلی نیروگاه که اقدام اصولی و درخور ستایش میباشد. اما تبدیل طراحی و ساخت به یک کار ریخته گری متعارف می تواند آسیب جدی به ساخت داخل وارد کند لذا مراحل کار از طراحی تا ساخت و تست های نهایی بایستی تعریف شده و مشخص باشد. بعنوان نمونه جهت شفت، اولین مرحله داده های طراحی مکانیکی تجهیزات توربین و ژنراتور و در مرحله دوم انتخاب جنس و در مرحله بعد عملیات فورجینگ که بایستی عملیات به گونه ای انجام گیرد که در پایان بتوان به کیفیت مطلوب برسد و در نهایت ماشینکاری و تست های DT و NDT و نهایتاً انجام تست ابعادی است.

۲- مراحل طراحی توربین براساس ASME

این مراحل هم در GE براساس تست مدل Brautsberg انجام شده است و همچنین رانر واحد ۲ فویت زیمنس براساس تست مدل کارون ۴ انجام گرفت. با توجه به مرجع ۴ طراحی بایستی با در اختیار داشتن نمونه ای از توربین (منظور نمونه ست با مشخصات ویژه که جهت تست مدل مورد استفاده قرار میگیرد) و استخراج پارامترهای طراحی از تست مدل و همچنین انجام طراحی سیالاتی و جامدات و متالورژیک جوشکاری و مونتاژ قطعات و انجام تست ها در مراحل مختلف (شامل DT و NDT) نهایتاً توربین ساخته میگردد. لذا بمنظور طراحی توربین بایستی در ابتدا یک نمونه از توربین را ساخت و سپس توسط ضرایب مشخص، ابعاد نمونه را تبدیل به ابعاد مدل نمونه اصلی نمود. بنابر این فرآیند طراحی نمونه تا مرحله ساخت مطابق با الگوریتم زیرانجام میگردد :





نمودار گردش فعالیتهای تست مدل

اطلاعات بدست آمده از تست مدل شامل موارد زیر است :

۱. بازده توربین
۲. توان توربین
۳. مشخص کردن کاویتاسیون (مساحت)

۴. مشخص کردن کاویتاسیون (گرداب)
۵. مشخص کردن سرعت فرار
۶. مشخص کردن قطع هد (P/T)
۷. تشخیص پایداری (سیکل پمپ P/T)
۸. تشخیص تاثیر کاویتاسیون بر ناپایداری
۹. مشخص کردن پالسهای فشاری
۱۰. ارزیابی هوای ورودی
۱۱. مشخص کردن بهترین مکان برای اجزای تشکیل دهنده توربین
۱۲. مشخص کردن تاثیر تغییر شکل در اجرا
۱۳. مشخص کردن تاثیر Draft tube
۱۴. ارزیابی اجرا از نظر سویل
۱۵. مشخص کردن اینکه آیا امکان استقرار مجرای شیر پروانه ای برای توربین و Draft tube برای پمپ ، نتایج خوبی به دست می دهد یا نه ؟
۱۶. نیروها و فونداسیون
۱۷. مشخص کردن نیروهای فشاری
۱۸. مشخص کردن نیروهای محوری
۱۹. مشخص کردن نیروهای شعاعی
۲۰. مشخص کردن گشتاور Wicket gate
۲۱. مشخص کردن گشتاور پره ای (در توربین کاپلان)
۲۲. ارزیابی توزیع جریان
۲۳. آزمایش ابزارهای پیشرفته تر
۲۴. مشخص کردن تلفات بوجود آمده
۲۵. ارتباط بین ابزارهای آزمایشی با اصلی

با استفاده از داده های تست مدل به انجام طراحی یکپارچه یا ۳ تکه توربین می پردازند که ریخته گری و ماشینکاری و جوشکاری براساس داده های طراحی و اجرای تست DT و NDT در مراحل مختلف و براساس استانداردهای بین المللی صورت می گیرد.

