جزوه اصول ساخت مخازن تحت فشار

فصل اول ;مقدمه

همانطور که می دانیم مخازن تحت فشار از جمله تجهیزاتی هستند که در شاخه نفت و پتروشیمی و در اغلب صنایع اصلی نظیر نیروگاه و حمل و نقل از کاربرد ویژه و قابل توجهی برخوردار بوده و از اینرو توجه به مقوله طراحی و ساخت آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است .

۱-۱مخازن تحت فشارچیست

مخزن تحت فشار طبق استاندارد ASME SEC VIII به مخازنی گفته می شود که فشار طراحی داخل آن بیش از ۱۵psi (و کمتر از۳۰۰۰psi) باشد .این مخازن فلزی معمولاً استوانه‌ای یا کروی برای نگه داری و یا انجام فرآیند های شیمیایی مایعات و یا گازها می باشند که توانایی مقاومت در برابر بارگذاری‌های مختلف (فشار داخلی، و یا فشار خارجی و خلا در داخل) را دارامی‌باشند.استاندارد اصلی برای طراحی این مخازن ASME SECTION VIII می باشد که توسط انجمن مهندسین مکانیک آمریکا تدوین شده و هر چهار سال یکبار مورد بازنگری قرار می گیرد. معیار تبعیت از این استاندارد بیشتر بودن فشار داخلی مخزن از۱۵psi می‌باشد.کاربرد عمده این مخازن در صنایع نفت و گاز می باشد.

مخازن تحت فشار برای اینکه کارکردی ایمن داشته باشند در فشار و دمای ویژه ای طراحی میشوند که اصطلاحا فشار طراحی و دمای طراحی گفته می شود. طراحی و ساخت اینگونه تجهیزات تحت فشار بدون اصول و استفاده از کدها و استانداردهای طراحی بسیار خطرناک و حادثه آفرین خواهد بود.

۱- ۲ روش ساخت مخازن تحت فشار

www.Prozne.com

طبق استاندارد(Division1) ASMEVIII روش های ساخت مخازن تحت فشار به دو دسته زیر طبقه بندی می شوند،که به توضیح مختصری از برخی از آن ها می پردازیم.

۱- جوشکاری ۲-فورجینگ

۱-۲-۱روش جوشکاری

در ساخت مخازن تحت فشار به روش جوشکاری از روش های متعددی متناسب با متریال فلز پایه ، نوع کاربری ، میزان حساسیت در ساخت مخزن و تجهیزات کارگاه می توان استفاده کرد که از آن جمله می توان به روش جوشکاری الکترود دستی، جوشکاری میگ،جوشکاری زیر پودری و جوشکاری تیگ اشاره کرد.در این روش پس از رول کردن بدنه ی مخزن و ساختن کلاهک آن،آن ها را به هم جوش می دهند(.شکل۱-۱)

شکل۱-۱: روش جوشکاری در ساخت مخازن

۱-۲-۲ روش فورجینگ

ساخت مخازن تحت فشار به روش فورجینگ قابل اجرا برای مخازنی خواهد بود که در آن ها جوش های طولی وجود ندارد همچنین این روش قابل اجرا در فولادهای کم کربن ، فولادهای کم آلیاژ است.

۱-۳ مواد مورد استفاده برای ساخت مخازن

در تئوری هر ماده ای با تحمل تنش کششی بالا وخاصیت های کششی مناسب میتواند در ساخت مخازن به کار گرفته شود اما استاندارد های ساخت ASME BPVC Section II لیستی از بهترین مواد و محدودیت دما و فشار آن ها را مشخص کرده است.

بسیاری از منابع تحت فشار از آهن تشکیل شده اند که ورق های آهنی به صورت رول در آمده و به عدسی ها و به همدیگر جوش داده میشوند. اما این جوش ممکن است بر بسیاری از خواص آهن رول شده تاثیر منفی بگذارد مگر این که توجه هایی قبل از جوش کاری صورت بگیرد.

علاوه بر استحکام مکانیکی مناسب ،استانداردهای حال حاضر دنیا ، شرکت ها را موظف می کند تا از آهنی با مقاومت بالایی در مقابل ضربه استفاده شود و همچنین برای محیط ها و سیالاتی که موجب خوردگی کربن استیل می شوند لازم است که از موادی با قابلیت مقاومت در برابر خوردگی استفاده کرد.

