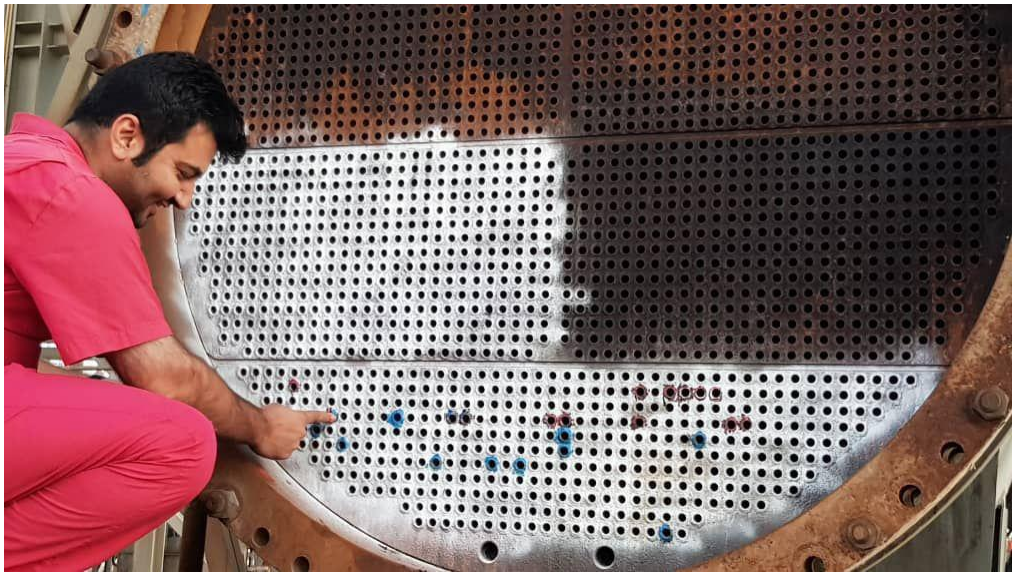
الزامات تست فشار

با تقاطع ضربدری به استانداردها

جلسه اول و دوم



استاد مربوطه: جناب آقای مهندس ابراهیم خیّر

مکان: گروه تلگرامی مکانیزم‌های تخریب

۱۱ مهرماه / ۱۲ آبان ۹۸

به نام خدای مهربان

ردیف	جلسه	تاریخ برگزاری
۱	جلسه اول	۱۱ مهر ماه ۹۸
۲	جلسه دوم	۱۲ آبان ماه ۹۸
۳	جلسه سوم	
۴	جلسه چهارم	
۵	جلسه پنجم	

جلسه اول

بندهای استانداردهای مختلف در زمینه الزامات تست هیدرواستاتیک و تست نشتی:

- بند 5.8 کد API 510
- بند 9.7 استاندارد API 572
- بند 5.8 کد API 570 ویرایش ۲۰۰۹
- بند 5.11 کد API 570 ویرایش ۲۰۱۶
- بند 11 الی 11.2 استاندارد API 574
- بند 9.11 استاندارد API 577
- بند 345 استاندارد ASME B31.3
- بند UG99 کد ASME SEC VIII DIV 1 2017
- آرتیکل 501 (در زمینه الزامات تست فشار هیدرواستاتیک و نیوماتیک و انواع تست‌های نشتی خواهد بود)، 502
-
- پ(به روش‌های جایگزین NDT به جای تست فشار پرداخته شده است) و 503 (این آرتیکل در ویرایش ۲۰۱۸ اضافه شده است) استاندارد ASME PCC2
- استاندارد EEMUA 168
- استاندارد IPS-C-PI-350
- استاندارد API 1110
- استاندارد PFI ES-4
- فصل ۱۲ استاندارد API 653 بر اساس بند 3.20 آن
- بند 7.3.7 استاندارد API 650
- بند 7.18 استاندارد API 620
- بند 10.3 استاندارد API 625

آیا تست فشار بعد از هر بازرسی مورد نیاز است؟

تنها در مبدل‌های حرارتی پس از انجام تمیزکاری تیوب‌ها تست فشار در بازرسی‌های معمول به‌صورت روتین صورت می‌پذیرد.

زمان انجام تست فشار:

بعد از هر Alteration

بعد از تعمیرات Major

بعد از Rerate

در مورد تعمیرات غیر Major، انجام تست فشار تنها با نظر بازرس

ASME PCC2 – Article 5.1

چه زمانی نیاز به تست فشار است:

API 510 و API 570 بحثی که انجام می‌شود این است که چه زمان به تست فشار نیاز هست که در بند 5.8 کد API 510 و بند5.11 کد API 570 تست فشار به این صورت آمده است که: تست فشار معمولاً به‌صورت دوره‌ای و یا به‌صورت Part of routine inspection نیازی نیست.

نکته اول این است که تست فشار به‌صورت دوره‌ای نیاز نیست که داشته باشیم و تست فشار در صورتی نیاز است که Major Repair و Alterate داشته باشیم.

بعد از Major Repair و Alterate تست فشار الزامی خواهد بود البته در فصل هشتم که در زمینه بحث تعمیرات و تغییرات است در بند 8.2 در زمینه Rerate (تغییرات فرایندی) نیز ذکر کرده که اگر تغییرات فرایندی (Rerate) منجر به این شود که MAWP جدید نسبت به MAWP فعلی افزایش پیدا کند قبل از این‌که بخواهید تجهیز را استفاده کنید، نیاز است که تست فشار را انجام دهید تا اینتگریتی آن را حساب کنید.

اما اگر Rerate منجر به کاهش فشار شود چون تا همین دوره با فشار بالاتری کار می‌کرده، در این حالت به تست فشار نیاز ندارد.

5.8 Pressure Testing

5.8.1 General

Refer to Article 5.1 in ASME PCC-2 for more information on pressure testing.

5.8.2 When to Perform a Pressure Test

5.8.2.1 Pressure tests are not normally conducted as part of routine inspection. A pressure test is normally required after an alteration or major repair. After repairs (other than major repairs) are completed, a pressure test shall be

بند ۵.۸ کد API 510 در زمینه الزامات تست فشار

√ مرور ۱: الزامات تست فشار:

۱- به‌عنوان Part of routine inspection نباشد.

۲- نکته بعدی این است که بعد از Major Repair و Alterate تست فشار الزامی خواهد بود.

۳- اگر Rerate منجر به افزایش فشار شود.

مروری مختصر بر Major Repair، Alterate و Rerate:

Major Repair: تمامی تعمیرات‌هایی است که بر روی Pressure Boundary (اجزایی است که مستقیم با فشار در تماس است مثل shell, نازل، کلگی و فلنج) انجام می‌شود یا گاهاً Pressure Containing نیز بیان می‌شود.

لازم به ذکر است که Pressure Boundary با Pressure Containing تفاوت دارد.

Pressure Boundary: اجزایی است که مستقیم با فشار در تماس است مثل shell, نازل، کلگی و فلنج.

Pressure Containing: اجزایی است که به‌صورت مستقیم با فشار در تماس نیست مثل اجزای یک شیر.

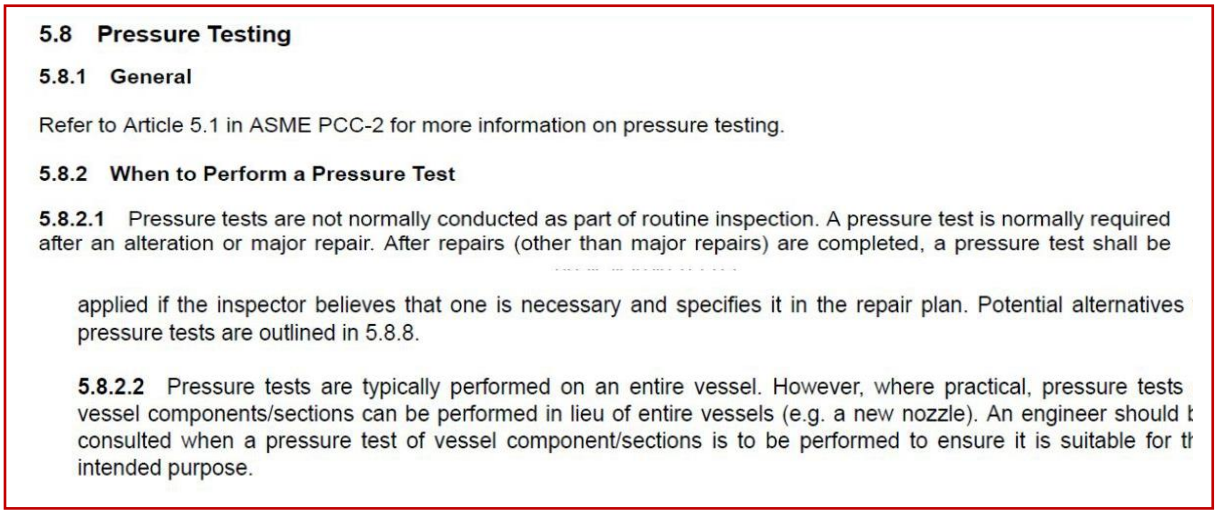
در API 510 بیان کرده است که وقتی Major Repair داشته باشید نیاز به تست فشار است. به‌عنوان مثال کارهای گرمی که بر روی اجزای Pressure Boundary نظیر shell، نازل، کلگی و فلنج‌ها انجام می‌دهیم نیاز به Pressure Test خواهد داشت.

سوال اولی که مطرح می‌شود این است که: چه میزان؟ آیا هر میزان Major Repair الزام آور تست فشار هست؟

این‌جا است که تقاطع ضربدری استانداردها به کمک ما خواهد آمد.

در ابتدا بند 5.8 کد API 510 را بررسی می‌کنیم و در ادامه چه میزان نیاز به تست فشار دارد را بررسی خواهیم کرد.

در زیر بند 5.8 کد API 510 را مشاهده می‌نمائید:



5.8 Pressure Testing

5.8.1 General

Refer to Article 5.1 in ASME PCC-2 for more information on pressure testing.

5.8.2 When to Perform a Pressure Test

5.8.2.1 Pressure tests are not normally conducted as part of routine inspection. A pressure test is normally required after an alteration or major repair. After repairs (other than major repairs) are completed, a pressure test shall be applied if the inspector believes that one is necessary and specifies it in the repair plan. Potential alternatives pressure tests are outlined in 5.8.8.

5.8.2.2 Pressure tests are typically performed on an entire vessel. However, where practical, pressure tests vessel components/sections can be performed in lieu of entire vessels (e.g. a new nozzle). An engineer should b consulted when a pressure test of vessel component/sections is to be performed to ensure it is suitable for th intended purpose.

همان‌طور که در بالا مشاهده می‌نمائید قدم اول به Article 5.1 استاندارد ASME PCC-2 ریفر داده است. البته توجه به این نکته ضروری است استاندارد ASME PCC-2 که در این ویرایش وجود دارد چون API 510 براساس ۲۰۱۷ است و استاندارد ASME PCC-2 در سال ۲۰۱۸ یک ویرایش جدید داد به خاطر همین شماره‌گذاری آرتیکل‌های آن بر اساس ۲۰۱۷ است. در استاندارد ASME PCC-2 ویرایش ۲۰۱۸ این آرتیکل به شماره 501 تغییر یافته است. چون کد به یک استاندارد ریفر می‌دهد بنابراین استفاده از آن الزامی است. (بیان شده که برای اطلاعات بیش‌تر در خصوص تست فشار به استاندارد ASME PCC2 آرتیکل ۵۰۱ ویرایش ۲۰۱۸ مراجعه فرمائید.)

اما در بند 5.8.2 می‌خواهیم این نکته را بررسی کنیم که چه زمانی تست فشار الزامی است:

تست فشار به‌عنوان الزامات روتین بازرسی انجام نمی‌شود. تست فشار معمولاً بعد از Major repair و Alteration الزامی خواهد بود.

در بالا به تعریف Major repair پرداختیم و در این قسمت Alterate را تعریف می‌کنیم.

Alterate: تغییرات فیزیکی بر روی اجزای تحت فشار که منجر به تغییر MAWP شود (کاهش یا افزایش MAWP).

مثال: قسمتی از یک Pressure Vessel را وصله‌ی توکار می‌زنید، استحکام وصله‌ایی که استفاده کردید از استحکام Base Metal کم‌تر است و نهایت ضخامتی که می‌توانید موثر خواهد بود با ضخامت بدنه است که برابر خواهد بود با عمق جوش، که در این‌جا باعث کاهش MAWP خواهد شد. نمونه مثالش این است که قسمتی از لوله ۸۰ را با ۶۰ تعویض می‌کنید که این می‌شود Alterate. کار فیزیکی بر روی Pressure Boundary انجام دادید یعنی عملاً یک Major Repair انجام دادید اما این Major Repair به‌گونه‌ای نبوده که بخواهد MAWP را به حالت قبلی برگرداند. این‌جا MAWP کم‌تر شده که این Alterate می‌شود و بعد از Alterate نیز تست فشار الزامی است. فقط این نکته را باید در نظر داشته باشیم که بعد از Alterate که تست فشار الزامی است فشار تست بر اساس فشار MAWP جدید خواهد بود. تا این‌جا این مورد بررسی شد که بعد از Major repair و Alterate نیاز به تست فشار داریم.

در استاندارد بیان شده است:

A Pressure test is normally required after an alteration or major repair

کلمه normally بیان شده است و اولین سوالی که این‌جا به‌وجود می‌آید این است که مگر می‌شود یک Major Repair یا Alterate داشته باشیم که نیاز به تست فشار نداشته باشد؟

پاسخ: بله

یک سری معافیت‌ها و استثنائات می‌توان داشته باشیم که در Major Repair و Alterate، الزام تست فشار را نداشته باشیم.

در بند 5.8.2.1 استاندارد بیان کرده است که بعد از اتمام تعمیرات که غیر از تعمیرات اصلی هستند، تشخیص این‌که نیاز به تست فشار داشته باشیم بر عهده بازرس خواهد بود.

به‌عنوان بازرس می‌خواهیم بدانیم تست فشار را انجام ندهیم:

همان‌گونه که مشاهده شد یکی از رفرنس‌ها PCC2 است که اگر به آرتیکل 502 استاندارد ASME PCC2 بند 2.4 مراجعه شود، معافیت‌های تست فشار بیان شده است.

الزامات جایگزینی تست فشار با NDE:

آرتیکل 502 از ASME PCC2 در زمینه الزامات جایگزین تست فشار تعمیرات و تغییرات با تست NDE خواهد بود.

آرتیکل 502 استاندارد ASME PCC2 را در زیر مشاهده می‌نمائید:

Article 502
Nondestructive Examination in Lieu of Pressure Testing for Repairs and Alterations

502-1 DESCRIPTION

502-1.1 Background

This Article provides alternatives to pressure testing after repairs or alterations. A pressure test in itself is a useful tool with respect to newly constructed equipment. Application of a pressure test, to equipment that has been in service for some time, is a matter that requires careful consideration of a variety of factors involved. There are instances where the application of a pressure test is not desirable, such as, the application of a pressure test may create damage.

502-1.2 Application

This Article applies to equipment for which

(a) NDE provides better assurance of integrity in future operation for elevated temperature or cyclic operation where crack initiation and propagation is a concern. Large flaws may not result in failure during a pressure test but may propagate in cyclic or creep service.

(b) a pressure test is not practical and NDE can be shown to provide appropriate integrity assurance. A pressure test of equipment that has been repaired is primarily a leak test, or, in some cases, a test for gross fabrication flaws that could compromise structural integrity. Structural integrity of the design is usually not an issue for repairs. Even for most alterations, the integrity of the design can be verified by engineering analysis.

(c) a pressure test is practical, but NDE can be shown to provide equivalent integrity assurance. In this case, overall cost may be a major consideration. It is essential that the appropriate NDE be performed based on the damage mechanisms anticipated during repairs or alterations.

502-1.3 Pressure Testing

Pressure testing consists of three primary methods.

(a) *Hydrostatic Test.* The fluid used is typically water; however, another suitable liquid can be substituted if there is a risk of damage due from any adverse effects of having water in the system.

(b) *Pneumatic Test.* This is performed in some situations where the presence of any water or weight of the water in the system is an issue. The pneumatic test is potentially hazardous due from the stored energy of the compressed gas.

(c) *Hydro-Pneumatic Test.* This is a combination of the two other test methods. Article 501 should be referred for pressure testing issues and precautions.

502-1.4 Nondestructive Examination (NDE)

NDE has been defined as comprising those examination methods (see Mandatory Appendix 502-I) used to examine an object, material, or system without impairing future usefulness. It is used to investigate the material and component integrity.

Determining the structural integrity of a pressure-retaining device or component can be accomplished by a process involving a quantitative engineering evaluation coupled with NDE to obtain current wall thicknesses and provide detection and sizing of any in-service flaws or cracks (National Board Bulletin, Volume 61).

502-1.5 Pressure Test

502-1.5.1 Reasons for Pressure Testing in New Construction (18)

(a) Checks for leakage of mechanical and welded joints

(b) May avoid an in-service failure and associated safety issues

(c) Screens out gross design, material, fabrication deficiencies

(d) Reduces the stress-multiplying capability of sharp notches, metallurgical defects, discontinuities (flaw tip blunting)

(e) Provides mechanical stress relief

Also refer to 501-3.2.

502-1.6 NDE Methods (18)

The following is a limited list of the more common alternative NDE methods. Mandatory Appendix 502-I, Table 502-I-1 compares NDE methods, properties sensed or measured, typical discontinuities detected, representative applications, advantages, and limitations. Refer to section 502-5 for examination requirements.

در گام اول بند 502.2.4 این استاندارد که در زمینه معافیت‌ها و استثنائات تست فشار است را بررسی کنیم که در زیر این بند را مشاهده می‌نمائید:

502.2.4 Repairs and Alterations for which Pressure Testing is noy Normally Required (ANSI/NB-23)

تعمیرات و تغییرات‌هایی که تست فشار بر روی آن‌ها به صورت normally الزامی نخواهد بود.

502-2.4 Repairs and Alterations for Which Pressure Testing Is Not Normally Required (ANSI/NB-23)

The following types of repairs and/or alterations may be exempt from pressure testing or where pressure tests may be optional depending upon the needs of the owner–user:

(a) welding or brazing that does not penetrate the pressure boundary at any point

(b) seal welds

(c) cladding application/repairs

(d) hard surfacing

(e) welding to flange seating surfaces, when less than 50% of the axial thickness is replaced by welding

(f) tube-to-tubesheet welds, provided less than 10% of the total number of tubes are replaced at any time after a full operational cycle

(g) tube plugging or sleeving of heat exchangers, steam generators, or boiler tubes

(h) hot tap fittings

در بند 5.8 استاندارد API 510 نیز بیان شده بود که جاهایی که تعمیرات و تست فشار محل سوال است وظیفه بازرس است که تشخیص دهد نیاز به تست فشار خواهیم داشت یا خیر.