۳- خلاصه اقدامات انجام شده و در دست اقدام سازنده داخل

شرکت سازنده داخل براساس قرارداد فیما بین ساخت رانر واحد ۱ نیروگاه مارون ابتدا در بندر امام توسط دستگاه دیجیتال آنالیز و CMM رانر نقشه برداری گردید.

سپس بمنظور تهیه نقشه پره و موقعیت استقرار پره بر روی تاج ورینگ پائینی از روش نمونه برداری توسط مدل نگاتیو کامپوزیتی استفاده گردید. در مرحله بعد مدل پوزیتو پره همراه با قسمتهایی از تاج و رینگ پائینی درون مدل نگاتیو از کامپوزیت شکل گرفت. تهیه نقشه دقیق از مدل بدست آمده توسط دستگاه دیجیتال آنالایزر CMM نقشه برداری شد. دستگاه دیجیتال CMM از نوع پروب تماسی بوده که توان اسکن احجامی با ابعاد ۸ متر طول، ۲ متر عرض و ۲/۵ متر ارتفاع دارا میباشد. داده های بدست آمده از عملیات CMM توسط نرم افزار ابتدا به مدل سیمی (Wireframe) و سپس به مدل توپر (Solid) تبدیل گردید و نهایتاً نقشه سه بعدی رانر و اجزاء مختلف آن تهیه گردید.

براساس تجارب پروژه تحقیقاتی رانر نیروگاه دز، جنس آن مارتنزیتی با مارک Gx5CrNiM013-4 جایگزین گردید. از مزایا استفاده از این نوع فولاد میتوان مقاومت بسیار خوب در برابر خوردگی و پدیده کاویتاسیون و قابلیت ریخته گری و جوشکاری مناسب آن نام برد.

نهایتاً براساس تجارب بدست آمده از پروژه نیروگاه دز مدول قسمتهای مختلف قطعه، انقباض ریخته گری میزان اضافه تراش ماشین کاری سطوح مختلف سطوح جدایش مدل براساس نوع ماهیچه گذاری سیستم تغذیه گذاری و سیستم راهگاهی و طراحی جعبه ماهیچه و سایر ملزومات مدل انجام گرفت. مراحل تدوین مشخصات ذوب مارک فولاد مصرفی، درجه حرارت ریخته گری، نحوه فرمگیری مدل، نوع مواد مصرفی در قالب و ماهیچه ها، پوشش سطح قالب و چگونگی خشک کردن قالب، نحوه نصب مدل و ماهیچه ها و مبردگذاری و مراحل انجام ذوب ریزی و استفاده از مواد حرارت زا (اگزوترمیک) و مواد عایق (ایزوترمیک) براساس تجربه پروژه مذکور انجام پذیرفت.

بمنظور بررسی صحت تکنولوژی ریخته گری و بهینه نمودن آن انجام شبیه سازی کامپیوتری نحوه انجماد، منحنی های انجماد خطوط ایزوترمال سالیدوس و لیکوئیدوس ابزار مناسبی در تولید قطعات پیچیده صنعتی میباشد. در شبیه سازی ابتدا مدل سه بعدی قطعه تهیه شده و پس از تعیین شرایط مرزی معرفی خواص ذاتی فیزیک و شیمیایی مذاب و مواد قالب انواع تحلیل های مورد نیاز توسط روش المانهای محدود (Finite Element Method) انجام پذیرفت. نتایج حاصل از شبیه سازی ریخته گری و انجماد قبل از تولید قطعه چگونگی پیشرفت جبهه انجماد مورد نظر در حین تولید را نشان میدهد که مبین صحت و سلامت قطعه تولید شده خواهد بود. سپس نمودارهای عملیات حرارتی شامل عملیات حرارتی نرماله کردن و تنش زدایی تدوین میگردد و دستورالعمل جوشکار (WPS) مدون شد و اجرای کار این بخش به پارس ژنراتور واگذار گردید.