برخی از منابع تحت فشار از کمپوزیت ها ساخته شده اند مانند فیبر های کربن با توجه به استحکام بالای فیبر کربن در برابر کشش، این نوع از مخازن تحت فشار میتوانند بسیار سبک باشند اما ساخت آن ها بسیار بسیار سخت می با شد.

منابع تحت فشار برای جلوگیری از خرابی می توانند با پلیمر ها یا سرامیک ها محافظت بشوند، علاوه بر این ، این پوشش خودش می تواند میزان زیادی از فشار را تحمل کند و یک پشتیبان خوب برای لایه ی اصلی می باشد.

www.ProZhe.com

۱-۴ طبقه بندی مخازن تحت فشار

۱-۴-۱ طبقه بندی بر اساس شکل

الف- مخازن استوانه ای

اغلب به صورت یک استوانه ای با دو سر عدسی ساخته می شوند.این نوع مخازن رایج ترین نوع مخازن هستند.مخازن استوانه ای بلند ممکن است عمودی یا افقی باشند.اصولا نیاز عملیاتی یک برج تعیین کننده نوع افقی یا عمودی بودن آن است.برای مثال برج ها که نیاز به ثقل جهت جداسازی فازها دارند به صورت عمودی نصب می شوند درحالی که مبدل های حرارتی هم میتوانند به صورت افقی و هم عمودی نصب گردند.در مورد مبدلهای حرارتی این انتخاب عموما بوسیله روش انتقال گرما و سیرسیال صورت می گیرد. درمخازن ذخیره محل نصب عمدتا عامل انتخاب میباشد.(شکل۱-۲)

شکل۱-۲ : نمونه یک مخزن تحت فشار استوانه ای

ب - مخازن کروی

به علت استحکام ذاتی شکل کروی این مخازن اصولا برای فشارهای بالا بکار می روند.مخازن ذخیره بزرگ که تحت فشار متوسط قرار دارند معمولا شکل کروی یا شبه کروی دارند.(شکل۱-۳)

شکل۱-۳: نمونه یک مخزن تحت فشار کروی

۱-۴-۲ طبقه بندی بر اساس فشار

الف - مخزن تحت فشار داخلی

در این نوع مخزن معمولا سیالی با فشار بالاتر از فشار اتمسفر وجود دارد.

ب - مخزن تحت فشار خارجی

مخازن تحت فشاری که با شرایط خلاء مرتبط هستند باید برای فشار خارجی طراحی شوند در غیر این صورت متلاشی خواهند شد.

۱-۴-۳ طبقه بندی بر اساس ضخامت جداره

الف - مخازن جدار نازک

یکی از متداولترین انواع مخازن است.در این مخازن نسبت ضخامت پوسته به قطر کمتر از ۱۰٪ است.

ب - مخازن جدار ضخیم

در این نوع مخازن نسبت ضخامت پوسته به قطر بیشتر از ۱۰٪ است.

۱-۵ کاربردها

مخازن تحت فشار درانواع کاربردهای گوناگون،هم در بخش صنعتی و هم در بخش خصوصی استفاده می شود.این مخازن برای ذخیره هوای فشرده ومخازن آب داغ خانگی کاربرد دارد.نمونه های دیگر از کاربرد آن می توان مخازن تحت فشاراستوانه غواصی،برج های تقطیر، اتوکلاو، درپالایشگاه های نفت و

www.Prozhe.com

پتروشیمی، راکتورهای هسته ای، زیر دریایی وکشتی فضایی،مخازن پنوماتیکی وهیدرولیکی تحت فشار، مخازن کیسه هوای خودرو ومخازن ذخیره سازی گازمایع، مانند آمونیاک،کلر،پروپان، بوتان وLPG نام برد.(شکل ۱-۴)

شکل ۱-۴ : مخزن LPG در خودرو

۱-۶ تعاریف اولیه در ساخت مخازن تحت فشار

۱-۶-۱ فشار و دمای کاری : فشار و دمایی است که مخزن،تحت آن به عملکرد عادی خود می پردازد .