در بند 502.2.4 استاندارد ASME PCC2 بیان شده که موارد ذیل به‌عنوان تعمیرات و تغییراتی باشد که آن‌ها را از انجام تست فشار معاف کنیم یا جاهایی که چالش هست و این انجام تست فشار به عهده بازرس است. مطابق با بند 2.4 آرتیکل 502 در استاندارد ASME PCC2-2018 معافیت‌های تست فشار برای تعمیرات Major repair و Alterate شامل موارد ذیل می‌شود:

الف) جوشکاری‌های غیر نفوذی اجزای غیر تحت فشار به اجزا تحت فشار

ب) جوش آب بند (Seal Weld)

جوش آب‌بند که برای اتصالات رزوه‌ایی به کار می‌رود که مطابق با آرتیکل 203 استاندارد ASME PCC2 است. چند بند استاندارد ASME B31.3 و هم‌چنین استاندارد ASME SEC VIII تقاطع ضربدری دارد از جمله بندهای 311، 314، 328 و 335 استاندارد ASME B31.3 و هم‌چنین بند UG13 استاندارد ASME SEC VIII خواهد بود.

جاهایی که اتصالات رزوه‌ای داریم و احتمال نشتی وجود دارد، کاری که می‌توانیم انجام دهیم این است که حتی بعد از تست هیدروتست، مشاهده کردید که یکی از اتصالات رزوه‌ایی نشتی داشته باشد می‌توانید جوشکاری کنید و نیازی به تست هیدروتست مجدد نداشته باشد و صرفاً یک تست Leak Test انجام خواهیم داد.

ج) تعمیرات کلد (تعمیر یا اعمال کلد)

تعمیرات کلدها در API 510 و API 570 در فصل هشتم به آرتیکل 211 استاندارد ASME PCC2 ریفر داده شده است. این‌جا تا مادامی‌که بازسازی کلد داشته باشیم که در بازسازی کلد داستان به این صورت است که قسمتی از کلد آسیب دیده و صرفاً به روش WELE OVER LEY آن قسمت آسیب دیده کلد را تعمیر می‌کنید مطابق با آرتیکل 211 استاندارد ASME PCC2 این کار صورت می‌گیرد و جوش نفوذی بر روی فلز پایه را نخواهیم داشت. در چنین حالتی نیاز به تست فشار نخواهیم داشت. چرا؟ علت این است که معمولاً کلدهایی که داریم از جنس Stainless Steel سری ۳۰۰ است و اگر بخواهید تست فشار را انجام بدهیم که اولویت اول آن تست هیدرواستاتیک است بعد تست نیوماتیک، داستانی که می‌تواند اتفاق افتاد این است که آبی که می‌خواهید استفاده کنید برای ظرفی که دارای کلد است، این آب دارای محدودیت حداکثر کلر است. کلر باید کم‌تر از 50 ppm باشد و آب condensatad استفاده شود و یک سری شرایط خاص دیگر که در ادامه الزامات سیال این تست را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

د) هارد فیسینگ

به‌عنوان مثال انجام هارد فیسینگ بر روی بدنه ولوی یا دهانه‌ی روبروی یک نازلی برای افزایش مقاومت به سایش و خوردگی انجام می‌دهیم این نیز نیاز به تست فشار مجدد نخواهد داشت.

ه) اتصال تیوب به تیوب شیت به شرطی‌که تا ده درصد کل تعداد تیوب‌ها را بیش‌تر شامل نشود یا انجام عمیات تیوب پلاگ است یا غلاف می‌زنید که به‌عنوان روش‌های تعمیراتی تیوب‌های مبدل‌های حرارتی است و در آرتیکل 312 استاندارد ASME PCC2 مورد بحث و بررسی قرار گرفته است که این‌ها نیز الزامات تست فشار نیست.

اما یک نکته‌ای که این‌جا وجود دارد این است که بحث پیامد و مخاطرات پلاگ را در نظر گرفته که احتمال در رفتن و آسیب پلاگ خواهد بود.

البته در آرتیکل 312 استاندارد ASME PCC2 از آن‌جایی که استفاده از پلاگ مکانیکی را به آن اشاره می‌کند برای فشارهای بالاتر از 200 Psi، یا اتصالات تیوب به تیوب شیت که به‌صورت جوشی است یا دما بالاتر از ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد است، آن‌جا از نظر مخاطرات مکانیکی برای شرایط غیر از داخلی، کمی شرایط محیاتر است و احتمال در رفتن پلاگ به صفر خواهد رسید چون از پلاگ مکانیکی استفاده می‌کند.

اما وقتی پلاگ گوه‌ای استفاده می‌شود و احتمالاً آن را هم جوش به‌صورت جوشی seal weld نکردیم احتمال آسیب رساندن وجود خواهد داشت به همین دلیل این‌جا هم برایش محدودیت می‌گذارد.

و) اتصالات هات تپ

در استاندارد API 2201 بیان کرده که وقتی به‌عنوان مثال می‌خواهید عملیات هات تپ را انجام دهید که قبلاً مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت یا استاندارد EEMUA 185 که مربوط به هات تپ است، وقتی می‌خواهید مورد تست قرار دهید که این‌جا از تست فشار نام برده است که در این حالت نباید ۱/۵ برابر فشار طراحی، تست را انجام بدهیم چون احتمال آسیب رساندن به هدر خواهد بود. نکته‌ایی که این‌جا وجود دارد این است که در استاندارد API 2201 ذکر کرده که نهایتاً باید یک تست نشتی را انجام دهید. مجموع اتصال هات تپ و فلنج و ولوها را که روی کار جوش شده است را یک تست نشتی با فشار NOP (Normal Operatiog Pressure) انجام دهید حداکثر ۱۱۰ درصد آن. برای این‌که نخواهیم یک فشار مضاعف خارجی به یک بدنه لوله وارد کنیم و آسیب ببینند. پس بنابراین بر اساس بند 2.4 آرتیکل 502 استاندارد ASME PCC2 یک سری معافیت‌ها و استثنائات هم برای تست فشار و Alterate وجود خواهد داشت. به زبان ساده هر Major Repair یا یک تک خال بر روی بدنه یا نصب لاگ یا نصب ساپورت یا نصب بافل بر روی بدنه الزام آور تست فشار نیست.

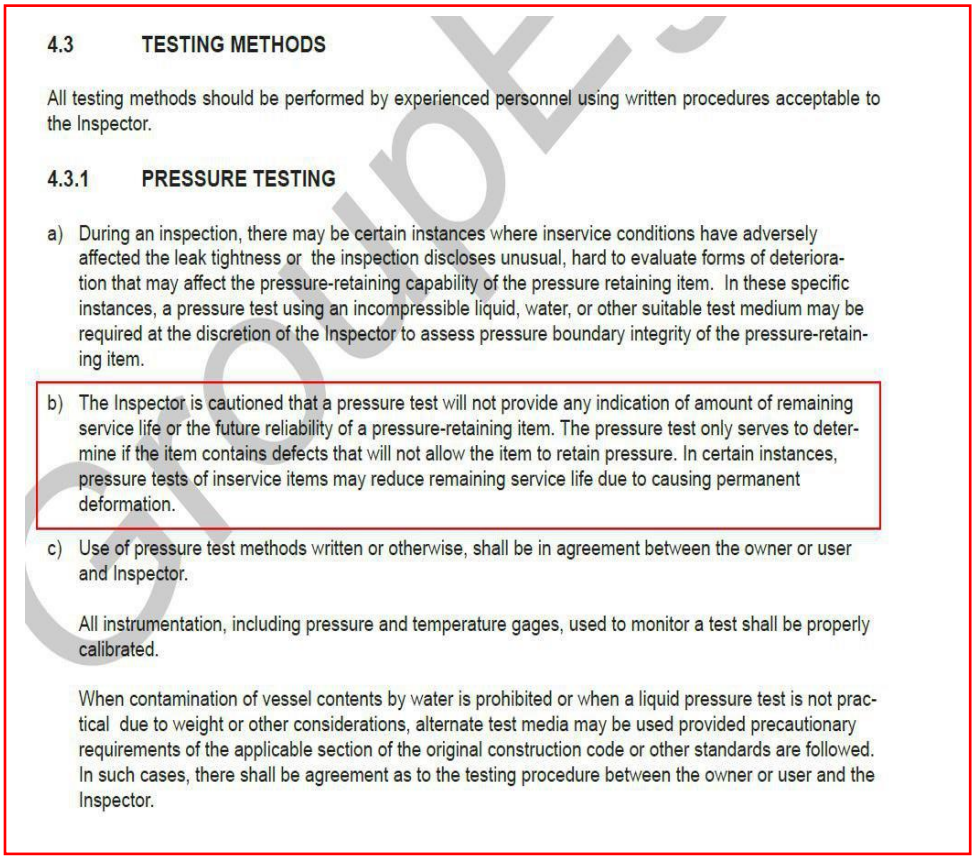
محدودیت در دفعات تست هیدرواستاتیک تحت شرایط خاص:

مطابق بند 4.3.1b استاندارد NBIC- NB-23 Part 2 بازرس می‌بایست ملاحظات مورد نیاز در زمان تست فشار را مدنظر قرار دهد تا تست فشار منجر به کاهش عمر تجهیزات نشود. در برخی تجهیزات و خصوصاً تجهیزات تحت aging تست فشار می‌تواند منجر به ایجاد تغییر شکل‌های موضعی به نحو زیر شود:

برای ظروف تحت فشار و تجهیزاتی که تحت aging قرار دارند (رابطه استحکام با دما وابسته به زمان خواهد بود)، انجام هیدروتست در فشارهای بالا می‌تواند منجر به آن شود که ترک‌هایی که در حالت فرایندی در منطقه داکتیل قرار دارند، با وارد آوردن فشار ۱/۵ برابر فشار طراحی منجر به وارد آمدن تنش به ترک‌ها و رشد آن‌ها در ناحیه ترد شوند و از آن‌جایی که زمان هولدینگ تست فشار محدود می‌باشد این ترک‌ها در حالت تست منجر به نشتی نگردد، اما با قرار گرفتن در سرویس یا در زمان راه‌اندازی منجر به نشتی گردد.

بنابراین برای تجهیزاتی که تحت aging قرار دارند، پیشنهاد می‌شود فشار تست هیدرواستاتیک را کاهش و توامان از روش‌های NDE نیز برای بررسی اینتگریتی استفاده شود.

بنابراین همان‌گونه که در بند 5.8 کد API 510 نیز به صراحت ذکر شده است تست فشار را معمولاً نباید به‌عنوان روش روتین بازرسی به کار ببریم و تست فشار زمانی الزامی خواهد بود که Major Repair یا Alterate داشته باشیم. در مورد Rerate نیز مطابق فصل ۸ کد ۵۱۰ زمانی نیاز به تست فشار خواهد بود که منجر به افزایش MAWP شود.



4.3 TESTING METHODS

All testing methods should be performed by experienced personnel using written procedures acceptable to the Inspector.

4.3.1 PRESSURE TESTING

a) During an inspection, there may be certain instances where inservice conditions have adversely affected the leak tightness or the inspection discloses unusual, hard to evaluate forms of deterioration that may affect the pressure-retaining capability of the pressure retaining item. In these specific instances, a pressure test using an incompressible liquid, water, or other suitable test medium may be required at the discretion of the Inspector to assess pressure boundary integrity of the pressure-retaining item.

b) The Inspector is cautioned that a pressure test will not provide any indication of amount of remaining service life or the future reliability of a pressure-retaining item. The pressure test only serves to determine if the item contains defects that will not allow the item to retain pressure. In certain instances, pressure tests of inservice items may reduce remaining service life due to causing permanent deformation.

c) Use of pressure test methods written or otherwise, shall be in agreement between the owner or user and Inspector.

All instrumentation, including pressure and temperature gages, used to monitor a test shall be properly calibrated.

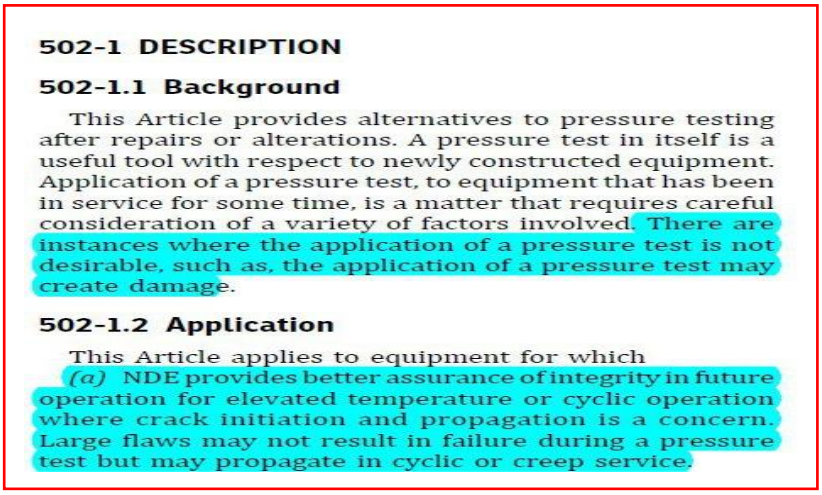
When contamination of vessel contents by water is prohibited or when a liquid pressure test is not practical due to weight or other considerations, alternate test media may be used provided precautionary requirements of the applicable section of the original construction code or other standards are followed. In such cases, there shall be agreement as to the testing procedure between the owner or user and the Inspector.

بند 4.3.1b استاندارد NBIC- NB-23 Part 2 در زمینه محدودیت شرایط خاص برای تست فشار

محدودیت‌های تست فشار:

چرا تست فشار همواره تضمین کننده اینتگریتی تجهیز نمی‌باشد.

چرا استانداردی نظیر آرتیکل 502 استاندارد ASME PCC2 یک سری معافیت و استثنائات برای تست فشار آورده و چرا نبایستی سریعاً با هرگونه میزان تعمیراتی و تغییراتی به سمت تست فشار برویم.



502-1 DESCRIPTION

502-1.1 Background

This Article provides alternatives to pressure testing after repairs or alterations. A pressure test in itself is a useful tool with respect to newly constructed equipment. Application of a pressure test, to equipment that has been in service for some time, is a matter that requires careful consideration of a variety of factors involved. There are instances where the application of a pressure test is not desirable, such as, the application of a pressure test may create damage.

502-1.2 Application

This Article applies to equipment for which

(a) NDE provides better assurance of integrity in future operation for elevated temperature or cyclic operation where crack initiation and propagation is a concern. Large flaws may not result in failure during a pressure test but may propagate in cyclic or creep service.

محدودیت‌های تست فشار بر اساس آرتیکل 502 استاندارد ASME PCC2

نکته‌ایی که این‌جا وجود دارد این است که تست فشار چندین آسیب می‌تواند داشته باشد، آسیب یا محدودیت‌هایی که تست فشار می‌تواند داشته باشد به شرح زیر است:

محدودیت اول این است که در ادامه خواهیم دید که اولویت در تست فشار، انجام تست هیدرواستاتیک است نه تست نیوماتیک چون در تست نیوماتیک میزان حجم انرژی بالایی خواهیم داشت و در صورت شکست ترد و یا موارد Fauliure احتمال یک فاجعه خواهد بود. بنابراین اولین محدودیت در تست هیدرواستاتیک محدودیت تأمین آب مورد نیاز انجام تست است. یک مخزن تحت فشار یا پایپینگی که از جنس SS سری ۳۰۰ است را بخواهید تست هیدرواستاتیک انجام بدهید و بخواهید کلر آن کم‌تر از 50 ppm باشد که این میزان کلر باعث محدودیت و دردسر خواهد شد.

بنابراین محدودیت اول در تأمین آب مورد نیاز انجام تست است که می‌تواند منجر به خوردگی شود و حتی نیاز به اضافه کردن بازدارنده نیز هست.

محدودیت اول همان‌گونه که در بالا توضیح داده شد به خاطر تأمین آب مورد نیاز برای تست هیدوراستاتیک خواهد بود.

محدودیت دوم شکست ترد است.

سوالی که به‌وجود می‌آید این است که در شکست ترد چه اتفاقی می‌افتد؟

درست است که یک Pressure Vessel یا پایپینگ را طراحی کردید برای یک دمای MDMT پایینی و الزام تست ضربه را هم پاس کرده اما این الزامات برای زمان فشار طراحی است یعنی با Allowable Stress است.

اما در تست Pressure Vessel چه کار می‌کنند:

در ادامه خواهید دید که فشار تست حداقل ۱۳۰ درصد MAWP خواهد شد. فشار تست ۱/۵ برابر فشار طراحی برای ظروف، پایپینگ یعنی تنشی که وارد می‌کنید حداقل ۱۳۰ درصد بالاتر از Allowable Stress برای ظروف تحت فشار و ۱۵۰ درصد بالاتر از Allowable Stress برای پایپینگ است.

یک ظرف تحت فشار یا پایپینگی را برای دمای ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد طراحی کردید، الان می‌خواهید با ۱۳۰ درصد Allowable Stress یا ۱۵۰ درصد Allowable Stress تست بکنیم در یک محدوده‌ی دمایی ۲۰ الی ۲۵ درجه (البته این حالت خوشبینانه است. گاهاً محیط سرد است.)

در ادامه چندین تصویر شکست ترد را در زمان تست هیدرواستاتیک مشاهده می‌نمائید که اگر بخواهد تست نیوماتیک باشد، فاجعه خواهد بود.

بنابراین محدودیت دوم احتمال ایجاد شکست ترد است.

این سوال پیش می‌آید که مگر این ظرف تحت فشار یا پایپینگ تست ضربه را پاس نکرده است مثلاً در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد تست را پاس کرده است.

به‌عنوان مثال بند UG84 استاندارد ASME SEC VIII و بند 323 استاندارد ASME B31.3.

چطور الان نمی‌توان تستش کرد، دمای تست که نسبت به دمای فرایندی بالاتر است.

نکته‌اش این‌جا است که درست است که دمای تست نسبت به دمای منفی MDMT و فرایند خیلی بالاتر است اما با تنشی بالاتر، ۱۵۰ درصد یا ۱۳۰ درصد Allowable Stress تست را انجام می‌دهید و گاهاً این تنش نیز به حد بالا هم خواهد رسد. دما اگر که بالاتر است عوضش تنش خیلی بالاتر است و برای شکست ترد هم تنش را می‌خواهیم و هم دمای پایین را خواهیم خواست.

پس احتمال شکست ترد محدودیت دوم تست فشار است.

