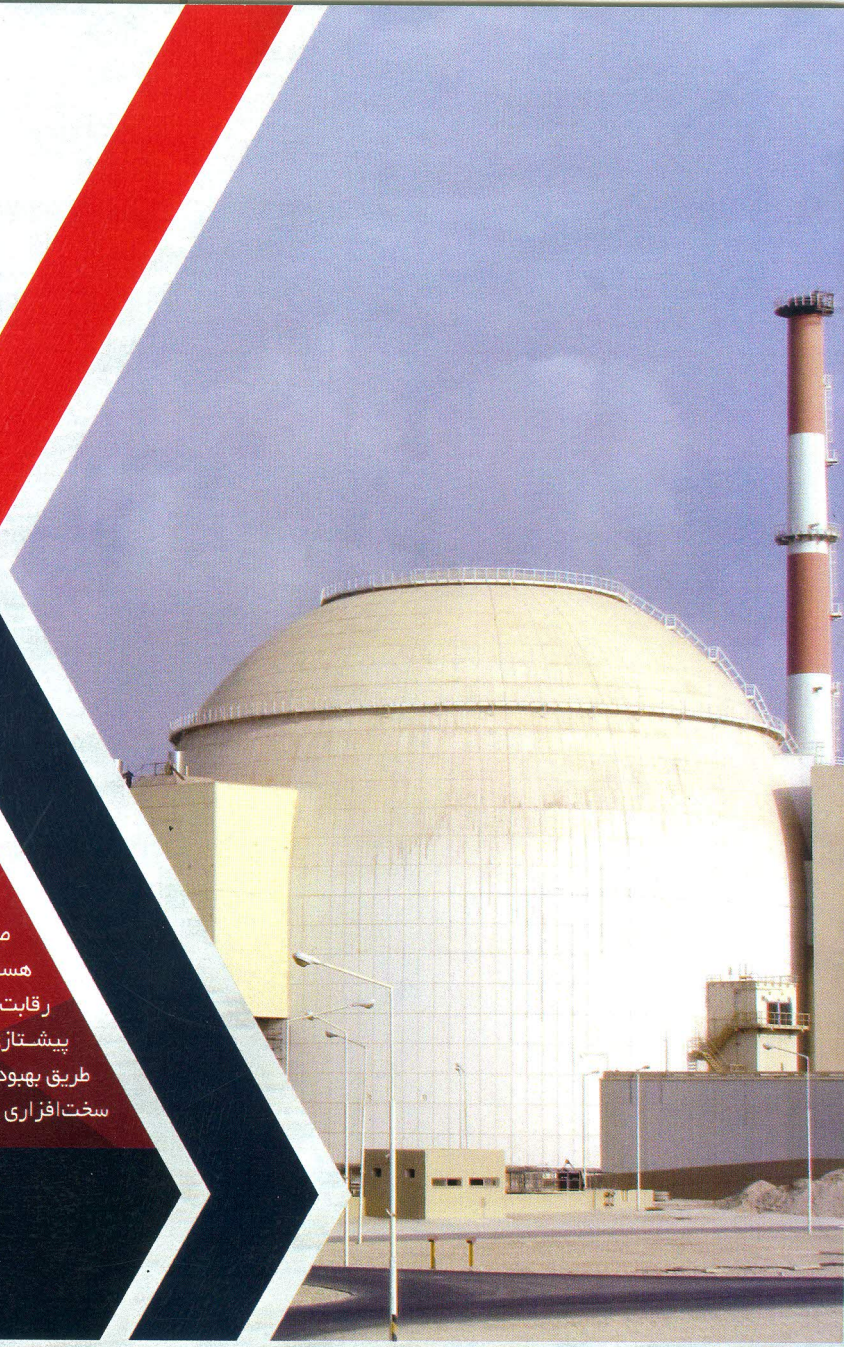
NPPD

شرکت مادر تخصصی
تولید و توسعه انرژی اتمی ایران

بومی‌سازی تجهیزات
نیروگاه‌های هسته‌ای

شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران به عنوان متولی توسعه نیروگاه‌های اتمی، علاوه بر مطالعه، احداث، راه‌اندازی، بهره‌برداری و از کار اندازی نیروگاه‌های هسته‌ای، مسئولیت بومی‌سازی صنعت هسته‌ای با بهره‌گیری از تجربه واحد یکم نیروگاه بوشهر و همچنین توان علمی و صنعتی داخلی را نیز به عهده دارد. این مجموعه مصمم است تا با استفاده حداکثری از توان و تخصص نیروهای داخلی، بسترهای لازم جهت طراحی و ساخت تجهیزات و قطعات اصلی مورد نیاز این صنعت را در کشور مهیا و ایجاد نماید. با ارائه نیازمندی‌های صنعت هسته‌ای به صنایع داخلی، علاوه بر جلب توجه مشارکت‌کنندگان، رقابت مثبت و سازنده در صنایع داخلی بوجود آورده و با ایجاد انگیزه پیشتازی در شاخه‌های مختلف کاری و حرفه‌ای، موتور حرکت و توسعه از طریق بهبود فعالیت‌های تحقیقاتی و پژوهشی، توسعه امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری را در دو حوزه ساخت و آزمون ارتقاء دهد.