۱-۶-۲ فشار طراحی: فشاری است که جهت تعیین حداقل ضخامت مجاز برای اجزاء مختلف مخزن تحت فشار در نظر گرفته می شود و معمولا 10% و یا 30 psi (هر کدام که بزرگتر باشد) بیشتر از فشار عملیاتی آن می باشد . چنانچه مخزن دارای ارتفاع قابل توجهی باشد (بیشتر از ۱۰ متر) لازم است که فشار استاتیکی ناشی از وزن سیال نیز به رقم مزبور اشافه گردد . در مورد مخازنی که بطور معمول در شرایط خلاء کار می کنند و یا این که امکان خلاء برای آنها محتمل است باید طراحی با در نظر گرفتن پدیده خلاء کامل صورت پذیرد .

www.Prozhe.com

۱-۶-۳ درجه حرارت طراحی : این پارامتر نقش مهمی در طراحی یک مخزن تحت فشار ایفا می کند چرا که مستقیما با مقدار تنش مجاز فلز بکار رفته در ساخت مخزن ارتباط دارد . به عنوان یک پیشنهاد می توان برای مخازنی که فعالیت آنها در محدوده $650^{\circ}F - 20$ قرار دارد بر اساس RATING فلنجهای بکار رفته در آنها اقدام به تعیین درجه حرارت طراحی نمود چرا که حداکثر تنش مجاز برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ در محدوده فوق عمدتا ثابت است . برای مخازن با فولاد کربنی که شرایط دمایی بهره برداری از آنها نزدیک به محیط اطراف می باشد تعیین حداقل درجه حرارت شکست ترد همواره وجود خواهد داشت . یادآوری میشود که آیین نامه در هیچ حالتی اجازه استفاده از درجه حرارت بالاتر از $^{\circ}F$ ۱۰۰۰ برای فولادهای کربنی و $^{\circ}F$ ۱۲۰۰ برای فولادهای کم آلیاژ را نمی دهد .

۱-۶-۴ حداکثر فشار کاری مجاز: فشاری است که تحت آن فشار ، ضعیف ترین عضو مجموعه به نقطه نهائی تنش تسلیم خود می رسد.

معمولا سازندگان مخازن تحت فشار مقدارM.A.W.P را با توجه به پوسته مخزن تخمین می زنند و اجزاء کوچک مثل فلنج یا دریچه ها را مبنای محاسبه قرار نمی دهند .

عبارت MAWP (new & cold) یکی از رایج ترین اصطلاحات در این زمینه بوده و اشاره به شرایط زیر دارد :

- New (بدون خوردگی)
- Cold (فاقد شرایط دمای طراحی – در دمای اتاق)

بنابراین با توجه به تعریف اصلی MAWP خواهیم داشت :

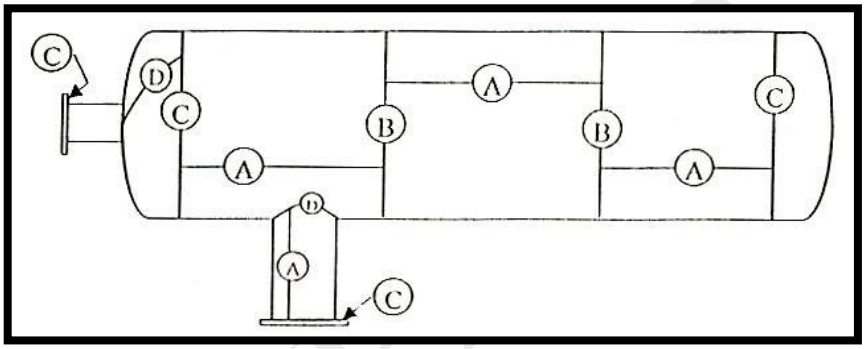
$MAWP_{New\&Cold} > MAWP$

۱-۶-۵ فشار تست هیدرواستاتیک : فشار این تست ۱/۵ برابر فشار طراحی و یا مساوی با MAWP در نظر گرفته می شود .