یک مخزن ذخیره را در زیر مشاهده می‌نمائید که این مخزن با یک فشار معمول هیدرواستاتیک در حال تست است که دچار شکست ترد شده است. به چند علت دچار شکست ترد شده است:

اول این‌که متریال A283 بوده و ثانیاً چقرمگی آن بررسی نشده است.

هم‌چنین مهم‌تر از آن این بوده که در زمانی‌که تست هیدرواستاتیک را انجام می‌دادند، ضد یخ هم اضافه نکردند.

شکست ترد در زمان تست هیدرواستاتیک یک مخزن ذخیره

انجام پیش گرم در تست هیدرواستاتیک اکونومایز بویلر به منظور کاهش ریسک شکست ترد: قانون حداقل دمای فلز MDMT+30 °F یا MDMT + 17 °C برای ضخامت بالاتر از ۲ اینچ و برای ضخامت زیر ۲ اینچ MDMT+ 10 °F یا MDMT+ 6°C

شکست ترد یک ظرف تحت فشار در زمان تست هیدرواستاتیک

پوکیدن یک سایت در زمان تست نیوماتیک به‌دلیل شکست ترد

پوکیدن یک سایت در زمان تست نیوماتیک به‌دلیل شکست ترد

شکست ترد در تست نیوماتیک یک مخزن ذخیره سوخت

محدودیت سوم (که یک بند مظلوم و مغفول نیز هست استاندارد NBIC) برای تجهیزاتی که تحت رژیم خزش هستند، تحت رژیم aging هستند یعنی دمای آن‌ها بالاتر از دمای خزش است که دمای خزش از API 571 در بحث خزش به‌دست می‌آوریم و برای کوره‌ها و بویلرها API 560 جدول آورده شده و دمای رژیم خزش آورده شده است. در ASME B31.3 نیز آن فاکتور W که Weld joint strength reduction factor زمانی‌که کم‌تر از یک می‌شود آن محدوده دمای شروع خزش خواهد بود که در قسمت نوت‌های استاندارد نوشته شده است.

حال یک تجهیز در خزش در حال کار است وقتی یک تجهیز در رژیم خزشی کار می‌کند، تست فشار به‌عنوان تضمین کننده‌ی اینتگریتی همواره نخواهد بود.

چرا؟

علت این‌جا است که حتی می‌تواند عیوب بزرگی در عیوب خزشی باشد اما در تست فشار خودش را نشان ندهد. چون زمان لازم را ندارد. چون تنش لازم را نخواهد داشت. بنابراین هم‌چنین تجهیزاتی که تحت رژیم خزشی هستند، تست فشار تضمین کننده اینتگریتی نیست.

به عبارتی بویلر را هر سال یک بار تست کردن که تحت رژیم aging است، تضمین کننده‌ی اینتگریتی نیست. بدون major repair یا alterate هر یک سال یک‌بار، تازه بدون این‌که بندهای آرتیکل 502 بند 2.4 استاندارد ASME PCC2 را در نظر بگیریم، تست فشار را هر یک سال یک بار انجام دهیم.

پس هر سال یک بار تست فشار برای بویلر نیازی نیست که بخواهیم برای آن گواهینامه صادر کنیم. ممکن است تحت رژیم خزش یا aging باشد یا در مرحله macro fishering یا در مرحله micro crack

باشد اما چون نه زمان تست بالا است و نه فشار به اندازه‌ی کافی است، اتفاقی که می‌افتد این است که شما تشخیص نمی‌دهید و گواهینامه هم امضا می‌کنید. تازه گاهاً می‌توان این مراحل خزش را با همین تنشی که در تست فشار آوردیم، جلو بندازیم یعنی micro fishering را تبدیل به micro crack تبدیل کنیم عملاً عمر تجهیز را کم کرده باشیم. این مهم‌ترین محدودیت‌ها است. به خاطر همین بیان می‌کند که برای هر major repair و هر alterate تست فشار را انجام ندهیم.

این مورد جای مشکل است که برای هر بویلر هر سال تست فشار را انجام دهیم و گواهینامه نیز برای آن صادر است. در هیچ استانداردی چنین موضوعی را بیان نکرده است. هیچ جای استاندارد بیان نکرده است که سالیانه تست فشار را به‌صورت Part of routine inspection انجام دهیم عکس آن را در بند 5.8 استاندارد API 510 مشاهده کردیم و محدودیت‌های آن را در آرتیکل 502 مشاهده شد. (یک چالش در صنعت است.)

اهداف تست فشار / بایدها و نبایدها:

- بررسی یکپارچگی و استحکام ساختاری اجزا
- آزاد سازی تنش و کاهش تنش
- کاهش ریسک احتمال شکست ترد با آزاد سازی تنش‌ها
- بررسی صحت تعمیرات انجام شده
- نشتی از اتصالات

نکته: تست فشار به هیچ وجه نمی‌تواند جایگزین PWHT شود.

در این قسمت نیز هم‌چنان بایدها و نبایدهای تست فشار را بررسی خواهیم کرد.

یکی از اهداف تست فشار که در آرتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 و هم‌چنین کدهای API 510 و API 570 بررسی می‌کنیم بحث یکپارچگی استحکام ساختاری اجزا است.

نکته اول: این مرتبط به تجهیزاتی که تحت رژیم خزشی هستند، این بند استاندارد نمی‌شود.

(در خزش عیبی می‌تواند باشد که در تست هیدرواستاتیک مشاهده نکنید و آن‌جا NDT بهتر جواب خواهد داد.)

نکته بعدی که ذکر کرده آزاد سازی تنش و کاهش تنش‌ها است.

معدود مواردی که در زمینه آزاد سازی تنش‌ها در زمان تست هیدرواستاتیک بحث شده، آرتیکل501 استاندارد ASME PCC2 است.

PART 5
EXAMINATION AND TESTING

Article 501
Pressure and Tightness Testing of Piping and Equipment

(18) 501-1 DESCRIPTION

(a) This Article provides general good practice for determining the type of test, the test pressure, and the procedure for pressure and tightness testing of pressure equipment, including tubular heat exchangers, pressure vessels, and piping systems. This Article is intended for use when

(1) a complete vessel or system is to be pressure tested

(2) a pressure vessel or system is isolated such that pressure testing is completed on a portion of the pressure vessel or system. For selection of test devices for localized pressure testing of welded repairs of piping systems, see Article 503.

(b) General information regarding the various types of tests to choose from is provided, including application, benefits, and limitations.

(c) Refer to individual repair articles of this Standard for any pressure or leak testing requirements or recommendations that should be followed.

(18) 501-2 LIMITATIONS

(a) Part 1 of this Standard contains additional requirements and limitations. This Article shall be used in conjunction with Part 1.

(b) This Article shall be limited to use for field pressure or tightness testing of existing equipment and piping using either of the two fluid mediums, liquid or gas.

(c) This Article shall not be used for vacuum testing of equipment or piping.

(d) This Article addresses pneumatic testing. Pneumatic testing is potentially much more hazardous than hydrostatic testing due to the higher levels of potential energy in the pressurized system; therefore, all reasonable alternatives shall be considered before this option is selected.

501-3 DESIGN

501-3.1 Definitions

closure weld: the final weld connecting piping systems or components that have been successfully pressure tested in accordance with the applicable construction code.

hydrostatic test: a pressure or tightness test where liquid, typically water, is the test medium.

in-service leak test: a test using the process medium of the pressure equipment performed at start-up of the equipment.

pneumatic test: a pressure or tightness test where a gas, generally nitrogen or air, is the test medium.

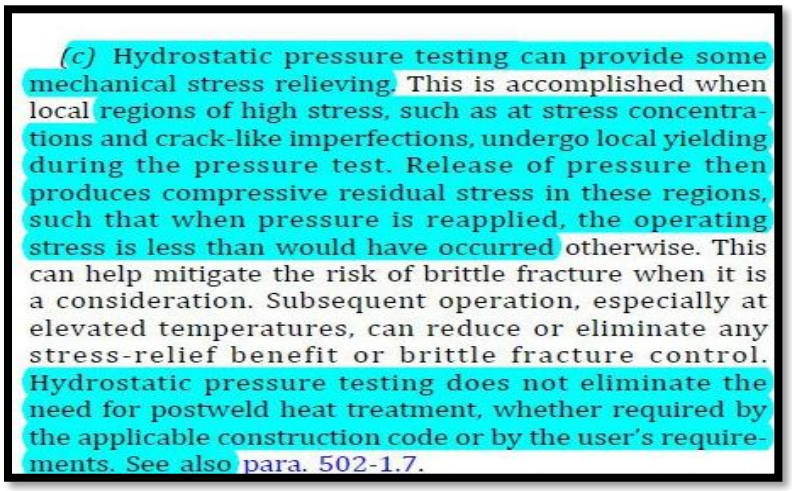
pressure test: a test performed to ensure the gross integrity of the pressure component on new pressure equipment, or on previously manufactured pressure and piping equipment that has been or is in service and has undergone an alteration or repair to its pressure boundary(ies) to ensure the gross integrity of the pressure component to the original construction code. A pressure test may be performed with liquid (hydrostatic test), gas (pneumatic test), or a combination of both (hydropneumatic test).

tightness test: a test that is performed to ensure overall leak tightness of the system or its connections before the process medium is introduced.

501-3.2 Reasons for Pressure and Tightness Testing (18)

(a) The primary purpose of performing a pressure test is to verify the integrity of a pressure system. This is especially true when welded repairs or alterations have been performed on the pressure boundary. Pressure and tightness testing are not substitutes for proof testing a design.

(b) Pressure or tightness tests can be used to check for pressure system leakage, especially in flanged joints. Tightness tests may be performed in conjunction with the pressure test.



(c) Hydrostatic pressure testing can provide some mechanical stress relieving. This is accomplished when local regions of high stress, such as at stress concentrations and crack-like imperfections, undergo local yielding during the pressure test. Release of pressure then produces compressive residual stress in these regions, such that when pressure is reapplied, the operating stress is less than would have occurred otherwise. This can help mitigate the risk of brittle fracture when it is a consideration. Subsequent operation, especially at elevated temperatures, can reduce or eliminate any stress-relief benefit or brittle fracture control. Hydrostatic pressure testing does not eliminate the need for postweld heat treatment, whether required by the applicable construction code or by the user's requirements. See also para. 502-1.7.

در تست هیدرواستاتیک می‌تواند یک کوچولو نقش Stress relieving را داشته باشد (که این بند را در بالا مشاهده می‌نمائید) یعنی یک سری نواحی تمرکز تنش دارید، جاهایی که مواضع تمرکز تنش هست، عیوب خطی دارید، crack like flow دارید، گوج و شیار دارید، که در این مواضع تنش بالا است و وقتی تست هیدرواستاتیک را انجام می‌دهید که تحت سیکل تست هیدرواستاتیک خواهد رفت و فشار تخلیه شود، یک سری تنش‌های فشاری در آن مواضع ایجاد می‌کند که می‌تواند این قضیه را بهبود ببخشد در واقع می‌تواند یک مقدار تنش‌ها را کم کند و این کمک کند به کاهش احتمال ریسک شکست ترد را با این آزاد سازی تنش‌ها. این نکته را بیان کنیم که شکست ترد جز محدودیت‌ها بود و از یک طرف این آزاد سازی تنش می‌تواند کمی از احتمال شکست ترد را کاهش دهد البته حواسمان باید به این باشد که MDMT+30 ^{o}F و MDMT+10 ^{o}F برای ضخامت‌های متفاوت را اعمال کرده باشیم، استاندارد با این شرط این مورد را بیان می‌کند. و هم‌چنین نکته بعدی که باید حواسمان باشد این است که اگر یک Pressure Vessel تحت رژیم‌های دمای بالایی است مثل تردی تمپر که در دمای ۶۵۰ الی ۱۰۷۰ درجه فارنهایت اتفاق می‌افتد، اتفاقاً تست فشار منجر به کاهش ریسک شکست ترد نمی‌شود تازه مصیبت داریم و داستان خواهد داشت، به همین دلیل است که استاندارد یک تست پیش تنشی گرم را آورده است.

یکی دیگر از اهداف تست فشار که داریم بررسی صحت تعمیرات انجام شده و بررسی نشتی از اتصالات خواهد بود البته برای بررسی نشتی از اتصالات، همواره نیاز نیست که تست فشار را انجام بدهیم که تستی را انجام خواهیم دارد به نام Tightness که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

انواع تست‌های فشار و نشتی:

Tightness Test

Pressure Test

Initial in service leak test

In service leak test

Sensitive in service leak test

کدام یک از تست‌های فوق استحکام ساختاری را بررسی می‌کند؟

رفرنس اصلی مطالب این قسمت بر اساس آرتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 است. نکته دیگری نیز باید در نظر بگیریم که استانداردهای دیگری نیز در این زمینه به کمک می‌آیند مثل استاندارد EEMUA 168 که برای تست فشار در حین بهره‌برداری بسیار پرکاربرد است که این استاندارد را در ادامه بررسی خواهیم کرد.

بر اساس استاندارد استاندارد ASME PCC2 چندین تست را می‌توان مدنظر قرار دهیم:

اولین تست، Pressure Test است که تست فشار منظور تستی است که اینتگریتی را بررسی می‌کند. تست فشار می‌تواند به‌صورت هیدرواستاتیک، نیوماتیک و یا ترکیبی از هیدرواستاتیک و نیوماتیک باشد. بعد از Major repair و Alterate و یا Rerate که منجر به افزایش MAWP بشود، تست فشار را بررسی می‌کنیم.

تست بعدی که وجود دارد Tightness Test است که هدف این تست نشتی از اتصالات و خصوصاً اتصالات فلنجی است. مثال: یک مخزن تحت فشاری را در نظر بگیرید که سال ۱۳۹۸ ساخته شده و این مخزن در سایت نصب شده که قبل از نصب تست هیدروتست در آن کارخانه تست شده است که در کارگاه ساخت به‌صورت افقی تست می‌کنند بعداً به‌صورت سرپا نصب می‌کنند و تست‌های نشتی و غیره را انجام می‌دهیم. نکته‌ایی که این‌جا وجود دارد این است که سال ۹۸ نصب شده و تا به مرحله بهره‌برداری و راه‌اندازی برسد ممکن است به سال ۱۴۰۰ یا ۱۴۰۲ یا ۱۴۰۳ برسد (یک سال یا گاهاً ۳ الی ۴ سال از زمان نصب تا بهره‌برداری طول می‌کشد.) که موقعی که این مخزن تحت فشار تست شده بود در سال ۹۸ بود و بخواهد دو سال دیگر یا سه سال دیگر یا چهار سال دیگر در زمان بهره‌بردری و راه‌اندازی برود، منطقه‌ایی که مثل عسلویه، بندرعباس، بهرگان و بوشهر را در نظر بگیرید که رطوبت بالا است و احتمال خوردگی شیاری در اتصالات و اجزا فلنجی وجود دارد. نکته دیگری که باید در نظر بگیرید این است که در زمان تست فشار، گیجی که در محل اتصال بسته شده مربوط به گیج تست فشار بوده که محدوده فشاری آن بین ۱/۵ برابر تا ۴ برابر تست بوده که طبق بند UG 102 بعداً توضیح داده خواهد شد، گیج تست فشار یک گیج موقت بوده که باز کردید و می‌خواهید گیج اصلی خود تجهیز را ببندید بنابراین نکته‌ایی که در این زمینه وجود دارد این است که Major repair انجام ندادید و گیج را عوض کردید یا گسکت‌های موقت را تعویض کردید که بایستی قبل از سرویس اطمینان پیدا کنید که این تجهیز از این اتصالات رزوه‌ایی خصوصاً اتصالات فنجی، نشتی ندارد. زمانی

این قضیه خیلی اهمیت پیدا می‌کند که سیال گاز و قابل اشتعال باشد یا سیال سمی باشد. بنابراین تست فشار را انجام دادید و قبل از بهره‌برداری و راه‌اندازی می‌خواهیم تست نشتی بکنیم اتصالات و فلنج‌ها را که این بر اساس تشخیص بازرس است. همواره Tightness Test الزامی نیست و این Tightness Test است معمولاً به شیوه هیدرو می‌تواند باشد و نیوماتیک اما هیدرواستاتیک کم‌تر انجام می‌شود و با حدود ۰/۳۵ فشار طراحی با سیالی مثل نیتروژن در درجه اول و بعد هوا تستش می‌کنیم که یک تست نشتی می‌کنیم. ۰/۳۵ فشار طراحی تقریباً همان NOP است که با این تست بررسی می‌کنیم که نشتی اتصالات نداشته باشیم.

چرا نیتروژن؟

چون نیتروژن به خاطر بحث احتراق و اشتعال گازهای غنی از اکسیژن است که در استاندارد API 571 بحث شده است که به GOEX معروف است. یک مزیت دیگر نیز دارد و این است که وقتی نیتروژن در سیستم تست Tightness Test را با ۰/۳۵ فشار طراحی حدوداً تست کردید برای این‌که تجهیز می‌خواهد به داخل سرویس برود دیگر نیاز ندارید که Preservation انجام دهید و بخواهید یک نیتروژنی را پرج کنید و بعداً آن هیدروکربن احتمال احتراق و اشتعال وجود نداشته باشد. بلافاصله بعد از Tightness Test تست فشار را انجام می‌دهید.

پس بنابراین به خاطر همین است که ASME PCC2 بیان کرده که Pressure Test می‌تواند همراه با یک Tightness Test باشد و بعد از تست فشار خواهد بود.

در Tightness Test قرار نیست اینتگریتی چک کنیم صرفاً هدف تست نشتی اتصالات خواهد بود.

تست بعدی تست Initial in service leak test است (تست نشتی اولیه است) که این تست با استاندارد ASME B31.3 عجین است یعنی صرفاً برای پایپینگ وجود دارد و بر اساس بند 345 استاندارد ASME B31.3 است. برای سیالات کتگوری D بر اساس استاندارد ASME B31.3 می‌توان با اختیار Owner یا User از تست فشار صرف نظر کرد و به جای آن یک تست نشتی با سیال فرایند و فشار فرایند انجام داد. سیالات Cat D شامل سیالاتی هستند که غیر سمی، غیر آسیب رسان و غیر اشتعال پذیر هستند و فشار طراحی آن‌ها زیر 150 Psi و دمای آن‌ها نیز بین ۲۹- تا ۱۸۶ درجه سانتی‌گراد است. برای این سیال که یک سیال با پیامد پایین با فشار زیر ۱۵۰ و دمای بین ۲۹- تا ۱۸۶ درجه سانتی‌گراد که تازه این‌ها در شرایط طراحی است و قطعاً در شرایط نرمال یقیناً کم‌تر است می‌توانیم کاری که انجام بدهیم این است که از تست فشار صرف‌نظر کنیم و نیاز نیست که آب داخل تجهیز بزنیم و بعد خشک کنیم و موارد بازدارنده بزنیم. تجهیز را در سرویس ببرید و با همان سیال فرایند تست را انجام دهید. مثال: خط هوا ابزار دقیق که معمولاً جنس آن گالوانیزه است و رزوه‌ایی هم هست و هم خط آبی که فشار آن زیر 10 Bar است که اگر تست فشارش انجام ندهیم با فرض این‌که در سرویس برود و نشتی هم بدهد،

یک سیال غیر سمی با فشار کم‌تر از ۱۵۰ است و غیر سمی و غیر اشتعال پذیر است و غیر آسیب رسان با دمای ۲۹- تا ۱۸۶ درجه سانتی‌گراد نشتی خواهد داد، بنابراین پیامدی ندارد.