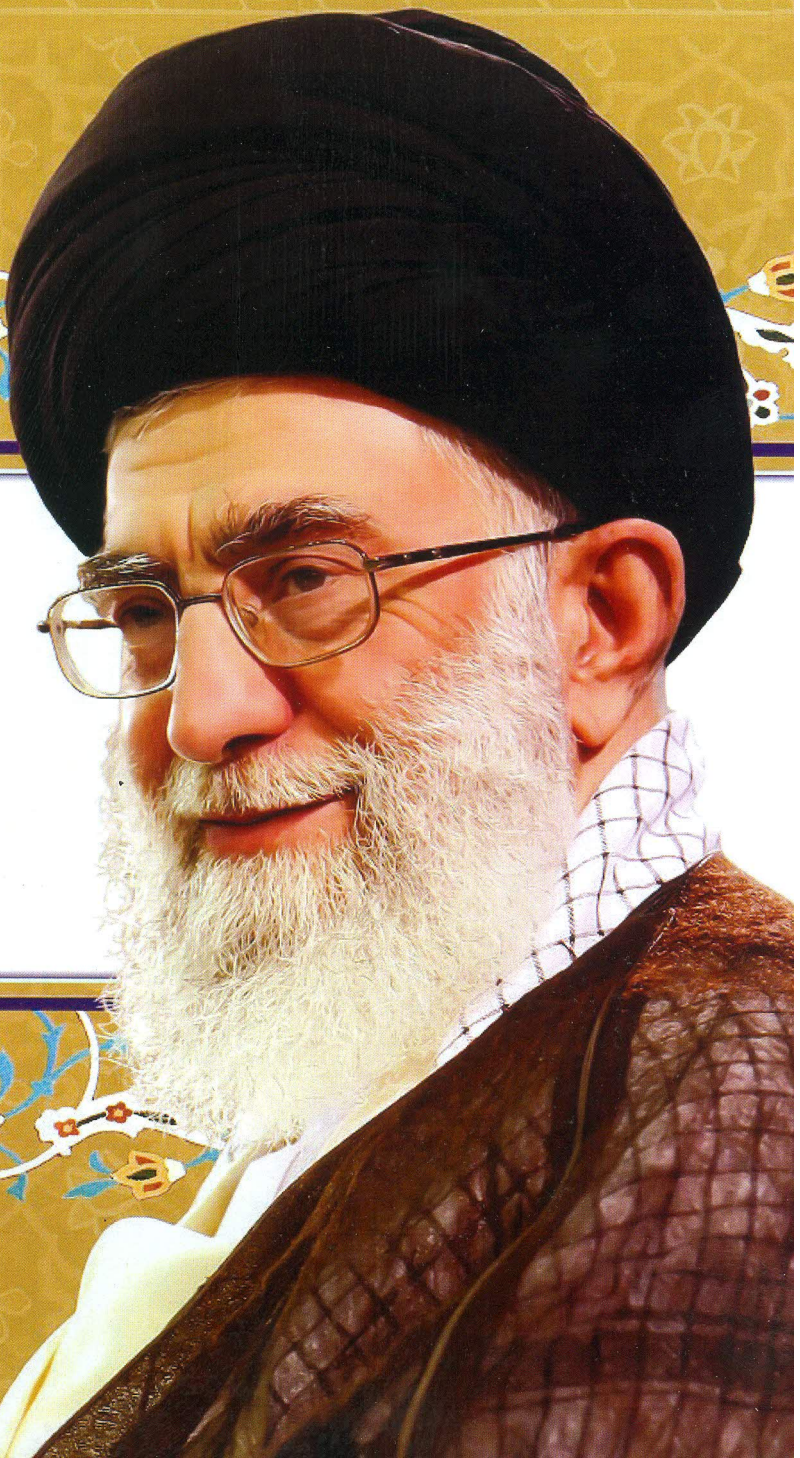
۱۳۹۵

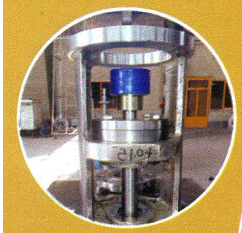
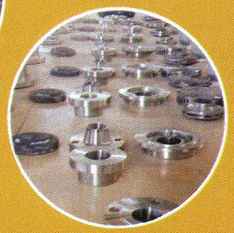
تقویت تولید داخلی

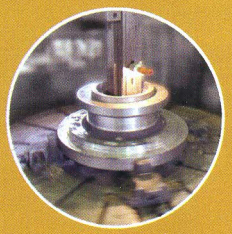
اقدام و عمل، محور اقتصاد مقاومتی

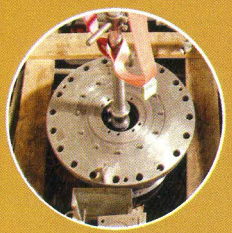
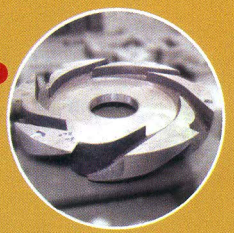
حل مشکل کود — رفع بیکاری

مهار گرانی

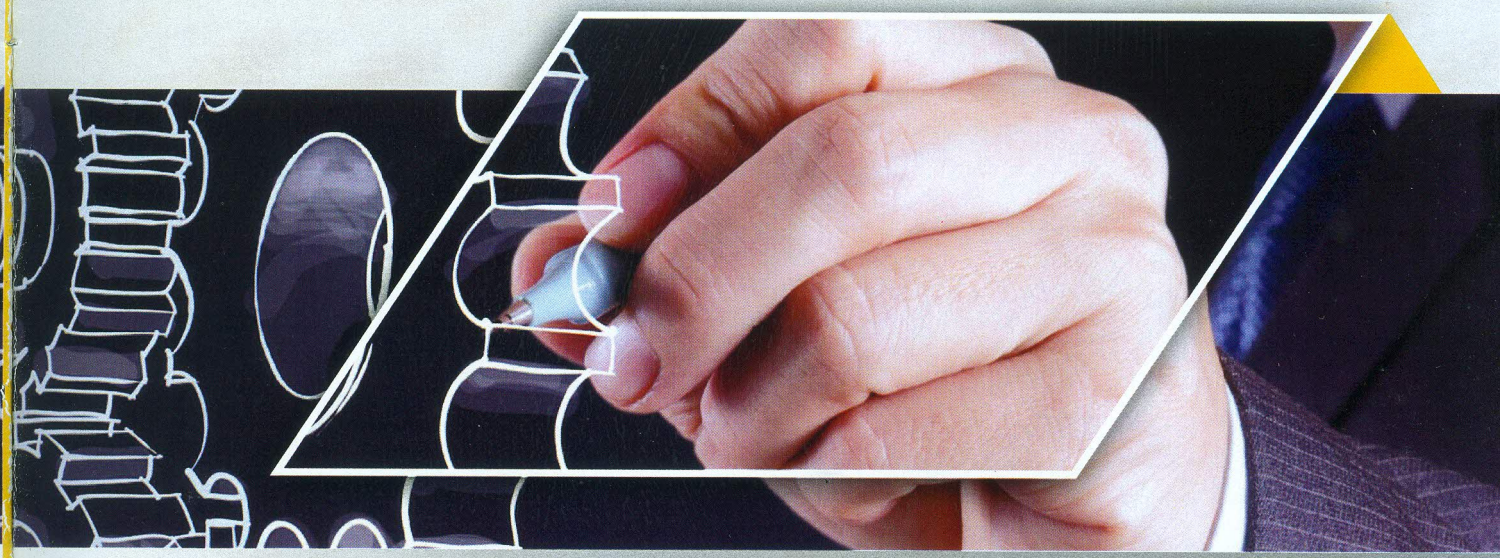




فعالیت‌های بومی‌سازی



شرکت با الگو قراردادن نیروگاه اتمی بوشهر به عنوان نیروگاه تیپ آب تحت فشار هزار مگاواتی، اقدام به تعریف طرح‌های مورد نیاز و سپس اجرایی کردن آن‌ها، مانند بومی‌سازی نموده است. این فرآیند از طریق به خدمت‌گیری مشاوران مهندسی، پیمانکاران مدیریت پروژه، سازندگان و تأمین‌کنندگان بالقوه و بالفعل، مراکز تحقیقاتی و پژوهشی و دانشگاه‌ها انجام پذیرفته است.