۱-۶-۶ ماکزیمم تنش مجاز: مقدار این کمیت بستگی به جنس ماده بکار رفته در ساخت مخزن داشته و مستقیما با خواص مکانیکی ماده تشکیل دهنده مخزن در ارتباط است.

www.Prozne.com

۱-۶-۷ استحکام اتصالات: مقداراین پارامتر (E) بستگی به نحوه اتصالات و درصد رادیوگرافی آنها دارد . در مورد مخزنی که قرار است بطور کامل رادیوگرافی شود ، لازم است تا کلیه خطوط A و D بصورت صد در صد و خطوط C و B (به شرط اینکه از لوله 10in و یا ضخامت $1\frac{1}{8}in$ فراتر رفته باشد) رادیوگرافی شوند . اما اگر قرار باشد که مخزنی بصورت موضعی رادیوگرافی شود ، آنگاه محلهای اتصال خطوط B و C با خطوط دسته A (شامل نازلهای با قطر بیش از از 10 in و ضخامت 1in) و محل تماس مقاطع بدون درز مخزن یا عدسی ها وقتیکه طراحی جوشهای A و D بر مبنای استحکام 1.00 یا 0.9 صورت می پذیرد، باید بطور موضعی رادیوگرافی شوند.(شکل۱-۵)



شکل (۱-۵) نام گذاری انواع جوشهای طولی و عرضی بر روی یک مخزن

چنان چه مخزنی فاقد هرگونه رادیوگرافی طراحی شده باشد آنگاه باید حائز یکی از شرایط زیر باشد :

الف – تنها فشار خارجی وجود داشته باشد .

ب- طراحی اتصالات بدون در نظر گرفتن تست رادیوگرافی صورت پذیرفته باشد .

در اینجا لازم است تا با انواع بارگذاریهای ممکن بر روی یک مخزن تحت فشار آشنا شده و از این راه اهداف طراحی و چگونگی آن جهت نیل به مقاصد اصلی را شناسائی کنیم . خلاصه ای از انواع بارگذاری هایی که میتواند بر مخزن تحت فشار اعمال شود در زیر مشاهده میگردد

۱- فشار داخلی (یا خارجی)

۲- وزن مخزن
۳- بارهای استاتیکی ناشی از لوله های اتصال ، تجهیزات متصل به مخزن ، ادوات داخلی و ...
۴- بارهای دینامیکی مربوط به تغییرات فشار یا دمای مخزن
۶
۵- نیروهای ناشی از اثرات باد و زمین لرزه
۶- بارهای ضربه ای ناشی از پدیده ضربه قوچ
۷- تنش ناشی از گرادیان دمائی وابسته به زمان (اثر خزش)

معمولا در فرآیند طراحی یک مخزن تحت فشار ، چنانچه مخزن درشرایط خاصی قرار نداشته باشد میتوان برای راحتی کار ، اثرات بارهای استاتیکی ، دینامیکی، ضربه ای و همچنین پدیده خزش را نادیده گرفته و بدین ترتیب فقط تنش ناشی از فشار داخلی (یا خارجی) و نیز وزن مخزن به همراه اثرات باد و زمین لرزه در طراحی یک مخزن تحت فشار نقش اساسی ایفا می کنند .

با توجه به گوناگونی شرایط بارگذاری و همچنین فرآیندهای تولید ورق و دیگر اجزاء مورد نیاز یک مخزن تحت فشار ، تنش های ایجاد شده را می توان به ۳ گروه عمده دسته بندی نمود :

۱- تنش کششی
۲- تنش فشاری
۳- تنش پوسته ای اولیه (تنش پسماند)

با این مقدمه ، هدف از طراحی یک مخزن تحت فشار را می توان بطور خیلی ساده غلبه بر انواع تنشهای ایجاد شده با توجه به شرایط عملکردی آن دانست به گونه ای که شکل فیزیکی مخزن از قابلیت های عملکردی مطلوب برخوردار باشد .

www.Prozhe.com

فصل دوم;مراحل ساخت مخزن تحت فشار

۲-۱ انتخاب مواد :

یکی از مهمترین مسائل در طراحی مخازن تحت فشار انتخاب صحیح مواد اولیه بکار رفته در آن ها می باشد چرا که این امر تاثیر به سزایی در تعیین ضخامت ها، ابعاد و نهایتا شرایط عملکردی مخزن دارد . اطلاعات مهم برای انتخاب مناسب مواد شامل تعیین مشخصه ها و مقادیر (و تغییرات تاثیر گذار) سیال در اجزاء مختلف مخزن می گردد .

به علاوه ، PH سیال ، درجه هوازنی و درجه حرارت (با پیش بینی دامنه) می باید لیست شود .