لذا نهایتاً سه قطعه ریخته گری جهت مراحل ماشینکاری و مونتاژ و بالانس به شرکت پارس ژنراتور منتقل گردید و عملیات زیر در آن شرکت منظور گردیده است.

- خشن تراشی سطوح جانبی و فوقانی تاج و ماشینکاری نهایی سطوح تحتانی آن
- خشن تراشی سطوح جانبی ، خارجی و تحتانی رینگ
- پائینی و ماشینکاری نهایی سطح جانبی داخلی آن
- پرداخت سطوح پره و آماده سازی پخ های جوشکاری (Gouging)
- نصب پره ها در موقعیت مناسب و جوشکاری پره ها به تاج و رینگ پایینی
- انجام عملیات حرارتی تنش زدایی جوشکاری
- انجام بالانس استاتیک مجموعه مونتاژی رانر

لازم به توضیح است بعضی عملیاتهای فوق از جمله خشن تراشی و ماشینکاری Crown و bond انجام گرفته است.

تست و بازرسی مراحل ساخت که شرکت سازنده مدنظر قرار داده است به شرح زیر می باشد:

۴- بازرسی مدل و متعلقات آن

- بازرسی های حین فرایند قالب گیری و ریخته گری : مهمترین مرحله که مشاور شرکت نداشته و براساس تجارب آن شرکت انجام گرفته است.
- تعیین آنالیز شیمیایی و دمای مذاب مصرف : آنالیز شیمیایی مشابه با پروژه دز بوده است.
 - تست های تعیین خواص مکانیکی و سختی سنجی : انجام نگرفت
 - تست های اندازه های ابعادی خشن تراشی : تحت نظارت مشاور انجام نگرفته است
 - تست های غیرمخرب (NDT) قطعات (MT , UT) : فقط تست UT انجام گرفته است.
 - تست جوشکاران (PQR) : هنوز انجام نگرفته است.
 - تست های غیرمخرب سطوح جوشکاری شده : هنوز انجام نگرفته است.
 - بررسی حساسیت قطعه به توازن : هنوز انجام نگرفته است.
 - بازرسی و نظارت بر بسته بندی و حمل : هنوز انجام نگرفته است.
- بدلیل در نظر گرفتن این قطعه بصورت یدکی مقرر گردید پیمانکار نسبت به انجام تست دینامیکی اقدام نمائید .

ضمناً رانر یدکی دز نیز بدون تست دینامیکی تحویل گردید که تاکنون مورد تست واحد قرار نگرفته است.