در راستای فعالیت‌های بومی‌سازی در شاخه مطالعات نیازسنجی و امکان‌سنجی، در سال گذشته سازنده‌های توانمند داخلی در قالب ده گروه از تجهیزات شناسایی و مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین واگذاری اجرای بخشی از طرح‌ها بدلیل ماهیت تحقیقاتی آن‌ها به مراکز دانشگاهی در دستور کار قرار دارد.

علاوه بر مطالعات نیازسنجی و امکان‌سنجی، در قسمت فعالیت‌های طراحی، ساخت و آزمون تجهیزات در داخل کشور و افزایش مشارکت صنایع داخلی در این زمینه، با هدف تامین نیاز واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر به تجهیزات، قسمتی از پروژه‌های ساخت تجهیزات تعریف می‌شود. این طرح‌ها ممکن است بر اساس ضرورت نیاز در طول سال افزایش یافته و برای اجرای آن برنامه‌ریزی شود.

روند فعالیت‌های بومی سازی در مهندسی، طراحی، ساخت و آزمون تجهیزات

فعالیت‌های بومی‌سازی ساخت تجهیزات در شرکت تولید و توسعه در طی فازهای مختلفی انجام می‌پذیرد: در فاز اول، مطالعات نیازسنجی انجام می‌پذیرد که گزارش حاصله میزان نیاز نیروگاه، میزان مصرف کشور و محدوده‌های تولید بر اساس الزامات و استانداردها را تعیین می‌نماید.

در فاز دوم، مطالعات امکان سنجی گزارش توجیهی فنی و اقتصادی تهیه می‌شود. در این فاز مشخصات فنی و فناوری ساخت تجهیزات، بررسی امکان تامین تجهیزات و انتقال دانش فنی ساخت تجهیزات، بررسی توانمندی صنایع داخلی و آزمایشگاه‌های کشور و امکان مشارکت آن‌ها، بررسی اقتصادی و مالی، ارائه راهکار اجرایی تامین تجهیزات مورد نظر و پیشنهاد اولویت‌های سرمایه گذاری در ساخت و آزمون تجهیزات تهیه می‌گردد. در فاز سوم طراحی، شبیه‌سازی و ساخت نمونه اولیه تجهیز توسط صنایع منتخب انجام می‌پذیرد که در این مرحله آزمون‌های مختلف جهت ارزیابی عملکرد تجهیز به عمل می‌آید و در نهایت مجوزهای لازم برای بکارگیری تجهیز در نیروگاه اخذ می‌گردد. در ادامه به بررسی برخی از پروژه‌های بومی سازی که در داخل کشور توسط مدیریت بومی‌سازی شرکت مادر تخصصی تولید و توسعه انرژی اتمی ایران انجام گرفته، پرداخته خواهد شد.

جدول فعالیت‌های صورت گرفته و در حال انجام مدیریت بومی‌سازی در حوزه تجهیزات

ردیف	نمونه تجهیز	فعالیت‌های انجام گرفته در گذشته	فعالیت‌های اخیر و در حال انجام
۱	ساخت و تامین قطعات یدکی دوره چهارساله به موازات الحاقیه‌های قرارداد واحد یک نیروگاه	–	در حال تهیه طرح و برنامه
۲	ساخت و تامین قطعات و تجهیزات انتگراسیونی به موازات الحاقیه‌های قرارداد واحد یک نیروگاه	–	در حال تهیه طرح و برنامه
۳	طراحی، ساخت و آزمون قطعات یدکی پمپ RM	تصویب طرح جهت انجام	مطالعات مهندسی، طراحی، ساخت و آزمون
۴	مطالعات مهندسی، ابعادبرداری و تهیه مدارک فنی قطعات یدکی چیلرهای VS	تصویب طرح جهت انجام	ابعادبرداری، مطالعات مهندسی و تدوین مدارک فنی کلیه قطعات
۵	طراحی، ساخت و آزمون ۹ قطعه از قطعات یدکی چیلرهای خنک‌کننده نیروگاه UF	تصویب طرح جهت انجام	مطالعات مهندسی، طراحی، ساخت و آزمون
۶	مطالعات مهندسی ساخت و آزمون محفظه‌های سوخت دو منظوره	تصویب طرح جهت انجام	مطالعات مهندسی و امکان‌سنجی ساخت و آزمون
۷	طراحی، ساخت و آزمون محفظه‌های NFMC	مطالعات مهندسی و ابعادبرداری	طراحی، ساخت و آزمون
۸	طراحی، ساخت و آزمون شیرهای فشار قوی بیلوزدار ابزار دقیق	مطالعات مهندسی و طراحی	ساخت، آزمون‌های کارخانه‌ای و عملکردی
۹	طراحی، ساخت و آزمون پره‌های پمپ‌های VF	مطالعات مهندسی و طراحی	ساخت، آزمون‌های کارخانه‌ای و عملکردی
۱۰	طراحی، ساخت و آزمون توپک‌های تمیز کننده سیستم‌های خنک‌کننده نیروگاه	مطالعات مهندسی و آنالیزهای مربوطه	فازهای بعدی مطالعاتی، طراحی، ساخت و آزمون
۱۱	پمپ RG نیروگاه اتمی بوشهر و قطعات یدکی	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	نصب و راه‌اندازی و در حال کار در نیروگاه
۱۲	دیسک‌های اسپری دیراتور نیروگاه بوشهر	مطالعات مهندسی و طراحی	تهیه برنامه کنترل کیفی و زمان‌بندی ساخت و آزمون
۱۳	محفظه‌های پسمان رادیواکتیو TT و TQ	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	در حال استفاده در نیروگاه/ بدلیل نیاز مستمر نیروگاه این فعالیت ادامه دارد
۱۴	پمپ‌های TZ تخلیه ساختمان‌های هسته‌ای	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	آماده برای استفاده در نیروگاه
۱۵	فن محوری KW ۱/۱	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	–
۱۶	نمونه شیر کلاس دو ایمنی ۱۱ مگا پاسکال Wedge Gate Valve	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	–
۱۷	نمونه شیر کلاس سه ایمنی ۸/۶ مگا پاسکال Throttle Control Valve	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	–
۱۸	نمونه شیر کلاس سه ایمنی ۴ مگا پاسکال Shutoff Bellows Globe Valve	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	–
۱۹	نمونه شیر کلاس سه ایمنی ۲/۵ مگا پاسکال Shutoff Bellows Globe Valve	طراحی، ساخت و آزمون، تحویل به نیروگاه	–