متداول ترین مواد برای ساخت مخازن تحت فشار ، فولاد کربنی و کم آلیاژ می باشد . این فولادها در گسترده وسیعی از درجه حرارت های مختلف ($-20 \approx 1200^{\circ} F$)کاربرد داشته و آیین نامه کاربرد بیش از ۳۴ گرید از فولادهای کربنی و ۴۴ گرید از فولادهای آلیاژی را بعنوان ورق های با کیفیت مناسب برای ساخت مخازن تحت فشار مورد تایید قرار داده است . انتخاب هر یک از این مواد عموماً بر اساس معیارهای زیر صورت می پذیرد

- در دسترس بودن ورق در ضخامتهای مورد نیاز
- دارا بودن چقرمگی مورد نیاز برای درجه حرارتهای پایین
- دارا بودن استحکام لازم در درجه حرارتهای بالا
- مقاومت در درجه حرارتهای بالا در برابر اکسیداسیون و یا خوردگی

www.Prozhe.com

معیارهای اضافی دیگر که معمولا برای انتخاب مواد در صنعت نفت و پتروشیمی مورد توجه قرار میگیرد ، مقاومت فلز در مقابل اثر تخریبی هیدروژن (ایجاد شکنندگی هیدروژن و تاول های هیدروژنی) در درجه حرارت ها و فشارهای بالا است . یادآور می شود یکی از ملاحظه های عمده در انتخاب مواد ، خطر احتمالی شکست ترد در بعضی فولادهای کربنی است که معمولا در محدوده $-20 \approx 120^{\circ}F$ (بسته به ضخامت و گرید فولاد) از اهمیت خاصی برخوردار می باشد.

انتخاب دیگر در رابطه با مواد اولیه ساخت مخازن تحت فشار استفاده از فولادهای آلیاژی به دلیل کنترل خوردگی و یا جلوگیری از آلودگی سیال در اثر حل نمودن آهن می باشد. فولادهای ضد زنگ آستنیتی همپنین می توانند برای شرایط کاری با درجه حرارتهای بالا تا $2000^{\circ}F$ بکار گرفته شوند . مشخصه های فرآیندی لازم برای انتخاب آلیاژهای مناسب در شرایط عملیاتی خاص مشابه با آنچه که برای مخازن ساخته شده از فولاد کربنی بیان شد می باشد . ازآنجایی که قیمت تمام شده برای ورق آلیاژی تفاوت قابل ملاحظه ای با ورق کربنی دارد لذا معمولا در مواردی که نیاز به استفاده از فولادهای آلیاژی احساس می شود از ترکیب آنها به نام ورق روکش دار بهره می گیرند . این ورق با پایه اصلی فولاد کربنی و روکشی از جنس فولاد آلیاژی (به ضخامت $\frac{1}{8}in$ تا $\frac{3}{16}in$) علاوه بر مقامت زیاد در برابر خوردگی از هزینه پایین تری نسبت به فولاد تمام آلیاژی برخوردار است . پیشنهاد زیر در رابطه با انتخاب بین آلیاژ و روکش آلیاژی از لحاظ قیمت تمام شده توصیه می گردد :

$t \le 5/8in$: فولاد آلیاژی

$5/8in < t < 3/4in$: فولاد آلیاژی یا روکش آلیاژی

$t \ge ۳/۴in$: روکش آلیاژی

در اینجا لازم است که اشاره ای به استاندارد NACE در رابطه با نحوه انتخاب مواد برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ که بیشترین کاربرد را در صنعت نفت و گاز دارند بنماییم . این استاندارد صرفا با هدف تعیین شرایط لازم برای ایجاد

www.Prozne.com

مقاومت در مقابل پدیده S.S.C (SULFIDE STRESS CRACKING)تدوین گردیده و سایر اثرات تخریبی ناشی از هیدروژن درسرویس های به اصطلاح «ترش» می بایست جداگانه مورد توجه قرار گیرد . خلاصه نیازهای مورد نظر برای فولادهای مزبور به شرح زیر است :

