

آزمایش هیدرواستاتیکی درپوش راکتور نیروگاه اتمی بوشهر

سید عبدالامیر طیبیان *

سازمان انرژی اتمی ایران

شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران

چکیده :

درپوش راکتور اتمی بوشهر و متعلقات آن از لحاظ ایمنی هسته‌ای با کلاس درجه یک، به لحاظ داشتن ده‌ها ورودی و خروجی و همچنین اتصال به محفظه تحت فشار که در برگیرنده سوخت اتمی است قطعه‌ای بسیار مهم می‌باشد، بر این قطعه در مجموع ۱۴۱ نازل جوشکاری شده است، این نازل‌ها به منظور ورود و خروج کابل‌های ارتباطی ابزار دقیق و کنترل راکتور و همچنین به منظور ورود و خروج هوا تعبیه شده است و چون تحت فشار و دمای بالا قرار دارد تست هیدرولیکی مقاومت و نشت آن در مقابل افزایش فشار از جمله تست‌های مهم پس از ساخت قطعه می‌باشد.

در پوش راکتور در کارخانه ایزورا واقع در شهر سنت پترزبورگ روسیه ساخته و در یک پریود زمانی ۴ روزه تست گردید، اینجانب به عنوان ناظر کارفرما در این تست شرکت داشته‌ام. در این مقاله مراحل مختلف آزمایش و نتایج تجربی بدست آمده گنجانده شده است.

کلید واژه: تست هیدرواستاتیکی، درپوش راکتور، رژیم‌های تست، بازرسی و مشاهدات، ثبت نتایج، نمودار تغییرات فشار

۱- مقدمه

هدف آزمایش و شرح قطعه: درپوش اصلی راکتور و متعلقات آن به (Upper Unit) معروف است که از این به بعد به علامت اختصاری (UU) نشان داده می‌شود، تست هیدرواستاتیکی این قطعه در یک دوره زمانی چهار روزه با موفقیت انجام گرفت و هدف انجام این تست مشاهده مقاومت بدنه اصلی و نقاط جوشکاری و آب بندی لوله‌های تعبیه شده بر روی آن است. این قطعه شامل اجزاء زیر است. [۱]

- بدنه اصلی با ابعاد مطابق شکل شماره ۱
- نازل‌های مربوط به سیستم حفاظتی و کنترل راکتور (CPS) به تعداد ۱۲۱ نازل
- نازل‌های مربوط به سیستم ابزار دقیق کنترلی (ICI) به تعداد ۱۸ نازل
- نازل اصلی خروجی هوا از درپوش راکتور (UU) به تعداد یک نازل
- نازل پشتیبانی خروجی هوا از درپوش (UU) به تعداد یک عدد
- شش عدد قلاب مخصوص حمل درپوش (UU)

کدها، استاندارد و دستورالعمل‌های بکار رفته برای قطعه و تست هیدرولیک آن :

- مطابق با استاندارد OPB 88/98: Atomic Power Plants General Safety Regulations: این قطعه دارای کد ایمنی IN می‌باشد یعنی از لحاظ کدهای ایمنی هسته‌ای روسیه (Class1-Normal Operation) است. [۲]

- مطابق با استاندارد : PNAE G-7-008-89 در گروه A طبقه بندی شده است. [۳]
- دستورالعمل شماره ۴۲۱ برای تست هیدرولیکی از مدرک (446PM10) Quality Control Program [۴]
- برای انجام تست هیدرولیکی ، کنترل نتایج و مستند سازی از مدرک استاندارد: Regulations for Design and Safety Operation of Atomic Power Plant Equipment and Pipes PNAE G-7-008-89 استفاده شده است. [۳]