طراحی، ساخت و آزمون پمپ RG مورد نیاز واحد اول نیروگاه اتمی بوشهر

پمپ‌های آب کندانس دمای بالا مربوط به سیستم RG نیروگاه اتمی بوشهر از دسته پمپ‌های بزرگ نیروگاه با توان ۲۷۰ کیلووات، دبی ۶۵۰ متر مکعب بر ساعت، کلاس ایمنی ۳N/C و با سرعت ۱۴۹۰ دور بر دقیقه می‌باشند. از این نوع پمپ به تعداد سه عدد ساخت کشور اوکراین در نیروگاه موجود می‌باشد. این پمپ وظیفه انتقال آب کندانس شده به دیراتور اصلی (مخزن عظیم هوازدا) نیروگاه را عهده‌دار هستند. حجم زیادی از آب ورودی به مولدهای بخار از این طریق تامین می‌شود، به نحوی که از قدرت ۳۰ درصد به بالا، یک پمپ RG و از قدرت ۷۰ درصد به بالا، دو پمپ RG باید در مدار دوم فعال باشند. پیرو پیگیری‌های بعمل آمده از پیمانکار اصلی روس و پیمانکار فرعی اوکراینی و عدم توافق همکاری ایشان، در بهمن ماه ۹۳ قراردادی با یک شرکت داخلی مهندسی و سازنده پمپ برای طراحی، ساخت و آزمون یک مجموعه کامل داخلی این پمپ، با کارفرمایی مدیریت بومی‌سازی شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران نهایی گردید. ساخت این نوع پمپ کندانس دمای بالا برای اولین بار در داخل کشور و با هزینه یک چهارم قیمت نمونه خارجی انجام گرفت.

مشخصات پمپ RG

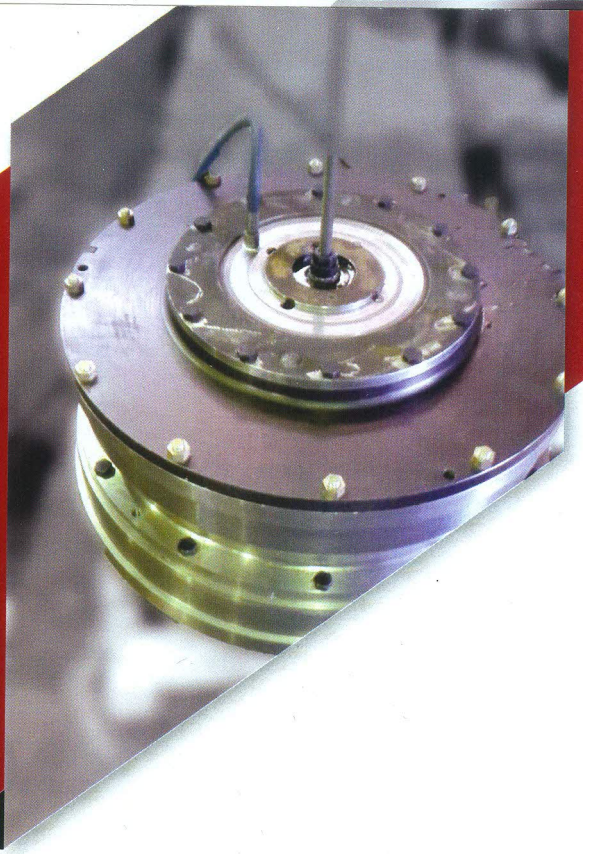
توان پمپ	۲۷۰KW
جنس اجزا اصلی	Anti-Corrosive Martensitic Steel
وزن پمپ	۵۱۰۰kg
دبی طراحی پمپ	۶۵۰ (m^3/h)
هد طراحی پمپ	۱۳۵ (m)
نوع پمپ	vertical multistage
کلاس ایمنی	۳ N/C
کلاس زلزله	IIb
دمای طراحی	۱۹۰ (C^o)
نوع آب بندی	mechanical seal
خنک کاری یاتاقان	oil submerged
سرعت دوران	۱۴۹۰ rpm
بازدهی	۷۶ درصد
کمترین زمان تا overhaul	۳۵۵۰۰h

روند طراحی و ساخت پمپ RG

در مرحله اول از اجرای فعالیت‌های ساخت پمپ طراحی مکانیکال و تعیین معیارها صورت گرفت که دستورالعمل طراحی و معیارهای پذیرش بر اساس استانداردهای PNAEG ۷/۰۰۲ و PNAEG ۷/۰۰۸ که مرجع اصلی طراحی و ساخت در نیروگاه‌های اتمی می‌باشند برای این تجهیز خاص تدوین گردید. تعیین مشخصه فنی مواد با آنالیز شیمیایی و مکانیکی روی قطعات تخریبی و انجام فعالیت‌های مهندسی بر اساس پمپ‌های مشابه و بر اساس استاندارد API610 جهت مشخص شدن معیارهای خرید مواد، شکل‌دهی و ریخته‌گری برای قطعات در قالب یک مدرک مشخصات فنی مواد تدوین و تایید گردید. با بررسی دقیق این قطعات و ارزیابی پمپ‌های مشابه فهرست قطعات برای این تجهیز مشتمل بر بیش از ۲۵۰ قطعه مشخص و با مشخصه فنی مواد مورد تطبیق قرار گرفت. سپس عملیات نقشه‌برداری و ابعاد برداری از تمامی قطعات داخلی و طراحی مجدد انجام شد. خروجی این عملیات نقشه‌های سه‌بعدی قطعات و مدارک کارخانه‌ای برای این تجهیز بود. عملیات تجزیه و تحلیل مکانیکی و محاسبات جامداتی مربوطه در سرویس‌های مختلف بهره‌برداری شامل بهره‌برداری نرمال، زلزله، ارتعاشات، خستگی و حوادث اضطراری به صورت محاسبات پایه و تحلیل‌های نرم‌افزاری با ANSYS صورت پذیرفت.

تغییرات مناسب برای رفع مشکل موجود با تغییر طراحی در قطعه Approach انجام شد. تدوین برنامه‌های کنترلی و کنترل ورودی مواد خام صورت گرفت. در آغاز مراحل ساخت، مدل سازی برای قطعات ریخته‌گری و تهیه مدلهای CMM دقیق برای قطعات تراشکاری صورت پذیرفت. عملیات ریخته‌گری طبق استاندارد GOST برای فولادهای این پمپ که عموماً از فولادهای مارتنزیتی ضد خوردگی بودند، با دقت مد نظر استاندارد مرجع انجام گرفت. برای حصول اطمینان از کیفیت خواص مکانیکی و شیمیایی قطعات ریخته‌گری نمونه‌های مرجعی از همان ذوب مورد نظر تهیه و آزمایش‌های مخرب مذکور روی آن‌ها صورت پذیرفت.