پس از تست فشار صرف نظر می‌کنیم که Owner یا User از قضاوت مهندسی باید استفاده کند برای Cat D. باز تأکید می‌کنیم که این مورد برای Cat D است.

جاهایی بوده که به‌علت کم آگاهی کارفرما استفاده کردند و سیال مثال نفت خام را به‌عنوان Cat D غالب کردند و تست را انجام ندادند. پس هدف این است که بایستی Cat سیالات را بر اساس استاندارد ASME B31.3 بشناسیم که در ادامه نقسیم بندی سیالات مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

پس Initial in service leak test برای پایپینگ‌ها بر اساس ASME B31.3 برای سیال با Cat D خواهد بود که در زمان راه‌اندازی تست می‌شود. بازرسی فنی هم نظارت خواهد داشت.

بنابراین Initial in service leak test نیز الزامی نیست و اختیاری خواهد بود. (با اختیار کارفرما انجام خواهد گرفت.)

تست بعدی تست In service leak test است که بعد از این Pressure Test (و Tightness Test) را انجام دادید، راه اندازی انجام می‌شود و ممکن است یک سری نشتی از اتصالات داشته باشید. چرا؟ چون وقتی یک تجهیزی در فرایند رفت و دما بالا رفت اتفاقی که می‌افتد این است که یک سری انبساط و انقباض رخ می‌دهد و ممکن است از اتصالات فلنجی نشتی داشته باشید بنابراین بهره‌بردار با همان سیال فرایند و با همان NOP می‌آید سایت را چک می‌کند که ببیند نشتی از اتصالات نداشته باشیم که وظیفه بهره‌بردار است و هدف اینتگریتی هم نیست.

تست دیگری که داریم تست Sensitive in service leak test است که تست حساسیت است که در استاندارد ASME PCC2 و استاندارد API 510 و API 570 نیست و بر اساس استاندارد ASME SEC V- Article 10 است و از گازهایی نظیر هلیوم استفاده می‌شود. حساسیت به شدت بالا است و میزان نشتی که در نظر می‌گیرند با $۱۰^{-۶}$ سی سی بر ثانیه خواهد بود یعنی در این حد قدرت تشخیص نشتی را خواهیم داشت در ضمن دیگر دستورالعمل‌های ASME PCC2 و دستورالعمل‌های API 510 و API 570 نیست و بر اساس ASME SEC V- Article 10 خواهد بود و بازرس API 510 و API 570 هم نمی‌تواند نظارت کند بلکه باید ASNT Leak Test باشد (Level 1 و Level 2 باشد.)

این تست همان‌طور که در بالا توضیح داده شد با گازهایی نظیر هلیوم انجام می‌شود.

جمع بندی در خصوص انواع تست‌ها:

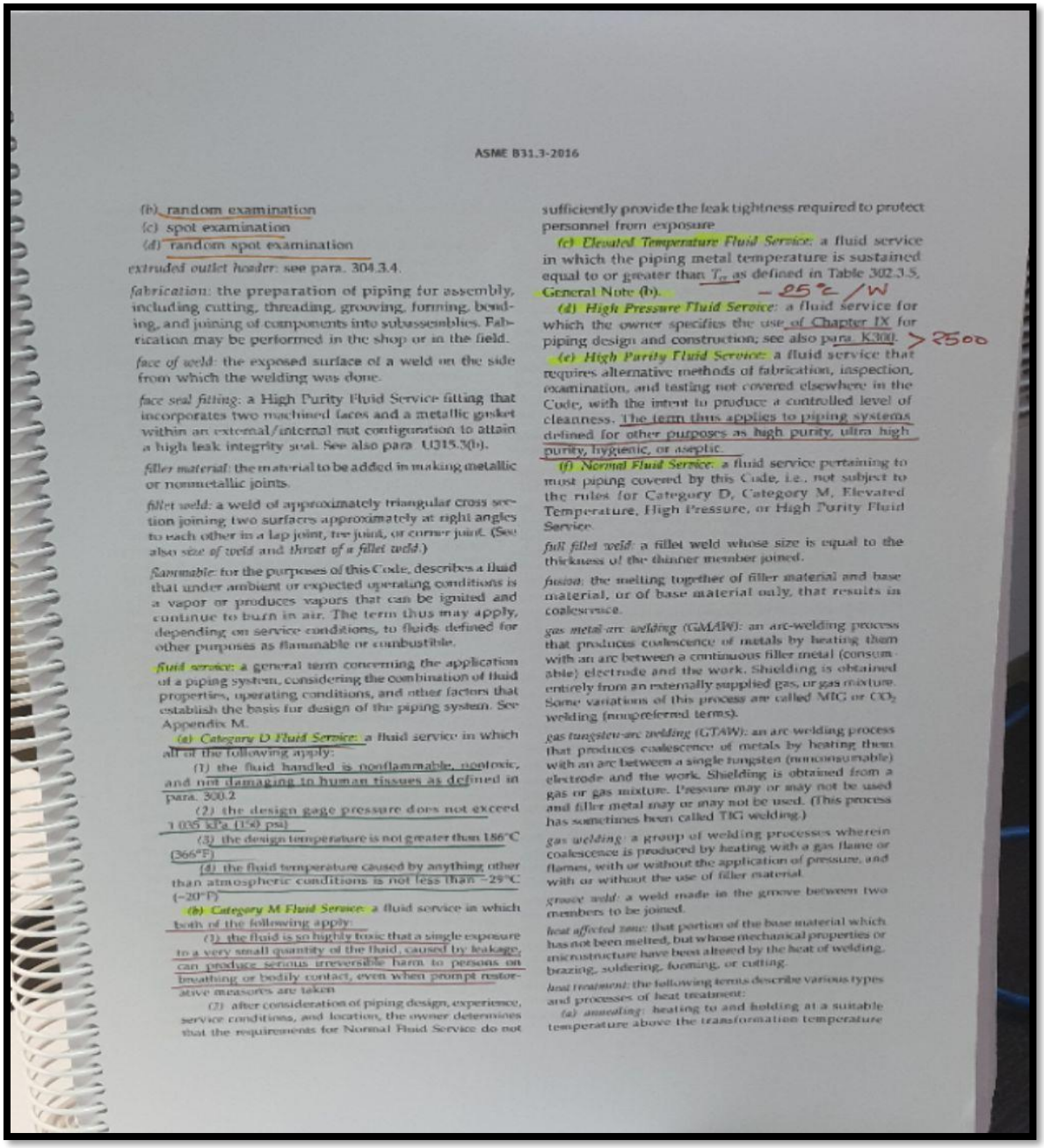
Pressure Test

Tightness Test

Initial in service leak test

In service leak test

Sensitive in service leak test



ASME B31.3-2016

(b) random examination
(c) spot examination
(d) random spot examination

extruded outlet header: see para. 304.3.4.

fabrication: the preparation of piping for assembly, including cutting, threading, grooving, forming, bending, and joining of components into subassemblies. Fabrication may be performed in the shop or in the field.

face of weld: the exposed surface of a weld on the side from which the welding was done.

face seal fitting: a High Purity Fluid Service fitting that incorporates two machined faces and a metallic gasket within an external/internal nut configuration to attain a high leak integrity seal. See also para. U315.3(b).

filler material: the material to be added in making metallic or nonmetallic joints.

fillet weld: a weld of approximately triangular cross section joining two surfaces approximately at right angles to each other in a lap joint, tee joint, or corner joint. (See also *size of weld* and *throat of a fillet weld*.)

flammable: for the purposes of this Code, describes a fluid that under ambient or expected operating conditions is a vapor or produces vapors that can be ignited and continue to burn in air. The term thus may apply, depending on service conditions, to fluids defined for other purposes as flammable or combustible.

fluid service: a general term concerning the application of a piping system, considering the combination of fluid properties, operating conditions, and other factors that establish the basis for design of the piping system. See Appendix M.

(a) Category D Fluid Service: a fluid service in which all of the following apply:

(1) the fluid handled is nonflammable, nontoxic, and not damaging to human tissues as defined in para. 300.2

(2) the design gage pressure does not exceed 1 035 kPa (150 psi)

(3) the design temperature is not greater than 186°C (366°F)

(4) the fluid temperature caused by anything other than atmospheric conditions is not less than −29°C (−20°F)

(b) Category M Fluid Service: a fluid service in which both of the following apply:

(1) the fluid is so highly toxic that a single exposure to a very small quantity of the fluid, caused by leakage, can produce serious, irreversible harm to persons on breathing or bodily contact, even when prompt restorative measures are taken

(2) after consideration of piping design, experience, service conditions, and location, the owner determines that the requirements for Normal Fluid Service do not sufficiently provide the leak tightness required to protect personnel from exposure

(c) Elevated Temperature Fluid Service: a fluid service in which the piping metal temperature is sustained equal to or greater than T_{cr} as defined in Table 302.3.5, General Note (b).

(d) High Pressure Fluid Service: a fluid service for which the owner specifies the use of Chapter IX for piping design and construction; see also para. K300.

(e) High Purity Fluid Service: a fluid service that requires alternative methods of fabrication, inspection, examination, and testing not covered elsewhere in the Code, with the intent to produce a controlled level of cleanness. The term thus applies to piping systems defined for other purposes as high purity, ultra high purity, hygienic, or aseptic.

(f) Normal Fluid Service: a fluid service pertaining to most piping covered by this Code, i.e., not subject to the rules for Category D, Category M, Elevated Temperature, High Pressure, or High Purity Fluid Service.

full fillet weld: a fillet weld whose size is equal to the thickness of the thinner member joined.

fusion: the melting together of filler material and base material, or of base material only, that results in coalescence.

gas metal-arc welding (GMAW): an arc-welding process that produces coalescence of metals by heating them with an arc between a continuous filler metal (consumable) electrode and the work. Shielding is obtained entirely from an externally supplied gas, or gas mixture. Some variations of this process are called MIG or CO_2 welding (nonpreferred terms).

gas tungsten-arc welding (GTAW): an arc welding process that produces coalescence of metals by heating them with an arc between a single tungsten (nonconsumable) electrode and the work. Shielding is obtained from a gas or gas mixture. Pressure may or may not be used and filler metal may or may not be used. (This process has sometimes been called TIG welding.)

gas welding: a group of welding processes wherein coalescence is produced by heating with a gas flame or flames, with or without the application of pressure, and with or without the use of filler material.

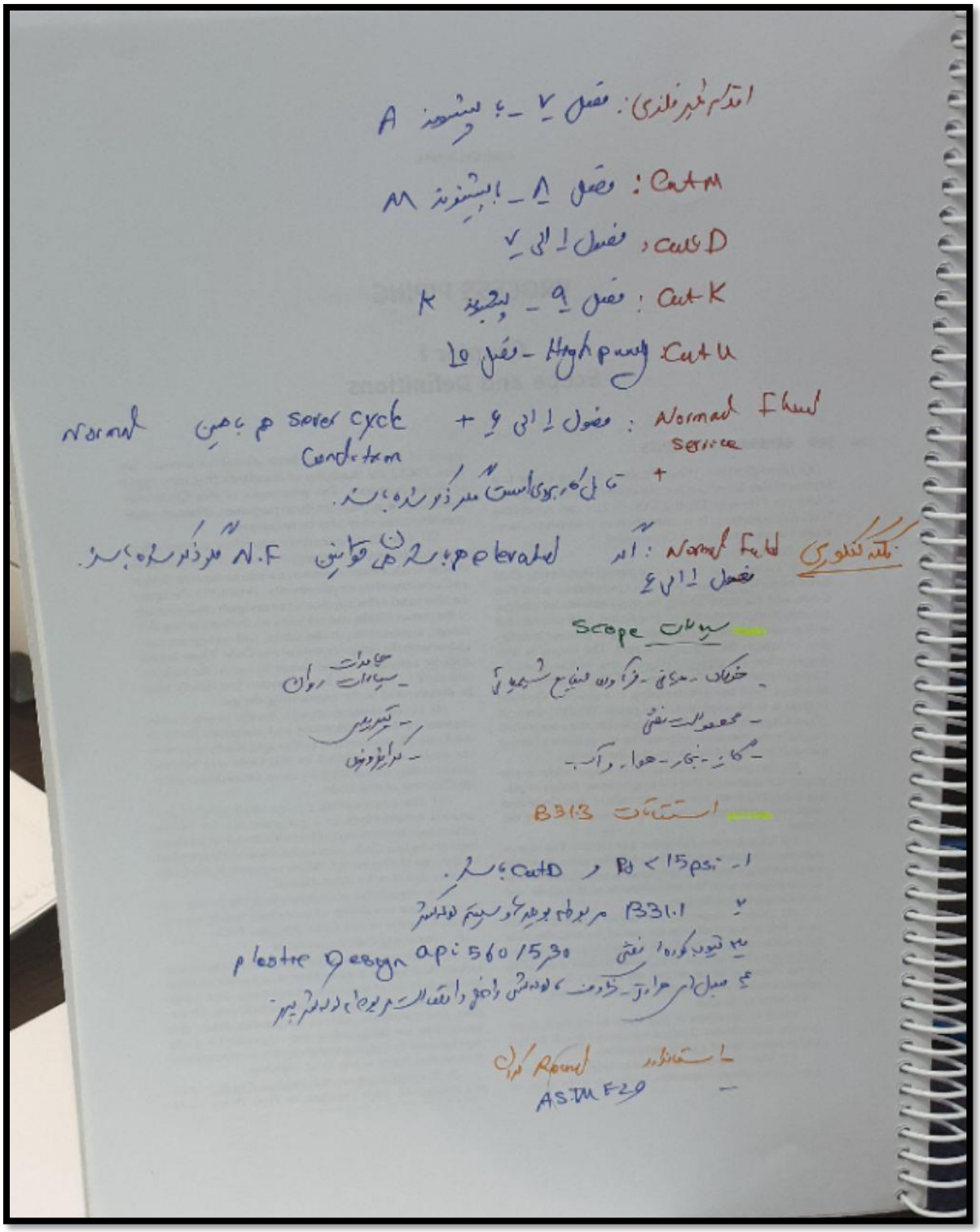
groove weld: a weld made in the groove between two members to be joined.

heat affected zone: that portion of the base material which has not been melted, but whose mechanical properties or microstructure have been altered by the heat of welding, brazing, soldering, forming, or cutting.

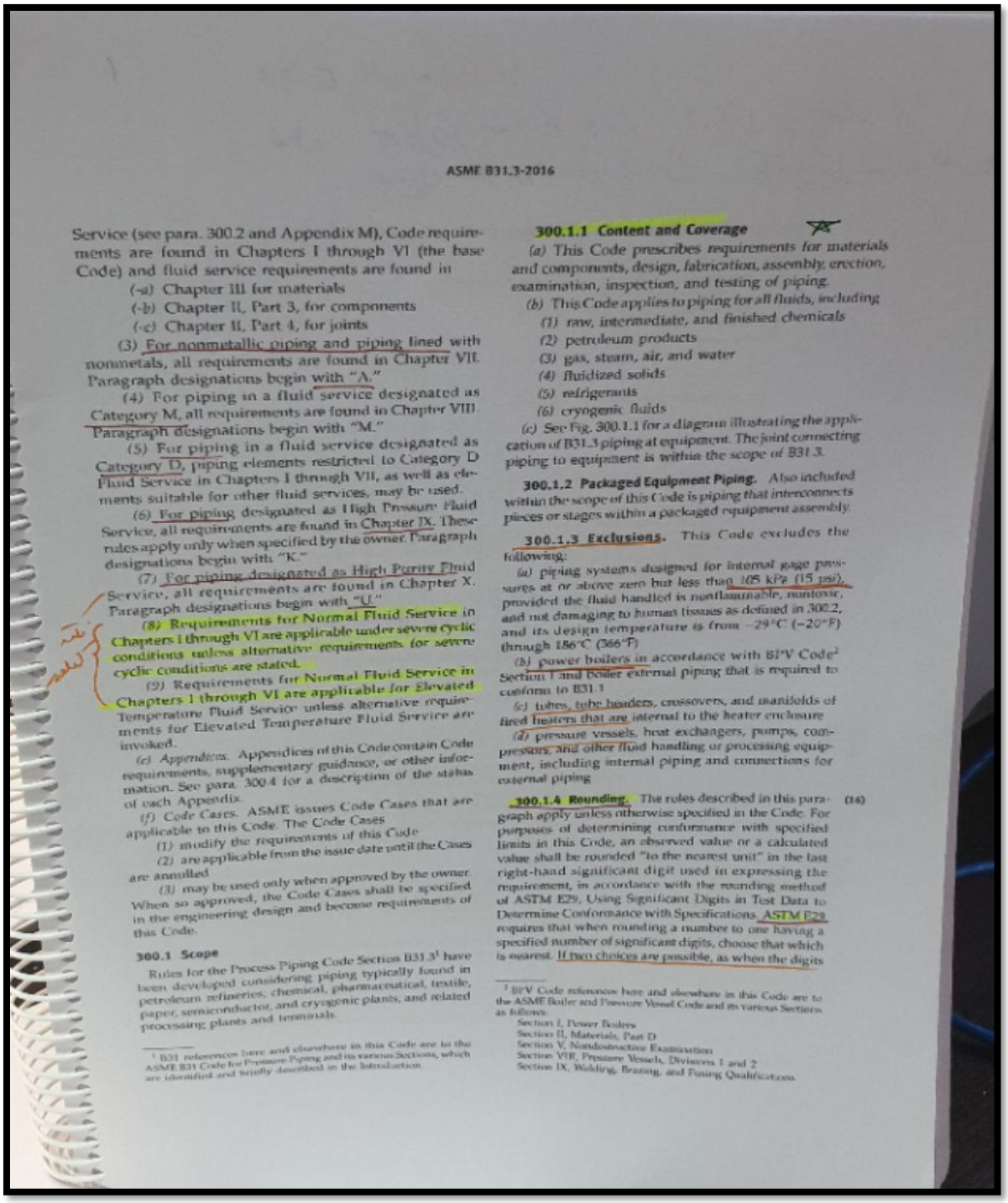
heat treatment: the following terms describe various types and processes of heat treatment:

(a) annealing: heating to and holding at a suitable temperature above the transformation temperature

انواع سرویس سیال Fluid Service بر اساس بند 300.2 در ASME B31.3



نکته کنکوری بند 300d8



ASME B31.3-2016

Service (see para. 300.2 and Appendix M), Code requirements are found in Chapters I through VI (the base Code) and fluid service requirements are found in

(-a) Chapter III for materials

(-b) Chapter II, Part 3, for components

(-c) Chapter II, Part 4, for joints

(3) For nonmetallic piping and piping lined with nonmetals, all requirements are found in Chapter VII. Paragraph designations begin with "A."