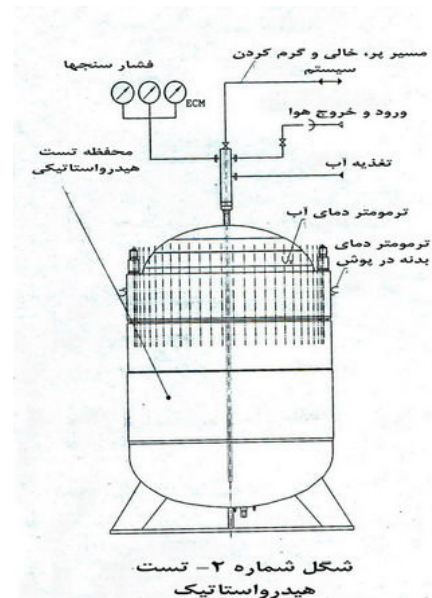
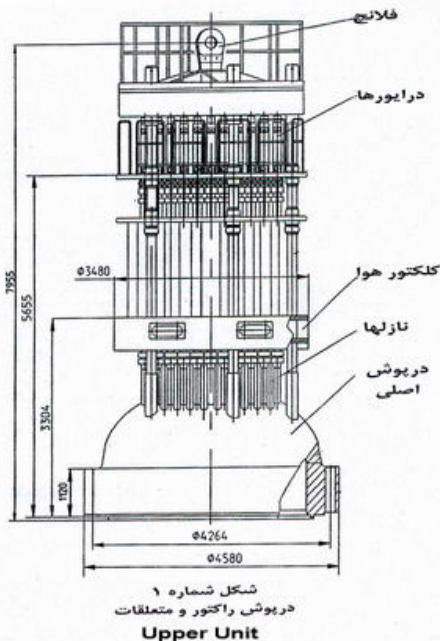
۲- شرح انجام تست در کارگاه

- قبل از انجام تست باید کلیه محلهای جوشکاری و کنترلی قطعه انواع آزمایشات غیر مخرب مربوطه را گذرانده باشند و محل تست هیدرواستاتیکی باید مورد بازرسی قرار گیرد . و موارد اجباری زیر با دستور و مسئولیت رئیس کارگاه تست برقرار گردید.
- ۱- مسئولین ، متخصصینی و کارگران ماهر که باید تست را انجام دهند تعیین شوند.
- ۲- کلیه مجوزهای لازم برای انجام تست اخذ گردد.
- ۳- استانداردهای و دستورالعمل های لازم به همراه نقشه های گویا مهیا باشد.
- ۴- مطابق با استانداردهای ایمنی تابلوهای (ورود ممنوع) و طناب کشی دور محوطه تست صورت پذیرد.
- ۵- متخصصینی و کارگران انجام دهنده تست مجازند فقط در فشار ۲۰۰ کیلوگرم نیرو بر سانتیمتر مربع از سیستم بازرسی چشمی نمایند.
- ۶- پرسنل انجام دهنده تست باید در یک اتاق شیشه‌ای (ترانسپرنت) قرار گیرند بطوریکه در هنگام حادثه مقاوم باشد. و ثبت کننده‌ها و نشانگرهای فشار ، دما در این اتاق تعبیه شده باشد و کلیه ابزارآلات تست مانند شیرها ،کمپرسورها و لوله های رابط باید دور از این اتاق باشند.
- ۷- تست در هنگام بعد از ظهر و یا شب صورت پذیرد و از ورود افراد متفرقه به محوطه تست جلوگیری بعمل آید.
- ۸- دعوت از کارشناسان ناظر نظام ایمنی(ناظران قانونی) کارفرما ، پیمانکار و متخصصین سازنده بعمل آید. [۱] و [۳]

- مطابق با دستورالعملهای ایمنی تست هیدرواستاتیکی باید در بعدازظهر و یا شب انجام پذیرد و پس از اخذ مجوزهای لازم و دعوت از کارشناسان ناظر نظام ایمنی کارفرما و پیمانکار مطابق با استانداردها و دستورالعمل های ایمنی کارکنان و ایمنی تستهای خطرناک و دستورالعملهای اجرائی کار ، در پوش راکتور بروی یک محفظه شبیه به محفظه فشار راکتور به حجم ۶۰ متر مکعب که در محل انجام تست سوار شده بود قرار گرفت بطوریکه در مجموع حجم کل دو قطعه ۹۰ متر مکعب شد، سپس با توجه به دستورالعمل و با وسیله مخصوص بستن ۵۴ مهره اتصال درب به محفظه شروع شد بطوریکه در حدود ۳۰ ساعت بستن

مهرها به طول انجامید ، بعد از آن سیستم توسط لوله‌ای رابط از یک مخزن آب خالص مطابق با مشخصات زیر تغذیه گردید. [۱] ، شکل شماره ۲

مقادیر	مشخصات آب وارد شده در سیستم
۵.۰۰	مقدار رسوب بر حسب میلی گرم در لیتر نباید بیشتر از
۰.۰۲	مقدار کلراید موجود بر حسب میلی گرم در لیتر نباید بیشتر از
۱.۵۰	مقدار ترکیبات نمکی موجود در آب بر حسب میلی گرم در لیتر نباید بیشتر از
از ۵.۴ تا ۶.۶	PH در ۲۵ درجه سانتیگراد



حدود ۱۲ ساعت آبیگری سیستم به طول انجامید ، لازم به ذکر است که کلیه اندازه های پارامترهای مشروحه در این تست مرجع استاندارد دارد که از ذکر نام آنها خودداری شده است .