عملیات حرارتی با توجه به حساسیت قطعات در کوره اتمسفر نیتروژن جهت جلوگیری از اکسیداسیون دمای بالای مواد انجام پذیرفت. جهت سردکردن قطعات محوری مانند شفت از حوضچه‌های عمودی جهت جلوگیری از اعوجاج استفاده گردید. در مرحله اول عملیات Annealing در دمای C° ۹۵۰ صورت پذیرفت. بین مراحل اول و دوم عملیات حرارتی، فرآیند خشن تراشی قطعات انجام گرفت. عملیات سختی سازی در دمای C° ۱۰۶۰ با خنک کاری روغن و سپس عملیات بازپخت در دمای C° ۷۶۰ انجام گرفت. فرآیند خشن تراشی پس از annealing و قبل از خشن‌تراشی توسط عملیات حرارتی صورت پذیرفت. سایر عملیات تراش، برش و پرداخت پس از اتمام عملیات حرارتی جهت حصول ابعاد دقیق انجام پذیرفت.



جهت حصول اطمینان از کیفیت سطحی فرآیند کنترل کیفی با آزمون نفوذی و کیفیت قطعات آزمون‌های غیر مخرب اولتراسونیک بر روی قطعات صورت گرفت. آزمون سختی و هیدرولیکی قطعات تحت فشار سیلندری و محفظه‌ای مطابق استاندارد PNAEG انجام شد. آزمون‌ها با حضور نمایندگان کارفرما مورد تایید قرار گرفت. آزمون بالانس دینامیکی روتور با توجه به چند مرحله‌ای بودن این پمپ علاوه بر بالانسینگ قطعات به صورت مجزا، برای کل مجموعه نیز طبق استاندارد GOST انجام پذیرفت. معیار استانداردی این آزمون استاندارد ISO ۱۹۴۰ بوده و توسط شرکت بازرسی شخص ثالث به صورت مستقل انجام پذیرفت. آزمونهای مخرب مکانیکال و شیمیایی هم از نمونه‌های مرجع انجام پذیرفتند. تمامی قطعات تنها در صورتی قابل پذیرش هستند، که معیارهای استانداردی را برآورده نمایند. با توجه به مشکلات پروژه و معیوب شدن بسیاری از قطعات، ساخت قطعاتی نظیر کوپلینگ، ضربه‌گیرها، پیچ و مهره و اتصالات با طی کردن تمامی فرآیندهای فوق الذکر و پوششکاری کرم کادمیم طبق استاندارد GOST صورت پذیرفت و آزمون‌های مورد لزوم مخرب و غیر مخرب در این زمینه انجام گرفت.

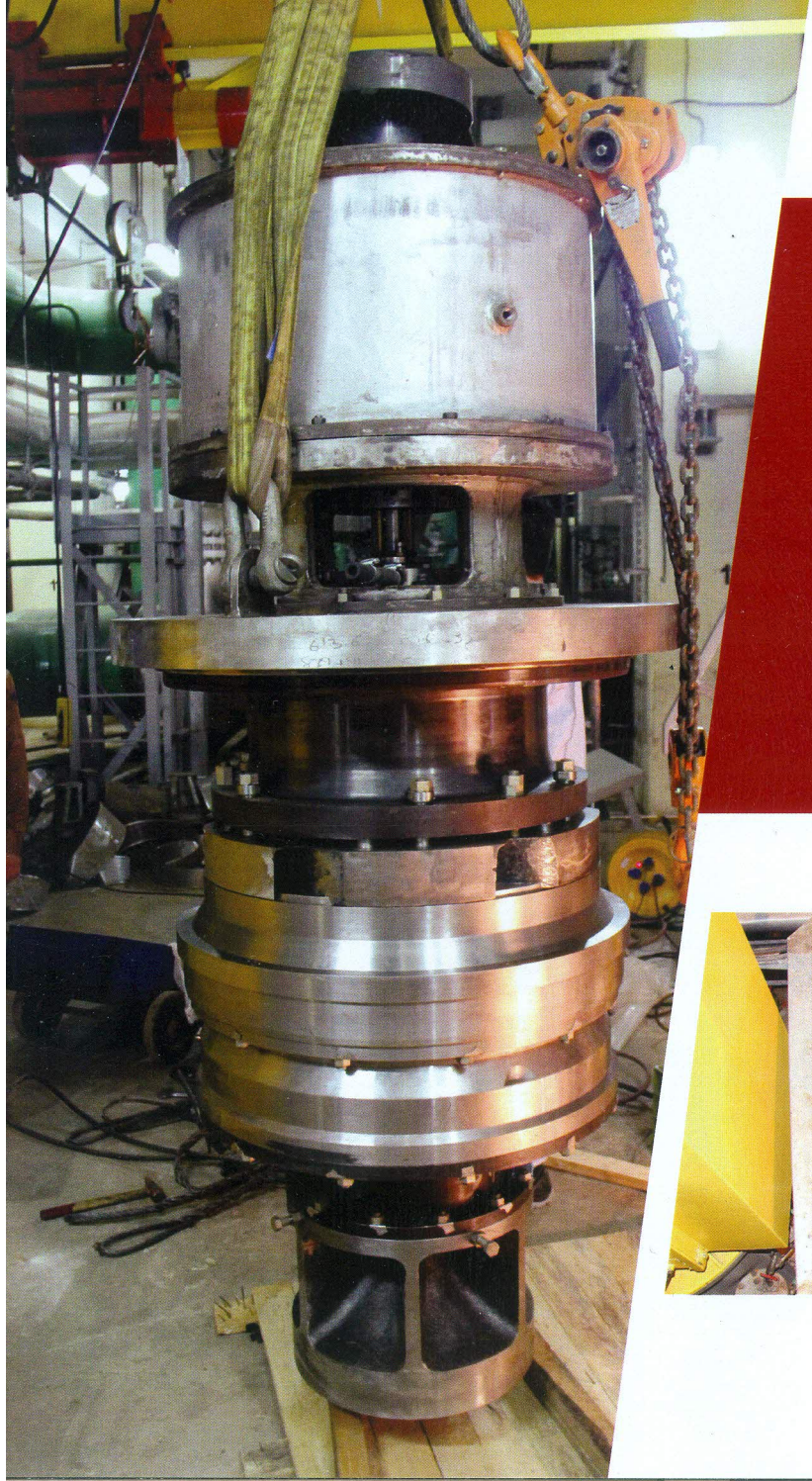
پس از طی شدن تمامی آزمون‌های کارخانه‌ای عملیات نصب و اسمبلی مجموعه روتور و مجموعه استاتیکی پمپ، با نظارت نمایندگان کارفرما صورت‌پذیرفت.