(4) For piping in a fluid service designated as Category M, all requirements are found in Chapter VIII. Paragraph designations begin with "M."

(5) For piping in a fluid service designated as Category D, piping elements restricted to Category D Fluid Service in Chapters I through VII, as well as elements suitable for other fluid services, may be used.

(6) For piping designated as High Pressure Fluid Service, all requirements are found in Chapter IX. These rules apply only when specified by the owner. Paragraph designations begin with "K."

(7) For piping designated as High Purity Fluid Service, all requirements are found in Chapter X. Paragraph designations begin with "U."

(8) Requirements for Normal Fluid Service in Chapters I through VI are applicable under severe cyclic conditions unless alternative requirements for severe cyclic conditions are stated.

(9) Requirements for Normal Fluid Service in Chapters I through VI are applicable for Elevated Temperature Fluid Service unless alternative requirements for Elevated Temperature Fluid Service are invoked.

(c) Appendices. Appendices of this Code contain Code requirements, supplementary guidance, or other information. See para. 300.4 for a description of the status of each Appendix.

(f) Code Cases. ASME issues Code Cases that are applicable to this Code. The Code Cases

(1) modify the requirements of this Code

(2) are applicable from the issue date until the Cases are annulled

(3) may be used only when approved by the owner. When so approved, the Code Cases shall be specified in the engineering design and become requirements of this Code.

300.1 Scope

Rules for the Process Piping Code Section B31.3[1] have been developed considering piping typically found in petroleum refineries; chemical, pharmaceutical, textile, paper, semiconductor, and cryogenic plants; and related processing plants and terminals.

[1] B31 references here and elsewhere in this Code are to the ASME B31 Code for Pressure Piping and its various Sections, which are identified and briefly described in the Introduction.

300.1.1 Content and Coverage

(a) This Code prescribes requirements for materials and components, design, fabrication, assembly, erection, examination, inspection, and testing of piping.

(b) This Code applies to piping for all fluids, including

(1) raw, intermediate, and finished chemicals

(2) petroleum products

(3) gas, steam, air, and water

(4) fluidized solids

(5) refrigerants

(6) cryogenic fluids

(c) See Fig. 300.1.1 for a diagram illustrating the application of B31.3 piping at equipment. The joint connecting piping to equipment is within the scope of B31.3.

300.1.2 Packaged Equipment Piping. Also included within the scope of this Code is piping that interconnects pieces or stages within a packaged equipment assembly.

300.1.3 Exclusions. This Code excludes the following:

(a) piping systems designed for internal gage pressures at or above zero but less than 105 kPa (15 psi), provided the fluid handled is nonflammable, nontoxic, and not damaging to human tissues as defined in 300.2, and its design temperature is from −29°C (−20°F) through 186°C (366°F)

(b) power boilers in accordance with BPV Code[2] Section I and boiler external piping that is required to conform to B31.1

(c) tubes, tube headers, crossovers, and manifolds of fired heaters that are internal to the heater enclosure

(d) pressure vessels, heat exchangers, pumps, compressors, and other fluid handling or processing equipment, including internal piping and connections for external piping

300.1.4 Rounding. The rules described in this paragraph apply unless otherwise specified in the Code. For purposes of determining conformance with specified limits in this Code, an observed value or a calculated value shall be rounded "to the nearest unit" in the last right-hand significant digit used in expressing the requirement, in accordance with the rounding method of ASTM E29, Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications. ASTM E29 requires that when rounding a number to one having a specified number of significant digits, choose that which is nearest. If two choices are possible, as when the digits (16)

[2] BPV Code references here and elsewhere in this Code are to the ASME Boiler and Pressure Vessel Code and its various Sections as follows:
Section I, Power Boilers
Section II, Materials, Part D
Section V, Nondestructive Examination
Section VIII, Pressure Vessels, Divisions 1 and 2
Section IX, Welding, Brazing, and Fusing Qualifications

تقاطع ضربدری بین 300.2 با نکته کنکوری 300d8

دانستن انواع کتگوری سیال برای تقسیم بندی انواع تست فشار و مجوزهای مربوطه برای Initial in service leak test الزامی است.

شاخص‌های انتخاب بین تست هیدرواستاتیک و تست نیوماتیک:

(دلایل عدم انجام تست هیدرواستاتیک)

- فونداسیون – ساپورت
- عدم قابلیت تخلیه سیال و خشک کردن تجهیز
- احتمال ورود ذرات خوردنده ناخواسته
- سیستم لوله کشی از جنس فولادهای زنگ نزت آستنیتی یا دارای Lining آستنیتی باشد خصوصاً از نوع فولاد زنگ نزن آستنیتی

بعد از این‌که انواع تست‌های فشار و نشتی را بررسی کردیم می‌خواهیم ببینیم ارجحیت با کدام تست‌ها خواهد بود (اولین تستی که انجام می‌دهیم به شیوه هیدرواستاتیک باشد یا به شیوه نیوماتیک باشد.)

یکی از بهترین بندهایی که در این زمینه ذکر شده است بند 5.8 استاندارد API 510 و بند 5.11 استاندارد API 570 است و آرتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 که خیلی جامع و کامل دلایل عدم انجام تست هیدرواستاتیک را توضیح می‌دهد.

در درجه اول و دوم و سوم که به عبارتی می‌خواهیم بیان کنیم که اولویت در تست فشار با تست هیدرواستاتیک است و در صورتی‌که یک مقدار شرایط تست هیدرواستاتیک برایمان محیا نشد، می‌رویم و از تست نیوماتیک استفاده می‌کنیم. نکته اول که در این قسمت وجود دارد این است که به دلایلی نظیر فونداسیون و ساپورت است اگر فونداسیون و ساپورت، برای تحمل وزن آب تست هیدرواستاتیک، طراحی نشده باشد در این حالت انجام تست فشار به شیوه هیدرواستاتیک مقدور نیست یا این‌که باید ساپورت موقت نصب کنیم که برای پایپینگ می‌توان ساپورت موقت نصب کرد اما برای مخزن تحت فشار چه کار کنیم که طراحی ساپورت‌ها بر اساس تحمل فشار آب تست هیدوراستاتیک نبوده است البت مطابق ASME SEC VIII بند UG22 که در زمینه Loadingها هست که بیان می‌کند نفر طراح تمامی بارهای وارده از قبیل فشار داخلی و وزن Pressure Vessel و وزن آب تست را بایستی در واقع در طراحی‌ها مدنظر قرار بدهد. حالا گاهاً ممکن است مقرون به صرفه نباشد و محدودیت تست فشار به صورت هیدرواستاتیک داشته باشند یا به‌صورت ترکیبی تست‌ها را استفاده کنند.

نکته بعدی عدم قابلیت تخلیه سیال و خشک کردن تجهیز است که وقتی Pressure Vessel بزرگ باشد یا در سکوی دریایی باشد و بخواهیم آبی که استفاده می‌کنیم یک سری الزامات خاص خواهد داشت که این الزامات فراهم نباشد و امکان خشک کردن آن تجهیز به سختی امکان پذیر باشد یا وجود نداشته باشد، در چنین حالتی باید از تست نیوماتیک استفاده کرد که البته تست نیوماتیک شرایط خاص خود را خواهد داشت.

مورد دیگر احتمال ورود ذارت ناخواسته و خورنده است.

نکته بعدی داشتن رفرکتوری است که وقتی یک Pressure Vessel دارای رفرکتوری است اگر تست هیدروتست را با آب انجام دهیم به تجهیز آسیب خواهد رساند به‌همین دلیل تست نیوماتیک را انجام خواهیم داد.

تجهیزاتی که جنس فلز پایه‌ی آن‌ها از جنس SS سری ۳۰۰ است یا دارای Clad سری ۳۰۰ هستند، آبی که استفاده می‌شود محدودیت‌های خاص خود را دارد و یکی از معروف‌ترین آن‌ها داشتن کلر زیر 50 ppm است براساس بند 5.8 استاندارد API 510 و بند 5.11 استاندارد API 570 است و آبی هم که بایستی استفاده شود حتماً باید condensed water باشد یا potable water باشد، آب آشامیدنی باشد یا آب DM باشد که البته آب آشامیدنی طبق استاندارد AWWA تعریف دارد که کلر آن زیر 200 ppm است که البته آبی که برای تست استفاده می‌شود باید زیر 50 ppm باشد البته شرکت‌هایی مثل توتال 15 ppm را برای آن در نظر گرفته است.

جمع بندی: پس بنابراین محدودیت‌هایی که نتوانیم تست فشار را انجام بدهیم به شرح ذیل است:

فونداسیون – ساپورت

لاینیگ که سری ۳۰۰ باشد یا جنس فلز پایه سری ۳۰۰ باشد

دارای رفرکتوری باشد

عدم قابلیت تخلیه سیال و خشک کردن تجهیز و عدم تزریق بازدارنده را نداشته باشد

احتمال ورود ذرات خوردنده ناخواسته

توجه به این نکته ضروری است که در ابتدا اولویت انجام تست فشار به صورت هیدرو خواهد بود و درصورتی که امکان انجام این تست فراهم نباشد به سراغ تست نیوماتیک می‌رویم.

شاخص های انتخاب بین تست هیدرواستاتیک و تست نیوماتیک:

شاخص‌های اصلی را در بالا بحث کردیم که چه وقت به جای تست هیدرواستاتیک، تست نیوماتیک را انجام دهیم. اما در تست نیوماتیک یک سری محدودیت‌ها داریم. در گازها چون حجم انرژی ذخیره شده در گازها در مقایسه با سیالات تراکم پذیر بالا هستند و در مقایسه با مایعات بالا هستند بنابراین میزان انرژی ذخیره شده بالا خواهد بود و اگر شکست ترد رخ دهد پیامد آن انفجار و پیامد بالایی خواهد بود. پس می‌توان بیان کرد که ریسک شکست ترد در تست نیوماتیک بالاتر است البته احتمالش کم‌تر است علتش نیز این است که فشار تست نیوماتیک، فشارش کم‌تر است اما چون پیامد بالایی دارد در مقایسه

با تست هیدرواستاتیک، به‌طور کلی ریسک شکست ترد در تست نیوماتیک بالاتر از تست هیدرواستاتیک خواهد بود. احتمال شکست ترد در تست نیوماتیک چون فشار پایین‌تر است، پایین است اما پیامد بالا است.

ریسک برابر است با شدت ضربدر احتمال، بنابراین ریسک بالاتری خواهد داشت. بنابراین یکی از کارهایی که یک بازرس حرفه‌ایی باید انجام بدهد این است که براساس آرتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 میزان انرژی ذخیره شده را محاسبه کند و تبدیل به TNT معادل کند و حریم مجاز و شعاع پرتاب ترکش را به‌دست بیاورد.

جلسه دوم

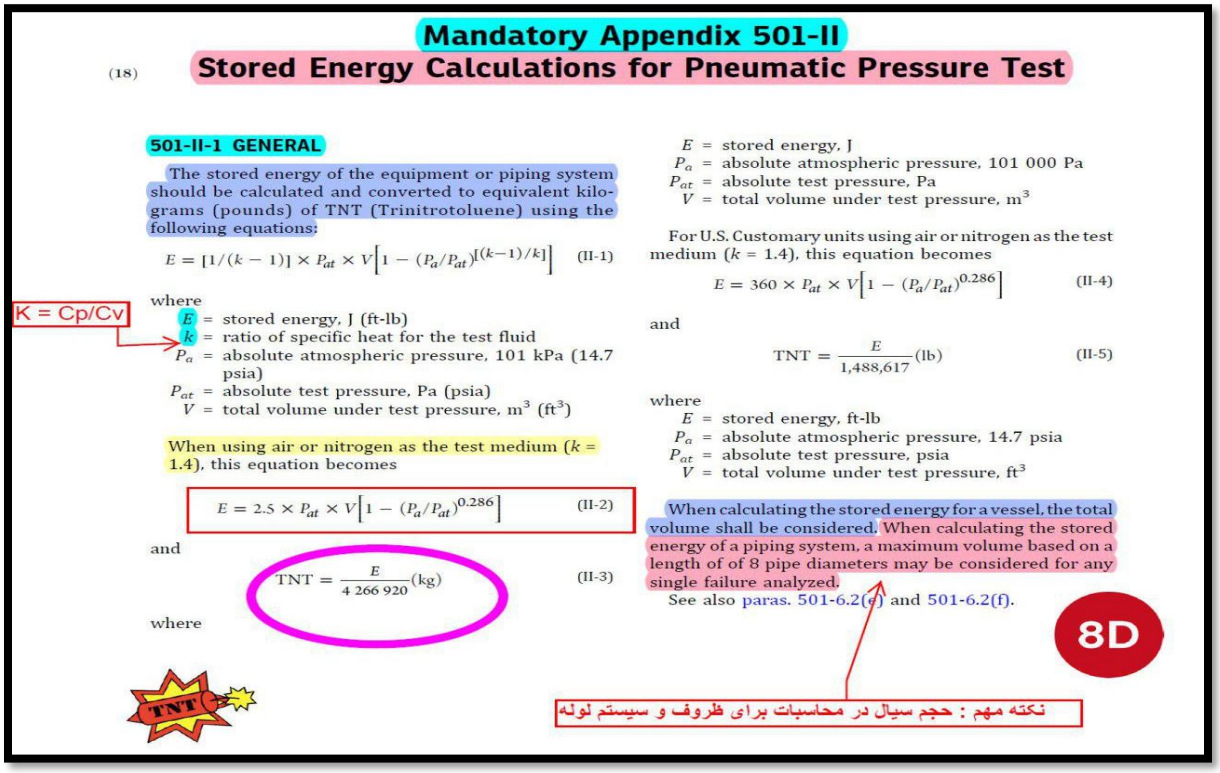
مروی بر جلسه‌ی قبل:

در ابتدا استانداردهای مرتبط به تست فشار و بندهای مربوطه را ذکر کردیم و در ادامه به بررسی این پرداختیم که چه زمان به تست فشار نیاز داریم، کدهای معروفی مانند API 510 و API 570 را بررسی کردیم که در زمان Major repair و Alterate و همچنین Rerate در زمانی‌که منجر به افزایشMAWP شود، نیاز به تست فشار بود و بندهای مرتبط به آن بررسی قرار داده شد و البته ذکر نیز شد که هر Major repair و Alterate الزام آور تست فشار نبود و یک سری معافیت‌ها بر اساس آرتیکل 502 استاندارد ASME PCC2 بند 2.4 داشت که مفصل به آن اشاره شد. بعد از بررسی معافیت‌ها به محدودیت‌های تعداد دفعات در تست هیدرواستاتیک تحت شرایط خاص اشاره داشتیم از جمله تجهیزاتی که تحت رژیم aging هستند یا تحت رژیم‌های مخربی هستند که می‌توانند منجر به Shift Upward دمای DBTT و همچنین احتمال شکست ترد شوند یا تجهیزاتی که تحت رژیم خزش باشد و چگونه منجر به کاهش عمر باقیمانده تجهیز خواهد شد بعد از این‌که محدودیت‌های تست فشار را بررسی کردیم، شاخص‌های انتخاب بین تست‌های هیدرواستاتیک و نیوماتیک را بررسی کردیم که چه زمان از تست هیدرواستاتیک استفاده می‌کنیم و چه زمان از تست نیوماتیک استفاده می‌کنیم. همچنین به انواع تست‌های فشار پرداختیم و آن‌ها را مورد بررسی قرار دادیم. در این جلسه ادامه مبحث را خواهیم داشت و در ادامه، الزامات و شاخص‌های بین تست هیدرواستاتیک و نیوماتیک را بررسی خواهیم کرد و بعد از آن به محاسبات تست فشار در دوره ساخت و بهره‌برداری و الزامات هر کدام از آن‌ها را خواهیم پرداخت.

آخرین مبحثی که در جلسه قبل به بررسی آن پرداختیم در زمینه الزامات تست نیوماتیک بود که متوجه شدیم در چه زمان‌هایی تست نیوماتیک را چه موقع به جای تست هیدوراستاتیک استفاده خواهیم کرد از جمله وقتی‌که فونداسیون و ساپورت‌ها، قابلیت تحمل وزن آب را نداشتند یا جنس فلز پایه SS سری ۳۰۰ بود و یا دارای لاینینگ Stainless Steel با سری ۳۰۰ بود که نتوانیم آب مدنظر برای سری۳۰۰ را فراهم کنیم یا این‌که احتمال آسیب به لاینینگ تجهیز به‌خاطر آب موجود در تست هیدوراستاتیک داشته باشد به‌عنوان مثال تجهیز دارای رفرکتوری باشد یا امکان خشک کردن، تخلیه و تزریق بازدارنده برای تجهیز نباشد که در این‌گونه موارد از تست نیوماتیک به جای تست فشار استفاده می‌کردیم، اما نکته‌ایی که از این بابت هست این است که ذکر شد که در تست نیوماتیک چون از سیال گاز برای تست استفاده می‌کنیم، حجم انرژی ذخیره شده بالایی خواهد داشت و بازرس نیاز هست که حجم انرژی ذخیره شده معادل را حساب کند و برای آن معادل TNT در نظر گرفته شود و سپس پیامدهای مربوطه، حریم‌های مجاز و شعاع‌های مجاز را درنظر بگیرد. قبل از این‌که محاسبات تست فشار را بیان کنیم به محاسبات انرژی ذخیره شده در تست نیوماتیک می‌پردازیم.