- پس از آبیگری با تزریق بخار از طریق نازلی که تا انتهای مخزن ادامه داشت ، سیستم را با نرخ ۲۰ درجه سانتیگراد در ساعت گرم کردند، به دلیل آنکه مخزن اصلی سالها مورد استفاده قرار نگرفته بود و از بین رفتن جاکت و یا عایق دور آن و همچنین برودت سرمای محل حدود ۱۵ درجه سانتی گراد زیر صفر، دبی بخار افزایش یافت و کل سیستم با عایقی قطور پوشش داده شد، بطوری که قریب به ۱۲ ساعت به طول انجامید تا دماسنجهای پیرامونی نصب شده در دو طرف درپوش راکتور را یعنی (درجه سانتی گراد, $T1=78.4$

($T_2=78.4$) را نشان دادند (دمای تعریف شده در دستورالعمل ($T=75$) درجه سانتیگراد با ۱۵ درجه انحراف مجاز بود).

- در اولین رژیم تست، توسط یک پمپ فشار با نرخ 0.8MPa در دقیقه تا نقطه 3.4MPa (۳۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) فشار را افزایش دادند و بمدت ۱۰ دقیقه صبر گردید، سپس عایقها را کنار زده و بازرسی نشت مکانهای جوشکاری و محل اتصال درپوش به محفظه شروع شد، در این حالت با توجه به دستورالعمل محکم کردن پیچهای اتصال، آب بندی سیستم انجام گرفت. شکل شماره ۳

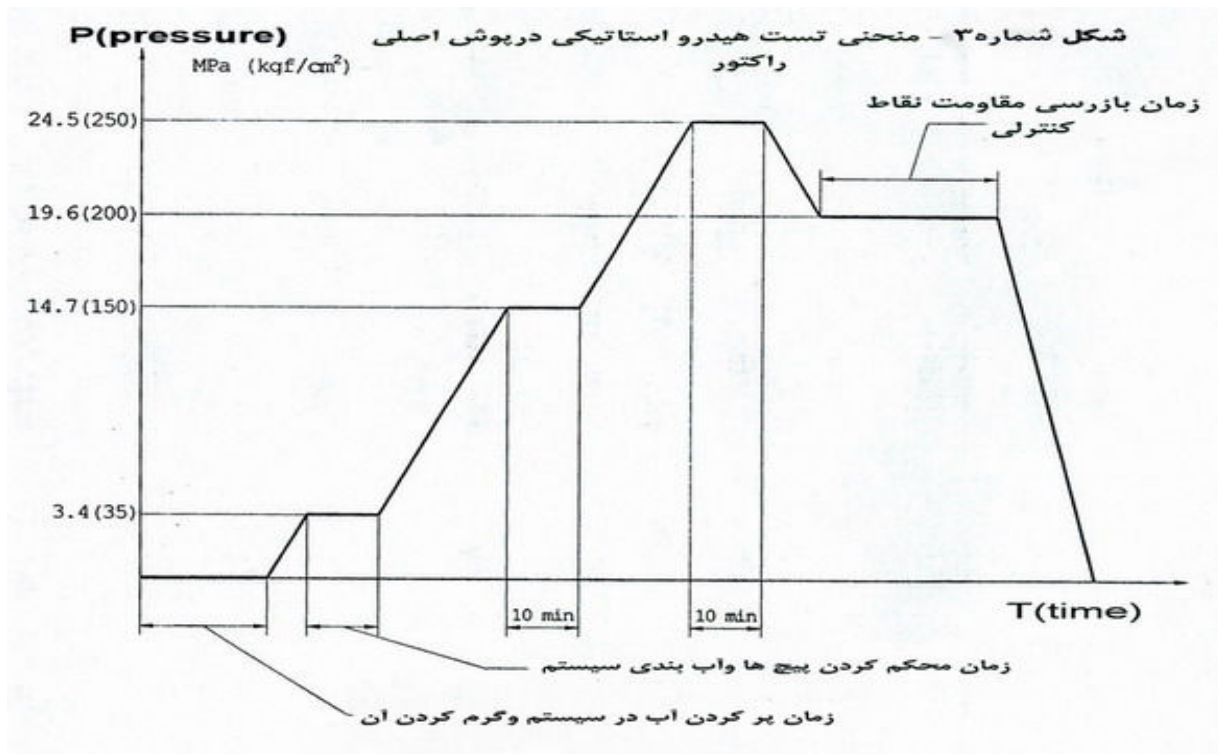
- رژیم دوم تا فشار 14.7MPa بمدت ۱۰ دقیقه ادامه یافت و مانند رژیم قبلی بازرسی گردید در رژیم سوم یعنی افزایش فشار تا نقطه 24.5MPa ناگهان فشار سیستم با نرخ 2.2MPa در دقیقه شروع به کاهش کرد و بازرسی شروع گردید تا علت افت فشار معلوم گردد. در بازرسی بعمل آمده آشکار گردید که از در پوش یکی از خروجی های محفظه (Vessel) با شدت فراوان آب خارج می شود بنابر این بازرسان ناظر دستور متوقف شدن کار را داده و تست را مردود شناختند.