- درصد نیکل در فولاد باید کمتر از ٪۱ باشد .
- سختی فولاد باید کمتر از RC22 باشد .
- فولادهای آهنگری شده با شرایط ASTM-A105 و محدودیت سختی ۱۸۷ برینل قابل قبول هستند .
- فولادهای کار شده در اشکال نورد , اکستروژن ، فورجینگ و غیره با سختی بیش از RC22 به شرط انجام تست صلاحیت طبق ملزومات استاندارد قابل قبول هستند .
- اتصالات ساخته شده از لوله های ASTM-A53/A106 به شرط انجام کار سردی کمتر از ٪۱۵ و سختی حداکثر ۱۹۰ برینل قابل قبول هستند

۲-۲ طراحی

با توجه به روابط موجود (از مقاومت مصالح) در رابطه با محاسبه ضخامت مورد نیاز جهت پوسته و عدسی یک مخزن تحت فشار استوانه ای شکل , می توان از روابط زیر بهره گرفت :

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

$$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$$

که در آنها :

t: Shell Thickness (in) ضخامت

p: Pressure (psi) فشار

R: Internal Radius شعاع

S: Stress Value (psi) تنش

E: Joint Efficiency مدول

www.Prozne.com

۲-۳ کنترل ورق های ورودی

هر ورقی که تولید می شود بایستی از شرکت تولید کنندهٔ آن یک گواهی نامه داشته باشد . در این گواهینامه یک سری اطلاعات مربوط به ورق درج شده است هر ورقی یک Heat number دارد که از طریق آن می توان ورق را ردیابی کرد و یک سری اطلاعات مربوط به ورق را از جمله خواص مکانیکی و ترکیبات شیمیایی و . . . بدست آورد بعضی مواقع در کارخانه یک سری ورق وارد می شود که دارای Heat Number نیستند و یا به نحوی پاک شده اند یا قابل دیدن نیستند . در حالت ایده آل کارخانه یک تیکه از ورق مورد نظر را بریده و به آزمایشگاه می دهد . تا یک سری آزمایشات و تست هایی روی ورق انجام گیرد بعد از دریافت جواب آزمایشگاه پارامترهایی که آزمایشگاه بدست آورده را با پارامترهای موجود در گواهینامه ورق ها مقایسه می کنیم تا ببینیم حدس ما در مورد آن ورقی که می خواستیم درست است یا نه .

به طور مثال ما سفارش ورق A516 G70 دادیم و ورق های دریافتی هیچ گونه Heat Number ندارد برای صحت کار خود مراحل بالا را بایستی انجام دهیم .

و پارامترهایی که در کنترل ورق بایستی توجه شود یکی تمیزی ورق، ضخامت ورق می باشد که ضخامت ورق ها را معمولاً باکولیس اندازه می گیرند.

۲-۴ کنترل لوله های ورودی

لوله ها مانند ورق ها نیز دارای یک سری مشخصات فنی مانند Heat Number و Schedule و قطر (سایز لوله) و جنس لوله می باشد که معمولاً Heat Number ها در ابتدا و انتهای لوله ها درج می شود .

Schedule : به عبارت عامیانه به گوشت لوله و یا ضخامت دیواره های لوله معروف می باشد .

Scheduleها متنوع می باشند ومی توان به نمونه های زیر اشاره کرد

SCH(10,20,30,40,60,80,100,120,140,160)

که Schedule40 به Schedule استاندارد معروف است .

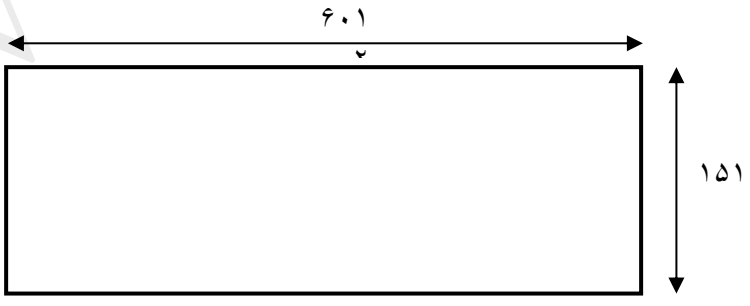
یک سری جداول وجود دارند که با فرض معلوم بون سایز لوله و Schedule آن می توان ضخامت دیوارهٔ لوله را از روی جداول بدست آورد . اطلاعات بدست آمده از جدول را با اطلاعاتی که خود با اندازه گیری دیواره لوله با کولیس انجام دادیم مقایسه کرد تا مطمئن شویم که لوله مورد نظر درست است .