انرژی ذخیره شده در تست نیوماتیک:

انرژی ذخیره شده در تست نیوماتیک در ضمیمه آرتیکل ۵۰۲ استاندارد ASME PCC2 اشاره شده است که در تصویر زیر این قسمت را مشاهده می‌نمائید:



Mandatory Appendix 501-II

(18) **Stored Energy Calculations for Pneumatic Pressure Test**

501-II-1 GENERAL

The stored energy of the equipment or piping system should be calculated and converted to equivalent kilograms (pounds) of TNT (Trinitrotoluene) using the following equations:

$$E = [1/(k-1)] \times P_{at} \times V\left[1 - (P_a/P_{at})^{[(k-1)/k]}\right] \quad \text{(II-1)}$$

where

E = stored energy, J (ft-lb)
k = ratio of specific heat for the test fluid
P_a = absolute atmospheric pressure, 101 kPa (14.7 psia)
P_{at} = absolute test pressure, Pa (psia)
V = total volume under test pressure, m³ (ft³)

When using air or nitrogen as the test medium (k = 1.4), this equation becomes

$$E = 2.5 \times P_{at} \times V\left[1 - (P_a/P_{at})^{0.286}\right] \quad \text{(II-2)}$$

and

$$\text{TNT} = \frac{E}{4\,266\,920}\text{(kg)} \quad \text{(II-3)}$$

where

E = stored energy, J
P_a = absolute atmospheric pressure, 101 000 Pa
P_{at} = absolute test pressure, Pa
V = total volume under test pressure, m³

For U.S. Customary units using air or nitrogen as the test medium (k = 1.4), this equation becomes

$$E = 360 \times P_{at} \times V\left[1 - (P_a/P_{at})^{0.286}\right] \quad \text{(II-4)}$$

and

$$\text{TNT} = \frac{E}{1{,}488{,}617}\text{(lb)} \quad \text{(II-5)}$$

where

E = stored energy, ft-lb
P_a = absolute atmospheric pressure, 14.7 psia
P_{at} = absolute test pressure, psia
V = total volume under test pressure, ft³

When calculating the stored energy for a vessel, the total volume shall be considered. When calculating the stored energy of a piping system, a maximum volume based on a length of of 8 pipe diameters may be considered for any single failure analyzed.
See also paras. 501-6.2(e) and 501-6.2(f).

K = Cp/Cv

8D

نکته مهم : حجم سیال در محاسبات برای ظروف و سیستم لوله

محاسبه انرژی ذخیره شده در تست نیوماتیک بر اساس ضمیمه الزامی آرتیکل ۵۰۱ از استاندارد ASME PCC2 2018

- ضریب k برای هوا و نیتروژن ۱.۴ در نظر گرفته شود.
- برای ظروف تحت فشار حجم کل و برای سیستم لوله کشی معادل D۸ قطر در نظر گرفته شود.

نکته‌ایی که در فرمول زیر وجود دارد برای تمام گازها عمومیت دارد و در آن فاکتوری وجود دارد به نام فاکتور k که این فاکتور ratio of specific heat for the test fluid هست که یک بحث ترمودینامیکی برای واکنش آدیاباتیک است و K برابر با $\frac{Cp}{Cv}$ خواهد بود.

$$E = [1/(k-1)] \times P_{at} \times V\left[1 - (P_a/P_{at})^{[(k-1)/k]}\right] \quad \text{(II-1)}$$

اما از آن‌جایی که این ضریب برای گازهایی نظیر هوا و نیتروژن برابر با ۱/۴ است در فرمول زیر این فرمول محاسبه حجم انرژی ذخیره شده معادل را برای هوا و نیتروژن ذکر کرده است:

$$E = 2.5 \times P_{at} \times V\left[1 - (P_a/P_{at})^{0.286}\right] \qquad \text{(II-2)}$$

حجم ذخیره شده بر حسب ژول خواهد بود.

P_{at}: فشار اتمسفر + فشار gauge است. (برحسب پاسگال)

V: حجم تجهیز (بر حسب مترمکعب)

Pa: absolute atmospheric pressure / بر حسب جغرافیایی که تجهیز قرار دارد فشار اتمسفر را برحسب پاسگال قرار می‌دهیم.

برای این‌که این قضیه را ملموس‌تر کنیم نیاز است که آن را به TNT معادل تبدیل کنیم که بر حسب کیلوگرم بر اساس فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{TNT} = \frac{E}{4\,266\,920}(\text{kg})$$

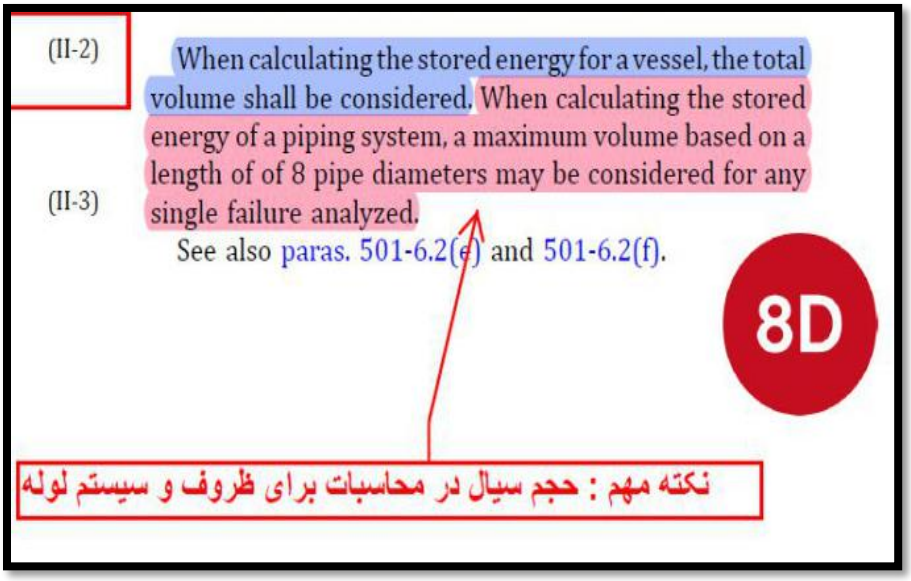
مقدار انرژی ذخیره شده بر حسب ژول تقسیم ۴۲۶۶۹۲۰ شود، مقدار TNT آن بر حسب کیلوگرم به‌دست می‌آید.

این مقدار برای چه منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

در ادامه خواهید دید که وقتی بخواهید شعاع حریم مجاز برای پرسنل و شعاع حوادث را بدست بیاورید مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

فقط یک نکته مهم وجود دارد که حواسمان باشد این است که اگر یک Pressure Vessel را دارید تست نیوماتیک انجام می‌دهید و احتمال شکست ترد یا rupture وجود داشته باشد که عمدتاً ناشی از شکست ترد می‌تواند باشد و آن انرژی آزاد شده که به این شکل انرژی محاسبه می‌کنید در محاسبات V را که در نظر می‌گیرید اگر ظرف تحت فشار باشد بایستی کل حجم تجهیز را در نظر بگیرید اما وقتی برای یک سیستم لوله‌کشی محاسبات را انجام می‌دهید قرار نیست که کل حجم

سیستم لوله‌کشی را حساب کرد، استاندارد بیان کرده است که برای وقتی که انرژی ذخیره شده یک سیستم لوله‌کشی را اندازه‌گیری می‌کنید، حجم را بر حسب طول هشت برابر قطر لوله در نظر بگیرید یعنی 8D.



همان‌گونه که در بالا مشاهده می‌کنید انرژی ذخیره شده معادل و TNT معادل برحسب کیلوگرم و نحوه محاسبه حجم توضیح داده شده است.

نکته‌ایی که در این‌جا وجود دارد این است که فرمول II-1 برای تمام گازها و فرمول II-2 برای هوا و نیتروژن ذکر شده بود اما یک نکته‌ی بسیار مهم وجود دارد که گاهاً کم‌تر در صنعت به آن توجه می‌شود و آن این است که وقتی می‌خواهید تست نیوماتیک انجام دهید در درجه‌ی اول و دوم و سوم یعنی اولویت تست با سیال گاز نیتروژن باشد که یک گاز خنثی باشد بعد در قدم بعدی از هوا استفاده می‌شود حتی در آرتیکل ۵۰۲ استاندارد ASME PCC2 ذکر شده که هوایی که استفاده می‌کنید معادل استاندارد ISO 8573 کلاس‌های ۱، ۲ و ۳ باشد. (این الزامات هوای ورودی به محفظه‌ی محفظه‌ی احتراق کمپرسورها است.)

علت این امر نیز این است که وقتی می‌خواهید تست نیوماتیک انجام بدهید، همین‌گونه پیامد بالا خواهد بود و انرژی ذخیره شده بالا است اما درنظر بگیرید اگر سیال اشتعال پذیر نیز باشد و میزان گاز در تست نیوماتیک آزاد شود، پیامد بسیار بالاتر خواهد بود و به‌خاطر همین است که از سال ۲۰۱۱ در API 571 در مکانیزم‌های تخریب، یک مکانیزم تخریب دیگر اضافه شد به اسم "احتراق و اشتعال گازهای غنی از اکسیژن" که به‌عنوان بیستمین مکانیزمی بود که در فصل چهارم این استاندارد، در سال ۲۰۱۱ اضافه شد که بیان گردیده که سیال امکان دارد حاوی اکسیژن باشد و بعد آلاینده‌ی هیدروکربنی نیز داشته باشد و در ادامه واکنش‌های احتراقی و غیره هم رخ بدهد پس در سیال تست نیوماتیک در درجه‌ی اول نیتروژن و سپس هوا مطابق با کلاس‌های ۱، ۲ و ۳ ISO 8573 خواهد بود.

INTERNATIONAL STANDARD **ISO 8573-1**

Third edition
2010-04-15

Compressed air —

Part 1:
Contaminants and purity classes

Air comprimé —

Partie 1: Polluants et classes de pureté

استاندارد ISO 8573-1 الزامات هوای فشرده – اشاره شده در آرتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 برای تست نیوماتیک

Table 1 — Compressed air purity classes for particles

Class[a]	Maximum number of particles per cubic metre as a function of particle size, d[b]		
	0,1 µm < d ⩽ 0,5 µm	0,5 µm < d ⩽ 1,0 µm	1,0 µm < d ⩽ 5,0 µm
0	As specified by the equipment user or supplier and more stringent than class 1		
1	⩽ 20 000	⩽ 400	⩽ 10
2	⩽ 400 000	⩽ 6 000	⩽ 100
3	Not specified	⩽ 90 000	⩽ 1 000
4	Not specified	Not specified	⩽ 10 000
5	Not specified	Not specified	⩽ 100 000
Class	**Mass concentration[b]** C_p mg/m³		
6[c]	$0 < C_p \leqslant 5$		
7[c]	$5 < C_p \leqslant 10$		
X	$C_p > 10$		

[a] To qualify for a class designation, each size range and particle number within a class shall be met.
[b] At reference conditions; see Clause 4.
[c] See A.3.2.2.

جدول ۱ استاندارد ISO 8573-1 در زمینه کلاس بندی هوای فشرده – مطابق استاندارد هوای مورد استفاده در تست نیوماتیک می بایست کلاسهای ۱، ۲ و ۳ باشد.

Table 2 — Compressed air purity classes for humidity and liquid water

Class	Pressure dewpoint °C
0	As specified by the equipment user or supplier and more stringent than class 1
1	⩽ –70
2	⩽ –40
3	⩽ –20
4	⩽ +3
5	⩽ +7
6	⩽ +10
Class	**Concentration of liquid water[a]** C_w g/m³
7	$C_w \leqslant 0{,}5$
8	$0{,}5 < C_w \leqslant 5$
9	$5 < C_w \leqslant 10$
X	$C_w > 10$

[a] At reference conditions; see Clause 4.

جدول ۲ استاندارد ISO 8573-1 در زمینه کلاس بندی هوای فشرده – مطابق استاندارد هوای مورد استفاده در تست نیوماتیک می بایست کلاسهای ۱، ۲ و ۳ باشد.

Table 3 — Compressed air purity classes for total oil

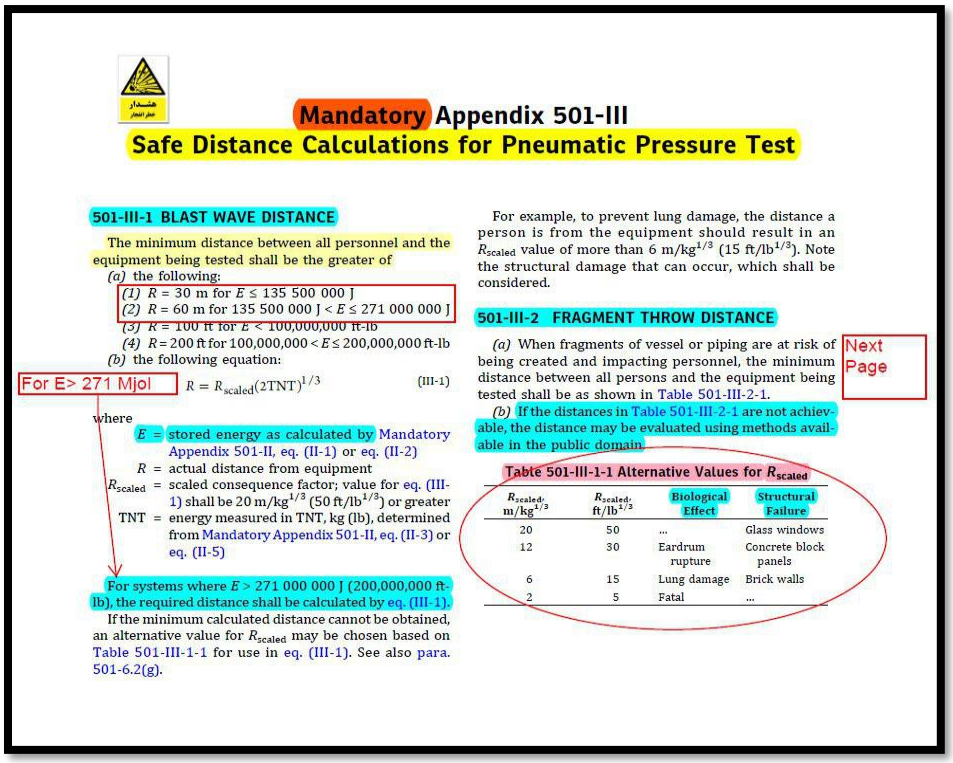
Class	Concentration of total oil[a] (liquid, aerosol and vapour) mg/m³
0	As specified by the equipment user or supplier and more stringent than class 1
1	⩽ 0,01
2	⩽ 0,1
3	⩽ 1
4	⩽ 5
X	> 5

[a] At reference conditions; see Clause 4.

جدول ۳ استاندارد ISO 8573-1 در زمینه کلاس بندی هوای فشرده – مطابق استاندارد هوای مورد استفاده در تست نیوماتیک می بایست کلاسهای ۱، ۲ و ۳ باشد.

محاسبه فاصله ایمن در زمان تست نیوماتیک:

محاسبه فاصله ایمن در زمان تست نیوماتیک مطابق ضمیمه الزامی شماره 3 آرتیکل ۵۰۱ استاندارد ASME PCC2 به‌دست می‌آید.



Mandatory Appendix 501-III

Safe Distance Calculations for Pneumatic Pressure Test

501-III-1 BLAST WAVE DISTANCE

The minimum distance between all personnel and the equipment being tested shall be the greater of

(a) the following:

(1) R = 30 m for $E \le$ 135 500 000 J

(2) R = 60 m for 135 500 000 J < $E \le$ 271 000 000 J

(3) R = 100 ft for $E <$ 100,000,000 ft-lb

(4) R = 200 ft for 100,000,000 < $E \le$ 200,000,000 ft-lb

(b) the following equation:

For E> 271 Mjol

$$R = R_{scaled}(2TNT)^{1/3} \quad \text{(III-1)}$$

where

E = stored energy as calculated by Mandatory Appendix 501-II, eq. (II-1) or eq. (II-2)

R = actual distance from equipment

R_{scaled} = scaled consequence factor; value for eq. (III-1) shall be 20 m/kg$^{1/3}$ (50 ft/lb$^{1/3}$) or greater

TNT = energy measured in TNT, kg (lb), determined from Mandatory Appendix 501-II, eq. (II-3) or eq. (II-5)

For systems where E > 271 000 000 J (200,000,000 ft-lb), the required distance shall be calculated by eq. (III-1).

If the minimum calculated distance cannot be obtained, an alternative value for R_{scaled} may be chosen based on Table 501-III-1-1 for use in eq. (III-1). See also para. 501-6.2(g).

For example, to prevent lung damage, the distance a person is from the equipment should result in an R_{scaled} value of more than 6 m/kg$^{1/3}$ (15 ft/lb$^{1/3}$). Note the structural damage that can occur, which shall be considered.

501-III-2 FRAGMENT THROW DISTANCE

(a) When fragments of vessel or piping are at risk of being created and impacting personnel, the minimum distance between all persons and the equipment being tested shall be as shown in Table 501-III-2-1.

(b) If the distances in Table 501-III-2-1 are not achievable, the distance may be evaluated using methods available in the public domain.

Next Page

Table 501-III-1-1 Alternative Values for R_{scaled}

R_{scaled}, m/kg$^{1/3}$	R_{scaled}, ft/lb$^{1/3}$	Biological Effect	Structural Failure
20	50	...	Glass windows
12	30	Eardrum rupture	Concrete block panels
6	15	Lung damage	Brick walls
2	5	Fatal	...

محاسبه فاصله ایمن در زمان تست نیوماتیک مطابق ضمیمه الزامی شماره ۳ آرتیکل ۵۰۱ استاندارد ASME PCC2

قدم اول به‌دست آوردن Blast Wave Distance یا شعاع انفجاری است که فاصله ایمن نفرات تا محل تست نیوماتیک را بدست می‌آورید.

استاندارد ذکر می‌کند اگر میزان انرژی ذخیره شده کم‌تر از ۱۳۵ مگا ژول که معادل ۳۱.۶ کیلوگرم TNT می‌شود حداقل شعاع ۳۰ متر و اگر انرژی ذخیره شده بین ۱۳۵ تا ۲۷۱ مگا ژول که معادل ۶۳.۵ کیلوگرم TNT است حداقل شعاع ۶۰ متر را در نظر داشته باشید و برای مقدار انرژی بالاتر از ۲۷۱ مگا ژول، از فرمول زیر باید استفاده کرد:

$$R = R_{scaled}(2TNT)^{1/3} \qquad \text{(III-1)}$$

R_{scaled} ضریب حادثه است.

با توجه به این فرمول این برداشت می‌شود که هرچه از محل تست نیوماتیک (محلی که تجهیز تحت تست نیوماتیک انجام می‌شود) نزدیک‌تر باشید اتفاقی که می‌افتد این است که پیامد بالاتر خواهد رفت، به خاطر همین در جدول زیر نیز مقادیر R_{scaled} پیشنهاد داده است که یا بر حسب قوانین داخلی باید مقدار R_{scaled} را بگذاریم یا طبق این جدول باید عدد را وارد کنیم.