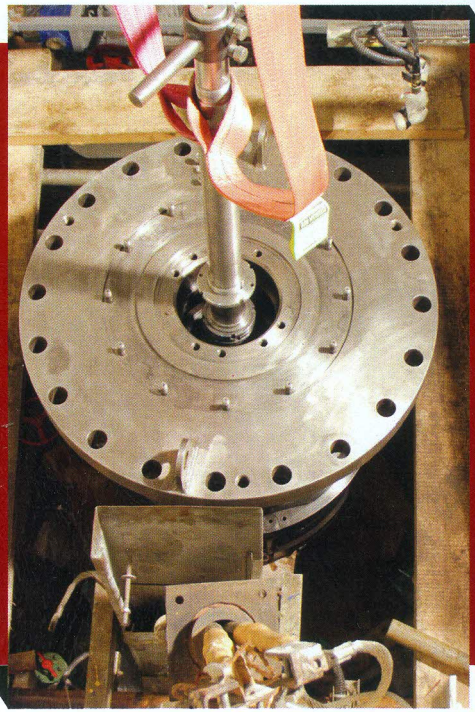
نصب این پمپ پس از گذراندن تمامی مراحل در محل با همکاری شرکت بهره‌برداری نیروگاه بوشهر و شرکت تپنا و در حین تعمیرات دوره‌ای سال ۹۴ انجام شد.

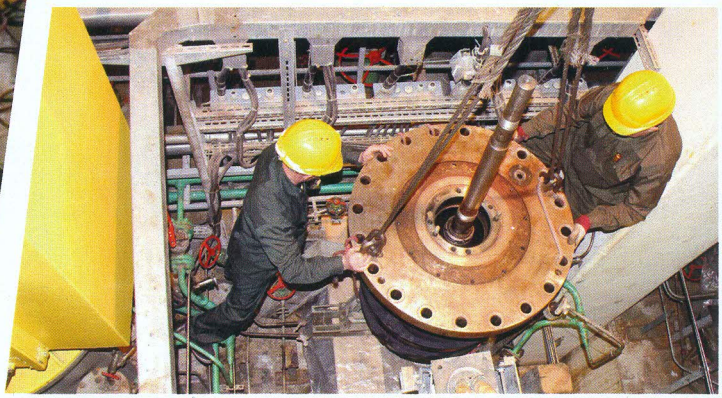
پس از انجام عملیات نصب، آزمون‌های راه‌اندازی طبق دستورالعمل با جزییاتی که در این راستا تهیه گردیده بود، با همکاری واحد تولید و مدیریت توربین در نیروگاه بوشهر مشتمل بر آزمون‌های ذیل با موفقیت صورت‌پذیرفت:

Visual examination
Proper earthing check
Testing the electric motor stator winding insulation resistance
Complement check
Pump unit performance check (running-in)
Check of gland seal outward leakage amount
Check of discharge and power characteristics
Vibration characteristic check
Acoustic characteristic check

در نهایت تمامی عملیات راه‌اندازی نیروگاه در سال ۹۴ از قدرت ۳۰ درصد به ۱۰۰ درصد با این پمپ جهت حصول اطمینان از بازه کاری مناسب این تجهیز صورت پذیرفت. تمامی مستندات تکنولوژی طراحی، ساخت و آزمون تدوین و در قالب مجموعه مدارک فنی نهایی به کارفرما تحویل گردید.







طراحی، ساخت و آزمون پمپ‌های سیستم TZ مورد نیاز واحد اول نیروگاه اتمی بوشهر

در راستای بومی‌سازی و توسعه ساخت داخل تجهیزات نیروگاه هسته‌ای، ساخت پمپ‌های سیستم TZ به عنوان یکی از طرح‌های بومی‌سازی به صورت رسمی در اردیبهشت ماه سال ۹۳ آغاز گردید. هدف سیستم TZ جمع‌آوری پساب‌ها، آب‌های ریخته شده بر روی کف مکان‌ها، نشتی‌های غیرسازمان یافته در بخش راکتور جهت تصفیه بعدی و جلوگیری از ورود مواد پرتوزا به محیط زیست می‌باشد. پمپ‌های سیستم TZ از نوع گریز از مرکز، تک مرحله‌ای و دارای کلاس ۳ ایمنی و گروه ۲ زلزله (مطابق استانداردهای مرجع اشاره شده در جدول ذیل می‌باشد و بر این اساس، تامین مواد اولیه، طراحی و ساخت و آزمون این تجهیزات مطابق استانداردهای مرجع هسته‌ای انجام گرفته است. هدف از تعریف و اجرای این طرح، طراحی، ساخت و آزمون و تهیه مدارک فنی مورد نیاز مربوط به پمپهای سیستم TZ ساختمان ZB نیروگاه اتمی بوشهر، شامل پمپ‌های TZ، به همراه اخذ مجوزهای لازم از شرکت بهره‌برداری و نظام ایمنی هسته‌ای بود. اجرای طرح بر اساس روند تشریفات مناقصه و انجام ارزیابی‌های لازم توسط پیمانکار اصلی طرح (شرکت ستنا)، به یکی از سازندگان داخلی محول گردید و با کارفرمایی مدیریت بومی‌سازی شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران و بر اساس شرح خدمات مصوب و با هماهنگی نماینده فنی نیروگاه اتمی بوشهر با هدف رفع نقاط ضعف پمپ‌های قبلی شروع شد. عملیات ساخت پمپ مطابق برنامه کنترل کیفیت به سه بخش تهیه مدارک مهندسی، تامین و ساخت تقسیم شد. نظارت بر این مراحل از جمله آزمون‌های هیدرواستاتیک قطعات تحت فشار پمپ‌ها، آزمون‌های عملکردی پمپ‌ها و قطعات یدکی مربوطه با تعیین نقاط کنترلی و مطابق دستورالعمل مصوب و با حضور نماینده نظام ایمنی هسته‌ای کشور، نمایندگان فنی نیروگاه اتمی بوشهر و شرکت تولید و توسعه و ستنا در محل شرکت سازنده انجام پذیرفت و مورد تایید قرار گرفت. سرانجام تعداد ۹ عدد پمپ ساخته شده به همراه قطعات یدکی و مدارک فنی تجهیز، در اسفندماه ماه ۱۳۹۴ به نیروگاه اتمی بوشهر ارسال و با انجام عملیات کنترل ورودی تحویل نیروگاه اتمی بوشهر گردید. طبقه‌بندی استاندارد پمپ‌های ساخته شده مطابق جدول یک و مشخصات فنی آن‌ها در جدول زیر ارائه گردیده‌اند.