۲-۵ کنترل فلنج ها و زانویی ها و دیگر اتصالات ورودی به کارخانه

مأمور کنترل کیفیت با داشتن درخواست سفارش کارخانه برای کنترل اتصالات اقدام می کند.هر یک از اتصالات ورودی به کارخانه دارای یک سری مشخصات است که روی اتصالات حک شده است وظیفه مأمور چک کردن کالای ورودی کارخانه با دستور سفارش می باشد و بعد از چک کردن،تحویل انباردار کارخانه می دهد .

۲-۶ ابعاد و اندازه ورق ها

معمولاً ورق های استاندارد ایرانی به طول ۶ متر و عرض ۱/۵ متر می باشد در صورتیکه ورق های خارجی به طول ۶ متر و عرض ۲ متر می باشد معمولاً ورق هایی که تولید شده اند به همان اندازه واقعی که گفته شده نیستند معمولاً ۱۰ الی ۱۵ میلیمتر بزرگتر از اندازه اسمی می باشد .(شکل ۲-۱)



شکل (۲-۱) نشان دهنده تفاوت اندازه واقعی با اسمی

www.Prozhe.com

۲-۷ دستور برش ورق

هر پروژه تولید مخزن شامل یکسری اسناد و مدارک می باشد از جمله این اسناد نقشه ساخت مخزن می باشد که این نقشه در برنامهٔ AutoCAD (اتوکد) طراحی شده است که دارای اطلاعاتی در مورد طول و ضخامت و قطر داخلی و تعداد نازل ها و فلنج ها و اندازه قرارگیری نازل ها بر روی SHEL و. . . می باشد
دستور برش ورق این گونه می باشد که با داشتن قطر داخلی مخزن و ضخامت ورق بایستی محاسبات بر مبنای قطر خنثی مخزن انجام شود پس داریم :

$$\frac{\text{قطرداخلی} + \text{قطرخارج}}{2}$$

به طور مثال اگر قطر داخلی مخزنی ۱۵۰۰ و ضخامت ورق ۱۴mm باشد :

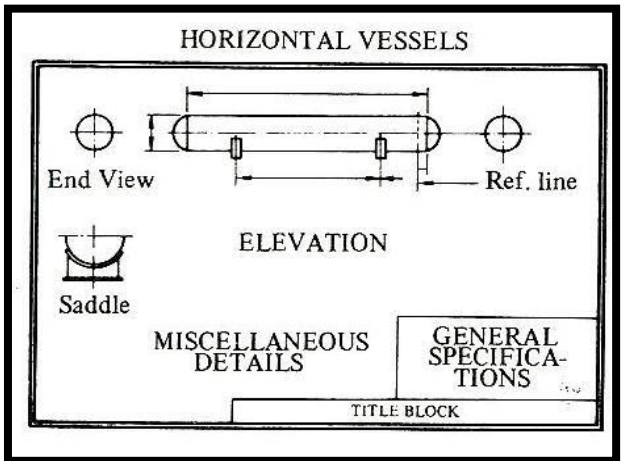
$$\frac{1500+1528}{2}=1514$$

عدد بدست آمده را ضرب در ۳/۱۴ می کنیم تا طول ورق که بایستی برش بخورد معلوم شود .

۱۵۱۴×۳/۱۴=۴۷۵۳/۹

عرض ورق که مشخص است، طول ورق را این اندازه در نظر میگیریم .
حال بر اساس طول کلی مخزن تعداد شل هایی که نیاز است تا این طول کلی مخزن را در نظر بگیرد را تهیه می کنیم با فرض اینکه طول کلی مخزن ۹/۵ متر باشد و از آنجا که عرض ورق ها متغیر می باشد (بیشتر از ۱/۵ متر) و با در نظر گرفتن GAP (فاصله بین هر دو شل) بایستی این افزایش و کاهش اندازه ها را در نظر گرفت تا طول کلی مخزن مطابق با نقشه باشد .(شکل۲-۲)

www.Prozhe.com



شکل۲-۲: نقشه ساخت مخزن;اطلاعات مورد نیاز ساخت مخزن

فرمول محاسبات قیمت مخازن

لیست قیمت اجناس خریداری شده+هزینه حقوق کارگران و پرسنل+کسورات دولتی+ ۱۵٪ کل مبلغ= نرخ محصول

www.Prozhe.com