- پس از عدم قبولی تست، فشار درون سیستم را به صفر رسانیدن تا تعمیرات انجام گردد و درب خروجی آب محفظه بطور کامل آب بندی شود، آزمایش در ساعت $4/40$ بامداد مجددا شروع گردید، در این آزمایش یک نقطه بحرانی یعنی نگهداری سیستم در فشار بالای ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع به مدت ۱۰ دقیقه انجام گرفت و سیستم در این رژیم استقامت خود را نشان داد. در نقطه با فشار 19.6MPa (۲۰۰ کیلوگرم نیرو بر سانتیمتر مربع) بازرسان مجاز به بازرسی چشمی نقاط کنترلی شدند. این بازرسی حدود ۲ ساعت به طول انجامید. شکل شماره ۳

جدول رژیمهای مختلف تست هیدرواستاتیکی

رژیم (Mode)	فشار، مگا پاسکال (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) P	زمان T
۱	$3/4$ (۳۵)	۰۴:۵۰ تا ۰۴:۴۰
۲	$14/7$ (۱۵۰)	۰۵:۲۰ تا ۰۵:۱۰
۳	$24/5$ (۲۵۰)	۰۵:۵۰ تا ۰۵:۴۰
۴	$19/6$ (۲۰۰)	۰۶:۵۰ تا ۰۵:۰۷
۵	.	۰۷:۳۰

نمودار فشار بر حسب زمان تست هیدرواستاتیکی درپوش راکتور نیروگاه اتمی بوشهر



- از ساعت ۶.۵۰ تا ساعت ۷.۳۰ با مدام فشار و دما را کاهش دادند و مجموعه به همراه درپوش راکتور نیروگاه اتمی بوشهر با نرخ دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در ساعت شروع به سرد کردن شد بطوریکه در نهایت دمای بیرونی سطح درپوش به ۲۵ درجه سانتی‌گراد رسید، در این عملیات حداکثر خطای دما نباید از ۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر باشد. [۱]

نتیجه گیری و سپاسگزاری: درپوش راکتور نیروگاه اتمی بوشهر پس از سوخت گذاری بر روی محفظه فشار (Pressure Vessel) نصب می شود، این قطعه به واسطه نازل‌های ارتباطی با درون محفظه تحت فشار دارای نقاط جوشکاری بسیار زیادی است و از طرفی تحت دما و فشار بسیار زیادی قرار دارد و در هنگام حادثه حائز اهمیت می باشند. بنابراین تست مقاومت در برابر فشار آن بسیار مهم است نتایج و بازرسی های فنی در این تست نشان میدهد که این قطعه حتی در فشار ۲۵۰ بار نیز مقاومت دارد و هیچ مورد نقصی مشاهده نشده و تست قبول بازرسان کارفرما و پیمانکار قرار گرفته است.

از برگزار کنندگان گرامی گردهمایی که متقبل زحمات فراوان شده اند تشکر و قدردانی مینمایم.



دانشگاه یزد

چهاردهمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۱ و ۲ اسفند ماه ۱۳۸۶ ، یزد



انجمن هسته‌ای ایران

مراجع :

- 1- Cover Program and Method of Hydrostatic test 1202.02018.000PM pages: 5,6,9,11,12, 13, 14, 15, 17, 21, and 24.
- 2- OPB 88/98: Atomic Power Plants General Safety Regulations pages: 34, 35,36,37,38.
- 3- Part1, Regulations for Design and Safety Operation of Atomic Power Plant Equipment and Pipes and part 5, Hydraulic and Pneumatic test of PNAE G-7-008-89 all pages.
- 4- Quality Control Program (446 PM10) procedures: 421 all pages