Table 501-III-1-1 Alternative Values for R_{scaled}

R_{scaled}, m/kg$^{1/3}$	R_{scaled}, ft/lb$^{1/3}$	Biological Effect	Structural Failure
20	50	...	Glass windows
12	30	Eardrum rupture	Concrete block panels
6	15	Lung damage	Brick walls
2	5	Fatal	...

برای حادثه‌ایی مثل مرگ ضریب حادثه برحسب متریک را ۲، آسیب به ریه ۶، برای پارگی پرده گوش ۱۲ و برای آسیب‌های سازه‌ایی مثل Glass Window و شکستن درب و پنجره ضریب ۲۰ مدنظر قرار می‌گیرد.

این یک مبحث بود که خود موج انفجار، تأثیری روی پرسنل دارد و از یک طرف دیگر یک سری شعاع پرتاب ترکش نیز داریم که یا خودتان باید evaluation کنید یا مقادیر را طبق جدول 501-III-2-1 استخراج کنید که برای ۰ کیلوگرم TNT تا ۱۰ تن TNT را برای آن درنظر گرفته است و اگر مقادیر فراتر از این جدول بود که آن براساس ارزیابی بازرس درنظر داشته است.

Table 501-III-2-1 Minimum Distances for Fragment Throw Considerations

TNT Equivalent (kg)	Minimum Distance (m)	TNT Equivalent (lb)	Minimum Distance (ft)
0 to 3	50	0 to 5	140
3 to 5	60	5 to 10	180
5 to 10	70	10 to 20	220
10 to 15	80	20 to 30	250
15 to 20	90	30 to 40	280
20 to 25	95	40 to 50	300
25 to 35	105	50 to 75	340
35 to 50	120	75 to 100	380
50 to 65	130	100 to 125	400
65 to 80	140	125 to 150	430
80 to 100	150	150 to 200	470
100 to 120	160	200 to 250	510
120 to 150	170	250 to 300	540
150 to 200	190	300 to 400	590
200 to 250	205	400 to 500	640
250 to 300	215	500 to 600	680
300 to 350	225	600 to 700	710
350 to 400	240	700 to 800	750
400 to 450	245	800 to 900	780
450 to 500	255	900 to 1,000	800
500 to 600	270	1,000 to 1,200	850
600 to 700	285	1,200 to 1,400	940
700 to 800	300	1,400 to 1,800	980
800 to 900	310	1,800 to 2,000	1,010
900 to 1 100	330	2,000 to 2,500	1,090
1 100 to 1 300	350	2,500 to 3,000	1,160
1 300 to 1 500	365	3,000 to 4,000	1,270
1 500 to 1 900	395	4,000 to 5,000	1,370
1 900 to 2 300	420	5,000 to 6,000	1,460
2 300 to 2 800	450	6,000 to 7,000	1,540
2 800 to 3 300	475	7,000 to 8,000	1,600
3 300 to 3 800	500	8,000 to 9,000	1,670
3 800 to 4 400	525	9,000 to 10,000	1,730
4 400 to 5 000	530	10,000 to 12,000	1,750
5 000 to 5 500	535	12,000 to 14,000	1,770
5 500 to 6 500	545	14,000 to 16,000	1,800
6 500 to 7 500	570	16,000 to 18,000	1,880
7 500 to 8 500	590	18,000 to 20,000	1,950
8 500 to 10 000	605	20,000 to 25,000	2,000

GENERAL NOTE: Based on American Table of Distances published by the Institute of Makers of Explosives. Lengths are for inhabited buildings, unbarricaded.

Provided by IHS Markit under license with ASME

جدول ۲.۱ از ضمیمه ۳ ارتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 در زمینه شعاع پرتاب ترکش در تست نیوماتیک

یک بازرس وقتی که دستورالعمل تست نیوماتیک را می‌نویسد انرژی ذخیره شده را محاسبه می‌کند و تبدیل به TNT معادل می‌کند و شعاع مجاز پرسنل و شعاع پرتاب ترکش را درنظر می‌گیرد که اهمیّت پیامد بالای این تست را برساند به زبان ساده این است که تا جایی که بشود از زیر بار تست نیوماتیک در بروید اگرچه علی رغم میل برخی از همکاران دیگر باشد که به‌خاطر تأمین آب مورد نیاز برای تست، بازدارنده، خشک کردن و سایر موارد خواهد بود.

اگر سوال شد که حداکثر فشار تست نیوماتیک تا چقدر مجاز هستیم اولین آیتمی که به ذهن می‌رسد این است که بیان گردد که نمی‌توانیم بیان کنیم که چه فشاری بلکه باید بیان شود چه فشار و چه حجمی، همان‌طور که در فرمول‌های ذکر شده مشاهده کردید فشار و حجم با هم رابطه‌ی مستقیم دارد و در یک پارامتر توانی exp ضرب می‌شد، بنابراین باید هم فشار و هم حجم ذکر گردد. گاهاً ممکن است فشار کم باشد و حجم تجهیز بالا باشد، گاهاً ممکن است فشار بالا باشد و حجم تجهیز کم باشد بنابراین باید محاسبات را انجام داد. البته این از دیدگاه پیامدهای ایمنی است. از دیدگاه پیامدهای دیگری مثل رسیدن به نقطه Yield Stress و ... در ادامه مبحث مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

*** البته یک راهکار ساده برای کاهش میزان انرژی ذخیره شده این است، که زمانی‌که میزان انرژی ذخیره شده از مقادیر مجاز مطابق قوانین بالاتر رفت، آن سیستم را در صورت امکان به بخش‌های کوچک‌تری برای تست تقسیم نمود.

تست نیوماتیک

- میزان انرژی ذخیره شده بسیار بالا
- عدم قابلیت انجام تست هیدرواستاتیک
- ریسک بیشتر در شکست ترد
- محاسبه میزان انرژی ذخیره شده و تبدیل به TNTمعادل
- محاسبه حداقل حریم مجاز

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

میزان انرژی ذخیره شده در تست نیوماتیک و میزان معادلTNT

The stored energy of the equipment or piping system should be calculated and converted to equivalent kilograms (pounds) of TNT (Trinitrotoluene) using the following equations:

$$E = \left[1/(k-1)\right] \times P_{at} \times V \left[1 - (P_a/P_{at})^{(k-1)/k}\right] \quad \text{(II-1)}$$

where

E = stored energy, J (ft-lb)
k = ratio of specific heat for the test fluid
P_a = absolute atmospheric pressure, 101 kPa (14.7 psia)
P_{at} = absolute test pressure, Pa (psia)
V = total volume under test pressure, m^3 (ft^3)

When using air or nitrogen as the test medium ($k = 1.4$), this equation becomes

$$E = 2.5 \times P_{at} \times V \left[1 - (P_a/P_{at})^{0.286}\right] \quad \text{(II-2)}$$

and

$$\text{TNT} = \frac{E}{4\,266\,920} \text{ (kg)} \quad \text{(II-3)}$$

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

حداقل حریم مجاز در تست نیوماتیک

The minimum distance between all personnel and the equipment being tested shall be the greater of

(a) the following:

(1) $R = 30$ m for $E \le 135\,500\,000$ J

(2) $R = 60$ m for $135\,500\,000$ J $< E \le 271\,000\,000$ J

(3) $R = 100$ ft for $E < 100{,}000{,}000$ ft-lb

(4) $R = 200$ ft for $100{,}000{,}000 < E \le 200{,}000{,}000$ ft-lb

(b) the following equation:

$$R = R_{scaled}\,(TNT)^{1/3} \qquad \text{(III-1)}$$

where

E = stored energy as calculated by eq. (II-1) or (II-2)

R = actual distance from equipment

R_{scaled} = scaled consequence factor; value for eq. (III-1) shall be 20 m/kg$^{1/3}$ (50 ft/lb$^{1/3}$) or greater

TNT = energy measured in TNT, kg (lb), determined from eq. (II-3) or (II-5)

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

حداقل حریم مجاز در تست نیوماتیک

Table III-1 Alternative Values for R_{scaled}

R_{scaled}, m/kg$^{1/3}$	R_{scaled}, ft/lb$^{1/3}$	Biological Effect	Structural Failure
20	50	. . .	Glass windows
12	30	Eardrum rupture	Concrete block panels
6	15	Lung damage	Brick walls
2	5	Fatal	. . .

For systems where $E > 271\,000\,000$ J (200,000,000 ft-lb), the required distance shall be calculated by eq. (III-1).

If the minimum calculated distance cannot be obtained, an alternative value for R_{scaled} may be chosen based on Table III-1 for use in eq. (III-1). See also para. 6.2(g) of this Article.

For example, to prevent lung damage, the distance a person is from the equipment should result in an R_{scaled} value of more than 6 m/kg$^{1/3}$ (15 ft/lb$^{1/3}$). Note the structural damage that can occur, which shall be considered.

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

تست نیوماتیک

- در صورت عدم امکان انجام تست هیدرواستاتیک
- اولا با نیتروژن و سپس استفاده از هـوای خشـک تمیـز و عـاری از روغن بر اساس کلاس 1و 2و 3استاندارد ISO 8573
- دمای نقطه شبنم 20-الی 70-درجه
- فاکتور تست
- مکانیزم تخریب احتراق و اشتعال گازهای غنی از اکسیژن
- آیا می توان از سیال فرآیند استفاده نمود ؟
- سیستم به چندین زیر مجموعه تقسیم شود تا میزان انرژی ذخیـره شده کاهش یابد .
- میزان انرژی و TNTمعادل بر اساس App II
- حداقل حریم مجاز بر اساس App III

API Plant Inspection By: Ebrahim Khayer

محاسبات فشار تست هیدرواستاتیک و نیوماتیک در ظروف تحت فشار، مبدل‌های حرارتی و سیستم لوله‌کشی:

در این قسمت به محاسبات تست هیدرواستاتیک و نیوماتیک در ظروف تحت فشار، مبدل‌های حرارتی و سیستم لوله‌کشی می‌پردازیم که در ابتدا به محاسبات تست هیدرواستاتیک برای ظروف تحت فشار و سپس برای سیستم لوله‌کشی و در ادامه محاسبات فشار تست نیوماتیک را خواهیم داشت.

نکته‌ایی که وجود دارد در بند 5.8.3 استاندارد API 510 برای محاسبه فشار تست وقتی که Pressure Test باشد یعنی محرز شده باشد که نیاز به بررسی integrity دارید به‌علت نظیر انجام major repair یا انجام Alterate ریفر می‌دهد به استاندارد ASME SEC VIII-Div. 1 بند UG99 و هم‌چنین Code Case2290 و Code Case 2278 که بیان شده است وقتی زمان بهره‌برداری هستید و یک Pressure Vessel یا مبدل حرارتی را مورد تعمیر قرار دادید و نیاز هست که مجدداً تحت تست فشار قرار دهیم، فشار از فرمول ASME SEC VIII-Div. 1 حساب می‌شود.

دو تا فرمول ذکر کرده که تفاوت این دو فرمول را بررسی خواهیم کرد:

حداقل فشار تست هیدرواستاتیک برای ظروف تحت فشار مطابق بند ۵.۸ از کد API 510 و بند UG-99 از ASME Sec VIII

5.8.3 Test Pressure Determination

5.8.3.1 When a code hydrostatic pressure test is required, the minimum test pressure should be in accordance with the rules of the applicable code (construction code used to determine the MAWP). For this purpose, the minimum test pressure for vessels that have been rerated using the design allowable stress published in the 1999 addendum or later of ASME *Code*, Section VIII, Division I, Code Case 2290, or Code Case 2278, is 130 % of MAWP and corrected for temperature. The minimum test pressure for vessels rerated using the design allowable stress of ASME *Code*, Section VIII, Division I, published prior to the 1999 addendum, is 150 % of MAWP and corrected for temperature. The minimum test pressure for vessels designed using ASME *Code*, Section VIII, Division I is as follows:

Test Pressure in psig (MPa) = 1.5 MAWP × (S_{test} temp/S_{design} temp), prior to 1999 addendum

Test Pressure in psig (MPa) = 1.3 MAWP × (S_{test} temp/S_{design} temp), 1999 addendum and later

where

S_{test} tempis the allowable stress at test temperature in ksi (MPa);

S_{design} tempis the allowable stress at design temperature in ksi (MPa).

5.8.3.2 When a noncode related pressure test (leak/tightness test) is performed after repairs, the test pressure may be conducted at pressures determined by the owner/user. Tightness test pressures are determined by the owner/user but are generally not for the purpose of proving strength of repairs

بند 5.8.3 استاندارد API 510 در زمینه حداقل فشار تست هیدرواستاتیک که بر اساس ASME Sec VIII Div1

اگر کد طراحی Pressure Vessel بر اساس addendum 1999 و بعد از آن باشد، حداقل تست فشار برابر خواهد شد با:

$$\text{Test Pressure} = 1.3\ \text{MAWP} \times (S_{\text{test temp}} / S_{\text{design temp}})$$

و برای تجهیزاتی که بر اساس استانداردهای قبل از addendum 1999 استاندارد ASME SEC VIII-Div. 1 طراحی شده باشد، حداقل تست فشار برابر خواهد بود با:

$$\text{Test Pressure} = 1.5\ \text{MAWP} \times (S_{\text{test temp}} / S_{\text{design temp}})$$

سوال اولی که این‌جا به‌وجود می‌آید این است که این دو فرمول چه تفاوتی با هم دارند؟

نکته‌ی اولی که باید در این‌جا ذکر شود این است که اگر Pressure Vessel دارای Name Plate باشد دیگر نیازی به انجام محاسبه برای Pressure Test نخواهد بود و هر آن‌چه که روی name plate نوشته شده باشد برای تست در نظر گرفته می‌شود.

اگرPressure Vessel دارای Name Plate نباشد و بخواهید محاسبات را انجام دهید، مطابق با آن‌چه که در بالا ذکر شد بایستی محاسبات را انجام دهید.

در ادامه به بررسی تفاوت این دو فرمول خواهیم پرداخت. در عمل وقتی که که محاسبات را انجام دهید به یک عدد خواهید رسید و علت هم این است که فرمولی که برای Test Factor، 1.3 ذکر کرده برای addendum 1999 و به بعد است و فرمولی که برای 1.5 ذکر کرده برای قبل از addendum 1999 است، از addendum 1999 در Div. 1، Design Factor یا فاکتور طراحی برابر است با $\frac{UTS}{Allowable\ Stress}$ از مقدار ۴ به مقدار ۳.۵ تقیل پیدا کرد یعنی کاهش پیدا کرد یعنی تا قبل از addendum 1999 فاکتور طراحی ۴ بود و از addendum 1999 فاکتور طراحی ۳.۵ بود. به خاطر همین اگرچه در ظاهر قضیه مشاهده می‌کنیم که از addendum 1999 و به بعد میزان فشار تست با فاکتور 1.3 است و قبل آن 1.5 است اما MAWP به زبان ساده حدوداً برابر است با $P = \frac{2SEt}{D}$ allowable stress ی که از addendum 1999 و به بعد، استفاده می‌شود بالاتر است و قبل از addendum 1999، allowable stress پایین‌تری بوده چون design factor، ۴ بوده است. چون اگر بخواهید allowable stress را حساب کنید برابر خواهد بود با $\frac{UTS}{Design\ Factor}$.

یعنی کدها و استانداردها به مرور زمان اتفاقی که می‌افتد این است که Design Factor کاهش پیدا می‌کند یعنی allowable stress را به سمت Yield Stress نزدیک‌تر می‌کنیم علتش هم این است که هم روش‌های تولید و هم ساخت، Advanceتر شده و هم این‌که روش‌های پایش و NDT هم کارآمدتر شده است پس به خاطر همین هست که قبل از ۱۹۹۹ و بعد آن تقسیم بندی کرده، اما بعد از محاسبات نتیجه دو تا فرمول یکسان خواهد بود، نسبت ۳.۵ تقسیم بر ۴ را بگیرید که تقریباً برابر با نسبت ۱.۳ تقسیم ۱.۵، حال فقط باید حواسمان باشد که گاهاً چینن برداشت اشتباهی از بند استاندارد می‌شود که تجهیزاتی که بر اساس قبل از addendum 1999 ساخته شده‌اند فشار تست یک و نیم برابر MAWP ضربدر فاکتور تنشی، اما وقتی می‌خواهند allowable stress را حساب کنند بر اساس ویرایش فعلی استاندارد یعنی بعد از ۱۹۹۹ آن را به‌دست می‌آورند که اگر قرار است از فرمول $1.5\ MAWP \times (S_{test\ temp} / S_{design\ temp})$ استفاده کنیم باستی برای محاسبه MAWP و آن میزان allowable stress که نیاز است از ASME Sec II-Part D-Table 1A از ویرایش همان سال که بر اساس آن طراحی صورت گرفته، محاسبات را انجام دهیم.

گاهاً در صنعت یک اشتباه دیگری که می‌شود این است که بیان می‌کنند فشار تست تجهیز را یک و نیم برابر حداکثر فشار فرایندی است و MAWP را با حداکثر فشار فرایندی اشتباه می‌گیرند. پس بنابراین به زبان ساده این‌گونه می‌توان بیان کرد که فشار تست زمان بهره‌برداری وقتی Pressure Test نیاز دارید و Integrity نیاز دارید، با فشار تست زمان ساخت هیچ تفاوتی ندارد، هرچه همان است که در Name Plate و آن Manufacture Date Sheet ذکر گردیده است. حال اگر Name Plate و Manufacture Date Sheet را نداشتید بر اساس فرمول‌های زیر محاسبات را انجام خواهید داد:

بر اساس addendum 1999 و بعد از آن: $Test\ Pressure = 1.3\ MAWP \times (S_{test\ temp} / S_{design\ temp})$

قبل از addendum 1999: $Test\ Pressure = 1.5\ MAWP \times (S_{test\ temp} / S_{design\ temp})$

فقط در هنگام محاسبه برای محاسبه به این نکته توجه داشته باشید اگر بر اساس ویرایش فعلی استاندارد میزان allowable stress را می‌گذارید، Test Factor را باید ۱.۳ بگذارید، نمی‌توانیم بیان کنیم این تجهیز قبل از ۱۹۹۹ ساخته شده و بایستی فشار ۱.۵ را بگذاریم. تا این‌جا ok است اما MAWP که حساب می‌کنید بایستی allowable stress را براساس ویرایش قبلی بدست بیاورید.

یعنی نمی شود هم فاکتور تست را ۱.۵ بگیرید و هم S را از ویرایش فعلی بگذارید اگر صرف این‌که تجهیز قبل ۱۹۹۹ ساخته شده فاکتور فرمول تست را ۱.۵ می‌گذارید نیاز هست که S را هم از ویرایش همان سال بدست آورید.