مشخصات استانداردی			
ردیف	نوع طبقه بندی	مقدار/نوع	استاندارد
۱.	کلاس ایمنی	۳H	PNAEG-۱-۰۱۱-۹۷
۲.	دسته‌بندی زلزله	II	PNAEG ۵-۰۰۶-۸۷
۳.	دسته‌بندی تجهیز	C	PNAEG ۷-۰۰۸-۸۹
۴.	دسته‌بندی جوشکاری و NDT	IIIC	PNAEG ۷-۰۱۰-۸۹ PNAEG ۷-۰۰۹-۸۹

اهمیت و تفاوت ساخت این پمپ در نیروگاه اتمی با صنایع دیگر از ویژگی‌های اصلی تجهیزات مورد استفاده در نیروگاه‌های هسته‌ای، کارکرد صحیح و مطمئن آن‌ها و تامین ایمنی نیروگاه می‌باشد. با توجه به شرایط خاص کارکرد تجهیزات در نیروگاه‌های هسته‌ای مانند قرارگرفتن در تابش اشعه‌های نوترونی، گاما و تماس مستقیم با مواد رادیواکتیو، نحوه و کیفیت ساخت این تجهیزات دارای اهمیت بالایی است. لذا در کلیه کشورهای صاحب تکنولوژی هسته‌ای، استانداردها و الزامات خاصی جهت طراحی، ساخت و آزمون تجهیزات نیروگاه‌های هسته‌ای تدوین گردیده است. تفاوت اصلی تجهیزات مورد استفاده در نیروگاه‌های هسته‌ای نسبت به دیگر مراکز صنعتی، الزامات سختگیرانه در تامین مواد اولیه، طراحی، ساخت و آزمون این تجهیزات می‌باشد. الزامات کیفی در مراحل طراحی و ساخت اجزای نیروگاه اتمی مطابق کلاس‌های ایمنی و نحوه حصول آن‌ها در مدارک مرجع آورده شده و بر این اساس کلاس ایمنی بالاتر می‌بایست دارای الزامات کیفی بالاتری در این خصوص باشد. به این طریق تجهیزات در نیروگاه اتمی بوشهر نیز، مطابق استانداردهای روسی، بر اساس میزان تاثیرشان بر ایمنی، به ۴ کلاس ایمنی و بر اساس ایمنی در هنگام وقوع زلزله به ۳ گروه تقسیم‌شده‌اند.

مشخصات پمپ TZ	
پارامتر	مقدار (واحد)
ماده کاری	Waste water
ماکزیمم چگالی	۱۱۰۰ (kg/m۳)
دمای طراحی در پوسته	۱۵۰ (C°)
فشار طراحی در پوسته	۰/۲ (MPa)
فشار آزمون هیدرولیک	۰/۳۵ (MPa)
سرعت دوران	۲۸۸۰ (rpm)
دبی در نقطه نامی	۲۵ (m۳/hr)
دبی در نقطه بهره‌برداری	۵-۲۵ (m۳/hr)
مینیمم هد در نقطه کاری	۱۲ (m)
فشار مطلق ورودی پمپ	۰/۱(MPa)
فشار مطلق خروجی پمپ با در نظر گرفتن تلرانس مثبت	۰/۳ (MPa)
هد مورد نیاز در ورودی پمپ	۲(m)
میزان تغییرات مجاز هد در بهره‌برداری	۲- تا ۵+ درصد
میزان مجاز کاهش هد از زمان اتمام انقضا تا اولین تعمیرات	۲ درصد
حداقل بازدهی	۵۵ درصد
میزان قدرت الکتریکی نامی	۲/۲ (kW)
کلاس حفاظت	IP ۵۵

مطالعات مهندسی، طراحی، ساخت و آزمون توپک‌های تمیزکننده سیستم‌های خنک کننده مورد نیاز واحد اول نیروگاه اتمی بوشهر

در یک سیستم ترموهیدرولیکی خسارات و صدمات عملکردی یک کندانسور که به سبب وجود لجن‌ها، انواع باکتری‌ها، جلبک و خزه‌ها، گل و لای، املاح، رسوبات، گرد و غبار و خوردگی لوله‌ها و پره‌ها ایجاد می‌شود، بسیار قابل توجه و مهم است. این مشکل سبب افزایش مصرف برق و به تبع آن مصرف سوخت داخلی، کاهش راندمان نیروگاه‌ها، افزایش پیوسته‌ی هزینه‌های تعمیر، نگهداری و نهایتاً کاهش قابلیت اطمینان در یک سیستم انرژی خواهد شد. پیگ‌ها ابزاری هستند که با نیروی محرکه سیال و یا گاز درون خطوط لوله و کندانسورها با سر خوردن بر روی فیلم نازکی از سیال داخل خط لوله در جهت جریان حرکت کرده و جداره‌ی داخل لوله را تمیز می‌کنند. پیگ‌ها دارای ضخامتی بیش از قطر داخلی خطوط لوله می‌باشند و از این جهت با یک فشار اولیه وارد خط می‌شوند. وجود این کرنش اولیه که چیزی در حدود ۳درصد است، مانع از شناور شدن آن‌ها درون سیال شده و درنتیجه سبب تمیزی قابل قبولی می‌شوند. دسته بندی پیگ‌ها و توپک‌ها در زیر نشان داده شده است. شعاع نامی توپک‌های انتخاب شده معمولاً در حدود ۱ تا ۳ میلی‌متر بیشتر از قطر داخلی لوله‌های کندانسور می‌باشد ولی به طور کلی میزان بزرگی اندازه قطر توپک در مقایسه با لوله به میزان افت فشار در طول خط لوله بستگی دارد. نوع توپکهای استفاده شده در نیروگاه اتمی بوشهر که تاکنون از شرکت اشمیتز (Schmitz) آلمان تأمین گردیده‌اند عمدتاً از دو نوع توپک نوع RB و RG می‌باشند. شکل‌های ارائه شده در زیر این دو نوع توپک را نشان می‌دهند. خواص هر یک از توپک‌های مذکور در جدول ارائه گردیده است. سیستم‌هایی نیروگاهی ذیل با داشتن مجموعاً حدوداً بیست و هفت خنک کننده، مصرف‌کنندگان اصلی این نوع توپک‌ها هستند