- ۱- ساخت یک قطعه از طراحی شروع میگردد چنانچه هدف انتقال تکنولوژی اجرای مکانیسم مهندسی معکوس مورد نظر بوده است در یک مکانیسم برگشتی داده ها طراحی ارائه می گردید و کلیه عملیات در فرآیند ساخت مستلزم ارائه داده طراحی و اجرای تست های تحویل گیری میباشد. قطعاً انتخاب بخشی از حساس ترین مرحله ساخت که مستلزم انتخاب استراتژی مناسب وپیش زمینه های لازم است ، بدون نظارت شرکتهای سازنده با تجربه میتواند پروژه ریسک فنی و انتقال تکنولوژی را با مشکل مواجه سازد.
- ۲- یکی از عرضه ها ی مهم تکنولوژی انتخاب و تهیه مواد اولیه قطعات است که با عملیات ریخته گری یا فورجینگ قطعات ساخته میشود و در هر زمینه نیز به تجارب و همچنین هماهنگی با بخش فنی دیگر طراحی را دارد ضمناً در مرحله ماشینکاری نیز ملاحظات ویژه ای لازم است. سازندگان تجهیزات اصلی جهت اطمینان از کیفیت کنترل بخش های کار و تسریع در زمان با تقسیم کار بین سازندگان جزء و ارائه جدول داده به چک لیست طراحی و آزمایشات تحویل گیری با ارائه زمانبندی دقیق مراحل ساخت شروع میگردد.
- ۳- شناسائی گلوگاه در مسیر و فرایند ساخت داخل اهمیت زیادی را دارد. فرایند ساخت قطعات نیروگاهی از بخش طراحی ، تامین مواد ، ریخته گری ، فورجینگ ، جوشکاری ، ماشینکاری و مونتاژ که در هر مرحله نیازمند داده ها طراحی مناسب و انجام تست ها DT و NDT میباشد. در کشورهای اروپایی به دلیل بالا بودن هزینه های آزمایش، عملاً تست های DT و NDT را محدود و ساخت قطعات متکی بر تجارب سازندگان است.
- ۴- در جائیکه انتقال تکنولوژی مطرح است انجام تست های تکمیلی و استفاده او افراد مجرب میتوان کمک شناسائی زیادی به گلوگاه انتقال تکنولوژی را بنماید. بخصوص حضور سوپروایزرهای خارجی و یا استفاده از استانداردهای کیفی سازندگان معتبر که این موضوع در این پروژه محسوس و از یکسو نیازمند یک برنامه مدون ات.
- ۵- روش پیشنهاد اصولی ساخت رانر با استفاده از تجارب طراحی و ساخت سازندگان معتبر و بین المللی و شناسائی گلوگاه ها انتقال تکنولوژی در کنار تجارب داخلی میتواند منابع مطمئن جهت ساخت داخل باشد. در این راستا میتوان به شرکت هاربین چین اشاره کرد، با تصحیح خط مشی در ساخت قطعات نیروگاهی توانسته موفقیت نسبی خود را در بازار حفظ نماید.

۶- از آنجائیکه تست مدل و استخراج منحنی Hill تضمین سازنده جهت تست کارآئی توربین است، لذا قطعه ساخته شده داده های تست مدل را بایستی تضمین نمایید. لذا بخشی از فرآیند نمیتوان به تجاری سازی آن کمک بنمایید.

۷- نهایتاً در تولید انتقال تکنولوژی بایستی تلاش در ساختاردهی انتقال تکنولوژی نمود و طی آن مراحل امکان پذیری و تعریف پروژه - ارزیابی و انتخاب - کسب - انطباق و توسعه را با توجه به بسترها و محدودیت های داخلی و خارجی بررسی نموده و با اتخاذ روش مناسب سعی در رسیدن به اهداف پروژه نمود.

۸- انتخاب بخشی از فرایند ساخت داخل رانر اگر منتهی به فرآیند ساخت مطابق الگوریتم فوق نباشد، علاوه بر مشکلات تجاری سازی، مشکلات حقوقی و توسعه ارتقاء آن و تجهیزات جانبی نیز وجود دارد.

۹- شناسایی نقاط ضعف و قوت قطعات اصلی نیروگاه نیازمند یک طرح بازنگری جامع دارد و هرگونه تعجیل میتواند ساخت داخل این قطعات را از مسیر اصلی منحرف کند.

۱۰- شبیه سازی فرآیندها اگرچه درپیش بینی عملکردوانتقال تکنولوژی تاثیر به سزای دارد ولی اگر متکی بر تجربه وامکانات آزمایشگاهی نباشد و پیونده زنده باساخت نداشته باشد توسعه و تجاری سازی تکنولوژی میسر نخواهد شد

منابع و مراجع:

- ۱- گزارشات شرکت نیر پارس و سایافولاد سال ۸۲
- ۲- گزارش فنی سایافولاد در سال ۸۳
- ۳- مقاله دانش فنی تولید هسته مرکزی توربین های آبی کنفرانس ملی نیروگاههای ۱۳۸۲
- ۴- ASME Guide- Hydropowe Plant Mechanical Design.
- ۵- آشنایی با فرآیند های ساخت و تولید دانشگاه امام حسین تالیف مهندس حجت اله عالی سال

۸۱

۶- US Army Corps Engineers Hydroelectric Power Plant Mechanical Design