فعالیت‌های انجام‌شده

با توجه به اعلام نیاز نیروگاه به توپک‌های تمیز کننده کندانسورها و مبدل‌های حرارتی خنک‌شونده با آب دریا، "طرح انجام مطالعات امکان سنجی، طراحی، ساخت و آزمون نمونه توپک‌های مورد نیاز سیستم‌های خنک‌کننده نیروگاه اتمی بوشهر" در قالب قراردادی و در شش مرحله به مشاور واگذار گردیده است. مرحله آغازین اجرای طرح شامل موضوعات و فعالیت‌های زیر می‌باشد:

۱. ارائه شرح کاملی از خواص و نحوه عملکرد توپک‌ها؛

۲. معرفی انواع دسته‌بندی توپک‌های موجود و احیاناً نسل جدید توپک‌ها؛

۳. موارد کاربرد و نحوه مصرف توپک‌ها در صنعت؛

۴. مشخصات کلی مواد اولیه مورد استفاده در ساخت توپک‌ها و ویژگی‌های هر یک از آن‌ها؛

۵. آنالیز دقیق توپک‌های نمونه ارائه شده نیروگاه بوشهر جهت شناسایی مواد تشکیل دهنده و ساختار توپکها و ارائه اطلاعات فنی لازم؛

۶. ارائه گزارشی جامع از مراحل و نتایج اجرای این فاز

مهمترین بخش از مرحله اول طرح موجود مربوط به ایتم شماره ۵ فوق یعنی آنالیز و شناسایی توپک‌ها گردیده است.

به طور خلاصه نه (۹) آزمون زیر بر روی نمونه توپکها انجام پذیرفته است:

۱- آزمون چگالی به روش ارشمیدوس بر اساس استاندارد ASTM D۶۱۱۱ (تعیین چگالی توپک)

۲- آزمون استخراج با حلال بر اساس استاندارد ASTM D۲۹۷ (تعیین درصد وزنی روغن موجود در توپک)

۳- آزمون درصد خاکستر بر اساس استاندارد ASTM D۲۹۷ (تعیین درصد مواد معدنی موجود در توپک)

۴- ازمون توزین حرارتی (TGA) بر اساس استاندارد ASTM D۱۱۳۱ (تعیین درصد هر کدام از مواد موجود در توپک)

۵- آزمون کالریمتر روبشی (DSC) بر اساس استاندارد ASTM D۳۴۱۸ (تعیین نقاط ذوب، جوش و تخریب و همچنین نقطه انتقال شیشه‌ایی مواد سازنده توپک)

۶- آزمون طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) بر اساس استاندارد ASTM D۲۷۰۲ (تعیین پیوندهای ملکولی موجود در توپک)

۷- آزمون پرتو ایکس (EDS) (تعیین عناصر پلیمری موجود در توپک)

۸- آزمون PH متری گازهای حاصل از سوختن (تعیین خواص بازی، اسیدی یا خنثی بودن گازهای حاصل از سوختن)

۹- آزمون میکروسکوپ الکترونی (SEM) (تعیین مورفولوژی (ساختار) توپک)

جمع بندی نتایج آزمایشات عنوان شده، مواد تشکیل دهنده توپک‌ها را معین می‌کند. در مراحل بعدی تولید آزمایشی و آزمون‌های مورد نیاز و در نهایت تولید انبوه آن صورت می‌پذیرد.

مشخصات استانداردی توپک‌ها

مشخصات استانداردی

نوع توپک	شرایط و موارد کاربرد
RB	۱- قابل استفاده برای لوله‌های استیل ضد زنگ و تیتانیوم، ۲- از بین برنده لایه‌های رسوبی زیستی، ۳- قابل استفاده در آب شیرین و شور، ۴- دمای عملکردی بالای ۸۰ درجه سانتیگراد.
RG	۱- قابل استفاده برای لوله‌های استیل ضد زنگ و تیتانیوم، ۲- از بین برنده لایه‌های به هم چسبیده رسوبات زیستی، ۳- قابل استفاده در آب شیرین و شور، ۴- دمای عملکردی بالای ۸۰ درجه سانتیگراد.

سیستم‌های حاوی کندانسور و مبدل‌های حرارتی مصرف کننده توپک در نیروگاه اتمی بوشهر

کد اختصاری AKZ سیستم	Description
SD	Condensers
VE	Service Cooling Water System for Secured Closed Cooling Water System
VG	Conventional Closed Cooling Water System for Central Chilled Water Plant
TF	Nuclear Component Cooling System
VS	Chilled Water System for Pre-cooling of the Secured Service Cooling Water
VN	Closed Cooling Water System for Main Transformers
VH	Conventional Closed Cooling System

مطالعات مهندسی، طراحی، ساخت، آزمون و تولید انبوه شیر فشار بالای بیلوزدار ابزار دقیق مورد نیاز واحد اول نیروگاه اتمی بوشهر

شیر ابزار دقیق[1] با قطر ۱۰ میلی متر و فشار کاری ۲۰ مگا پاسکال و دمای کاری ۳۰۰ درجه سانتی گراد با مدل A۱۰۱۲۱A-۳۰۰/۰۲۰۰-۱۰ دارای کنترل دستی بوده و به عنوان وسیله قطع جریان سیال در خطوط لوله، تجهیزات و جایگاه‌های ابزار دقیق کنترلی نیروگاه‌های اتمی با راکتور VVER از جمله نیروگاه اتمی بوشهر می‌باشد.

سیال کاری می‌تواند از بالا یا پایین پلاگ وارد گردد. با توجه به تعداد بالای استفاده شده از این شیر در نیروگاه و بنا به درخواست شرکت بهره‌برداری مقرر گردید تا طراحی، ساخت، آزمون و تولید انبوه این شیر در داخل کشور و با استفاده از امکانات داخل انجام گیرد. این فرآیند در دو مرحله انجام می‌شود. مرحله اول طراحی، نمونه سازی و آزمون نمونه‌ها می‌باشد که در فازهای ذیل انجام می‌پذیرد:

جمع آوری، مطالعه وبررسی سوابق و اطلاعات
تعیین مواد اولیه وانجام محاسبات طراحی
طراحی و تحلیل نرم افزاری
تدوین تکنولوژی ساخت
تامین مواد و قطعات استاندارد
ساخت قالب فورج، فیکسچرها و نمونه‌های جوش
ساخت قطعات و مونتاژ نمونه‌ها
آزمون‌های عملکردی نموته‌ها
تهیه گزارش نهایی

در مرحله دوم به تعداد ۲۰۰ عدد شیر تولید می‌شود و آزمون‌های مورد نیاز انجام می‌گیرد که البته در صورت موفقیت آمیز بودن مرحله اول انجام خواهد شد.