در بالا میزان حداقل تست فشار هیدرواستاتیک توضیح داده شد. نکته این‌جا است که آیا حداکثر فشار نیز در تست هیدرواستاتیک داریم؟ بله / بایستی با یک مثال ASME Sec II-Part D این موضوع توضیح داده خواهد شد.

اکنون به مبحثی می‌پردازیم که می‌خواهیم محاسبه تست را انجام دهیم اما هیچ اطلاعاتی از آن ظرف نداریم، چند پارامتر می‌تواند مجهول باشد.

پارامتر اول که می‌تواند مجهول باشد MAWP است که در این حالت چند کار می‌توان انجام داد:

اول این‌که مطابق با فشار طراحی بگیرید، و حال اگر فشار طراحی هم نداشتید در این صورت کلک کنکوری این است که فشار Safety Valve که روی آن تجهیز است آن را به‌عنوان MAWP مدنظر قرار دهید. (در اکثر موارد فشار تنظیمی شیر اطمینان را همان MAWP قرار دادند. البته یک سری حالت‌های خاص هم هست که کمی بالاتر از MAWP هم تنظیم بکنید.) / پس قدم اول این است که مطابق با فشار طراحی عمل کنیم و درصورت نداشتن فشار طراحی، برابر با فشار تنظیمی شیر اطمینان قرار دهیم.

حال اگر یک Pressure Vessel باشد که در انبار روباز است و بخواهید داخل واحد فرایند آن را استفاده کنید و هیچ اطلاعاتی ندارید، یا اصلاً فشار تنظیمی شیر اطمینان هم بهش شک دارید، باید چک ابعادی را انجام دهید، ضخامت سنجی انجام دهید، کم‌ترین ضخامت هر جز یعنی هر کلگی هر شل و هر نازلی را بدست آورید، و MAWP هر کدام را حساب کنید و هر کدام کوچک‌تر شد می‌شود MAWP همان تجهیز.
اما وقتی می‌خواهید MAWP را حساب کنید و در حالت Minimal Document هستید، این‌جا بند 7.7 کد API 510 برای متریال بیان می‌کند که به UG-10 (C) استاندارد ASME SEC VIII مراجعه نمائید، که آن‌جا یک سری الزامات دارد و باز هم اگر نشد آن را مطابق ورق A283-Grade C بگیرید (یعنی پایین‌ترین گرید بگیرید).

همین‌طور برای Joint Efficiency هم همین‌گونه خواهد بود که برای Joint Efficiency هم یا خط جوش‌های طولی یا خط جوش‌های اتصال شل به کلگی که در محاسبات کلگی می‌آیند، پایین‌ترین مقدار بر اساس Type جوش و قوانین UW12 در نظر می‌گیرند یا این‌که بایستی عملیات رادیوگرافی و ... را برای آن انجام داد که یک Joint Efficiency بالاتری مدنظر داشته باشید.

7.7 Evaluation of Existing Equipment with Minimal Documentation

For pressure vessels that have no nameplate and minimal or no design and construction documentation, the following steps may be used to verify operating integrity.

1) Perform inspection to determine condition of the vessel including a complete dimensional checking of all components necessary to determine the minimum required thickness and adequacy of the design of the vessel [i.e. heads, shell(s), transitions, openings, reinforcement pads, saddle supports, etc.].

2) Define design parameters and prepare drawings.

3) Perform design calculations based on applicable codes and standards. Do not use allowable stress values of the current ASME *Code* (based on design factor of 3.5) for vessels designed to an edition or addendum of the ASME *Code* earlier than the 1999 addendum and was not designed to ASME Code Case 2290 or ASME Code Case 2278. For vessels designed to an edition or addendum of the ASME *Code* earlier than the 1999 addendum and were not designed to ASME Code Case 2290 or ASME Code Case 2278, use allowable stress values of the pre-1999 ASME *Code* (based on design factor of 4.0 or 5.0). See ASME *Code*, Section VIII, Division 1, Paragraph UG-10(c) for guidance on evaluation of unidentified materials. If UG-10(c) is not followed, then for carbon steels, use allowable stresses for SA-283 Grade C and for alloy and nonferrous materials, use X-ray fluorescence analysis to determine material type on which to base allowable stress values. When the extent of radiography originally performed is not known, use joint efficiency of 0.7 for Type No. (1) and 0.65 for Type No. (2) butt welds and 0.85 for seamless shells, heads, and nozzles or consider performing radiography if a higher joint efficiency is needed. (Recognize that performing radiography on welds in a vessel with minimal or no design and construction documentation may result in the need for a FFS evaluation and significant repairs.)

4) Attach a nameplate or stamping showing the MAWP and temperature, MAT, and date.

در نظر گرفتن پارامترها برای محاسبه MAWP زمانی که اطلاعاتی از ظرف در دسترس نمی‌باشد Minimal Document :
مطابق بند ۷.۷ از کد API 510

√ اما برای این‌که مفهوم J.e در ظروف تحت فشار که در کد API 510 فقط ذکر کرده مثلاً برای کلگی‌های بدون درز غیر نیم کروی حتی در بدترین حالت ۰.۸۵ بگیرید یا برای نازل‌ها نیز ۰.۸۵ بگیرید به بند UW-12d از استاندارد ASME Sec VIII برمی‌گردد که یک بازرس بهره‌بردار برای محاسبات MAWP و عمر باقیمانده و فشار تست باید به خوبی مسلط باشد: بند UW-12d از نان شب هم برای بازرس بهره‌بردار واجب‌تر است.

*** خلاصه الزامات این بند به شرح زیر است، تا متوجه شویم چرا حتی با spot RT برای برخی جوش‌ها JE را باید ۱ و برای none میزان ۰.۸۵ در نظر بگیریم.

نکات مهم در در نظر گرفتن j.e برای ظروف تحت فشار در قسمت کلگی‌ها بر اساس بند UW-12d استاندارد ASME Sec VIII یا تقاطع ضربدری به بند ۷.۷ از کد API 510 برای ظروف Minimal Document:

۱- برای کلگی‌های درز دار: میزان JE بر اساس نوع اتصال (که عمدتاً type 1 می‌باشد) بر اساس همان جدول uw-12 می‌باشد و مقادیر معروف ۱ و ۰.۸۵ و ۰.۷ می‌باشد

۲- کلگی‌های بدون درز

الف- کلگی بدون درز نیم کروی: برای کلگی‌های بدون درز نیم کروی الزام همان بند uw-12 که بر اساس میزان NDE و type جوش بر اساس جدول uw-12 خواهد بود.

ب- نکته کنکوری: بر اساس بند uw-12d کلگی‌های بدون درز غیرنیم کروی را می‌توان با انجام spot RT میزان j.e را مستقل از type جوش برابر ۱ در نظر می‌گیریم.

بنابراین برای کلگی‌های بدون درز غیر نیم کروی برای حالت full و spot میزان j.e را برابر ۱ و برای بقیه حالات میزان j.e را ۰.۸۵ در نظر بگیرید

نکته کنکوری۲: سرجوش‌های RT2

یک حالت دیگر هم هست. می‌توانید سرجوش‌های cat A و cat D را بر اساس اختیار و فراتر از الزمات کد فول رادیوگرافی نمایید، در این حالت سرجوش‌های cat B که با A و Dها تقاطع دارند، را spot RT نمایید و میزان j.e را ۱ در نظر بگیرید.

جوشکاری spin hole: بر اساس بند uw-34 می‌توانید spin hole را جوشکاری نمایید. و برای آن MT/ PT در نظر بگیرید.

البته میزان RT/UT برای آن در صورتی‌که مد نظر قرار دهید نیازی به مد نظر قرار دادن در محاسبات J.e نیست.

حداکثر فشار مجاز در تست هیدرواستاتیک:

همان‌طور که در بالا توضیح داده شد فشار تست هیدرواستاتیک یک ظرف تحت فشار برابر است با:

$$1.3\ MAWP \times (\text{allowable stress}_{\text{Test Temperature}} / \text{allowable stress}_{\text{Design Temperature}})$$

حال این نکته را در نظر بگیرید که یک زمانی تجهیزی که دارید دمایش بالا است (دمای طراحی بالا است)، می‌دانیم که با افزایش دمای طراحی allowable stress کاهش پیدا می‌کند و منجر به آن می‌شود که آن Stress Ratio که در داخل فرمول فشار تست هست، افزایش پیدا خواهد کرد و گاهاً به ۲ و حتی عدد ۵ هم برسد. در تست هیدرواستاتیک 1.3 MAWP فشار داریم یعنی 130% allowable stress تنش ایجاد می‌شود.

حال اگر این نسبت تنشی (allowable stress $_{\text{Test Temperature}}$ / allowable stress $_{\text{Design Temperature}}$) چون همراه بزرگ‌تر مساوی با یک است، اگر این هم بخواهد یک عددی مثل ۲، ۳، ۴ و ۵ و گاهاً حتی بیش‌تر، اتفاقی که می‌افتد این‌قدر فشار تست بالا می‌رود که از تنش تسلیم رد می‌شوید و وارد منطقه‌ی پلاستیک خواهید شد که این تست، مخرب خواهد شد. به

خاطر همین کد API 510 و API 570 به آرتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 ریفر داده است و آن‌جا ذکر کرده که حداکثر فشار تست فشاری است که منجر به تنشی معادل 0.9 SMYS برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ و معادل 1 SMYS برای فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی می‌شود.

SMYS برای ظرف تحت فشار براساس ASME SEC II-Part D-Table 1A بدست می‌آوریم و برای پایپینگ هم بر اساس جدول A1 استاندارد ASME B31.3 خواهد بود.

(n) When the requirements of the original construction code are not available, the test pressure for a hydrostatic pressure test for pressure vessels or heat exchangers shall be the lesser of (1) or (2) below.

(1) Equation (1)

$$P_t = 1.3 \times P \times \frac{S_{at}}{S_{dt}} \quad (1)$$

where

1.3 = test factor

P = maximum allowable working pressure from the Manufacturer's Data Report, or the value to which the vessel is being rerated

P_t = test pressure to be used, measured at the top of the vessel in its normal operating position

S_{at} = allowable stress at test temperature from the applicable construction code for the material of which the component under consideration is constructed

S_{dt} = allowable stress at design temperature from the applicable construction code for the material of which the component under consideration is constructed

الزامات بند 6.1n آرتیکل ۵۰۱ استاندارد ASME PCC2 در زمینه محاسبات فشار تست هیدرواستاتیک برای ظروف تحت فشار و مبدل‌های حرارتی :مقدار کم‌تر فرمول یا فشاری که منجر به تنشی معادل 0.9 SYMS برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ و معادل 1 SMYS برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی شود.

S_{at}/S_{dt} = ratio of allowable stresses; the lowest value shall be used in eq. (1) for all materials considered

(2) A pressure equal to that which results in an applied general primary membrane tensile stress equal to 90% the specified minimum yield stress at test temperature of carbon steel material, or 100% of austenitic steel material. Values for yield strengths for some materials are provided in ASME BPVC, Section II, Part D.

الزامات بند 6.1n آرتیکل ۵۰۱ استاندارد ASME PCC2 در زمینه محاسبات فشار تست هیدرواستاتیک برای ظروف تحت فشار و مبدل‌های حرارتی :مقدار کم‌تر فرمول یا فشاری که منجر به تنشی معادل 0.9 SYMS برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ و معادل 1SMYS برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی شود.

بنابراین حداکثر فشار تست می‌شود مقدار کم‌تر فشار فرمول یا فشاری که منجر به تنشی معادل 0.9 SYMS برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ و معادل 1 SMYS برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی شود.

حداکثر تست کجا مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

هدف این است که در آن Holding Time که داریم و در آن زمانی‌که آن تجهیز را تست فشار انجام می‌دهیم، در همان حداقل فشار تست مثلاً ۱۳۰ درصد بماند. یک زمانی هست تست را داریم انجام می‌دهیم و به‌دلیل افزایش دما مثلاً تست در جنوب کشور در حال انجام است و در ظهر دما به حدود ۵۰ الی ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد که این حالت منجر به افزایش فشار می‌شود یا اصلاً پمپی که می‌گذاریم منجر به افزایش فشار خواهد شد. سوال می‌شود که چقدر افزایش فشار مجاز است به خاطر افزایش دما؟ نکته‌ایی که وجود دارد این است که بایستی پایش کنیم دما و فشار را یعنی مقدار کاهش یا افزایش این دما و فشار را مرتب پایش کنیم که مطلع شویم چه مقدار افزایش و کاهش دما داریم و چقدر مقدار افت فشار یا افزایش فشار ناشی از دما را تحت رصد قرار داده باشیم اما تا رسیدن به 0.9 SYMS یا 1 SMYS منعی ندارد. فقط یک نکته را درنظر بگیرید که اگر مثلاً همان Stress Ratio که بزرگ‌تر یا مساوی یک است، اگر مقدار زیاد شد و حداکثر فشار تست شد 0.9 SYMS یا 1 SMYS یعنی فشاری که منجر به تنشی معادل 0.9 SYMS یا 1 SMYS شود، این‌جا باید حواسمان به افزایش فشار بیش از حد باشد چون لب به لب مرز قرار دارید روی ۹۰ درصد یا ۱۰۰ درصد Yield Stress هستید (متناسب به نوع متریال) و این‌جا گاهاً نیاز هست که یک شیر اطمینان موقت نصب کنیم که فشار از حدی بالاتر نرود که در ادامه فشار تنطمیمی شیرهای اطمینان موقت در تست هیدرواستاتیک برای این‌که از 0.9 SYMS یا 1 SMYS بیش‌تر نشود بر اساس PCC2 ارائه خواهد شد.

*** اندر حکایت حداکثر فشار تست در ظروف تحت فشار:

در طراحی تجهیزات فاکتوری به‌عنوان فاکتور طراحی در نظر گرفته می‌شود. به این صورت که تنش مجازی که در محاسبه ضخامت و MAWP در نظر گرفته می‌شود کسری SMUTS و SMYS است.

به‌عنوان مثال در Div1 در UG 23 که برای متریال مثلاً cs به UCS 23 و از آن‌جا به Div1 ریفر داده فاکتور فعلی ۳.۵ است و مقدار تنش مجاز از مقدار کم‌تر UTS /3.5 یا 2/3 SYMS بدست می‌آید.

پس بنابراین از S allowable تا y_s راه داریم.

اما بیایم فرمول فشار تست

در فرمول فشار تست ضریب دما نیز تأثیر قرار می‌دهید و فشار تست حداقل 1.3 MAWPمی‌شود یعنی حداقل ۱.۳ برابر تنش مجاز در تجهیز تنش ایجاد می‌شود تا اینتگریتی آن مورد بررسی قرار گیرد.

$Pt = 1.3MAWP * (S_{at}/S_{dt})$

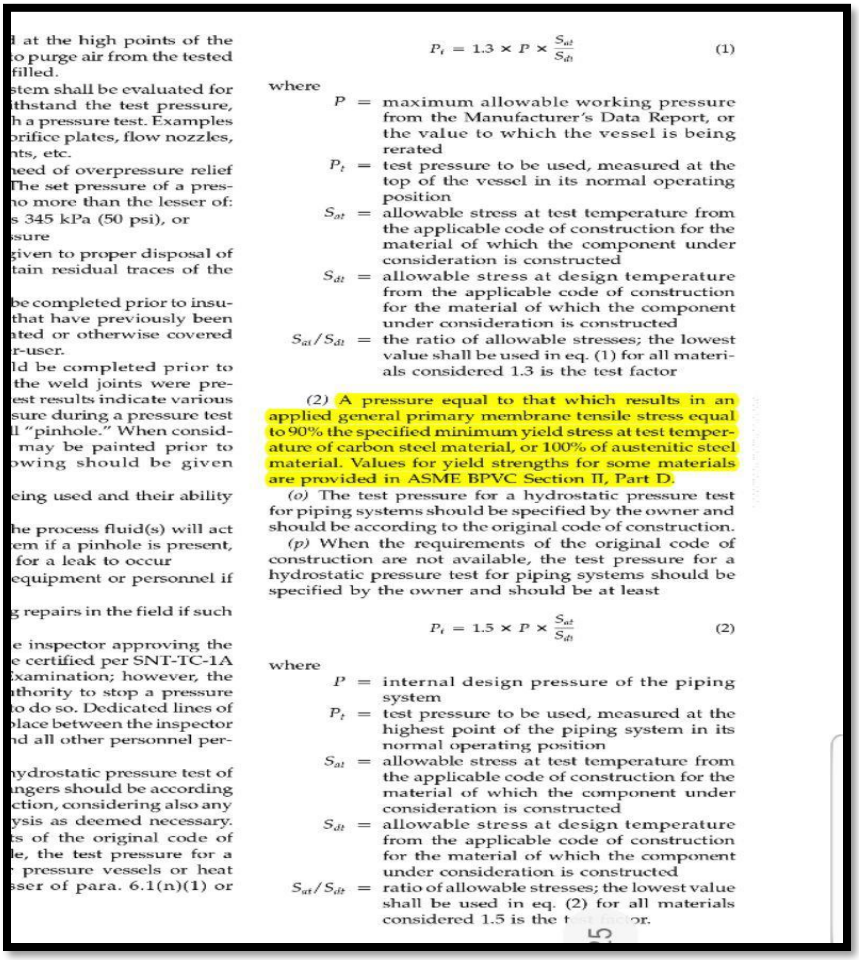
S_{at}: تنش مجاز در دمای تست

S_{dt}: تنش مجاز در دمای طراحی

که مقدار S_{at}/S_{dt} همواره بزرگ‌تر مساوی ۱ است و البته نکته دارد:

زمانی‌که دمای طراحی بالا است این فاکتور تصحیح S_{at}/S_{dt} می‌تواند تا ۳ یا ۵ هم برسد ولی ای‌نجا حداکثر فشار تست را مطابق آرتیکل ۵۰۱ از PCC2 مقدار کم‌تر فشار فرمول یا فشاری که منجر به تنشی معادل 0.9 SYMS برای کربن استیل و 1 SYMS برای استنلس شود.

برای همین منظور می‌توان در تست فشار زمانی‌که ضریب S_{ratio} به حدی می‌رسد که تنش از 0.9 SYMS بیش‌تر می‌شود و می‌خواهیم از این میزان فراتر نرود از شیر اطمینان موقت استفاده می‌کنیم و فشار تنظیمی این شیر اطمینان موقت بسته به نوع تست هیدرواستاتیک در بند 6.1 یا نیوماتیک در بند 6.2 از آرتیکل ۵۰۱ بیان گردیده است.



at the high points of the
o purge air from the tested
filled.
stem shall be evaluated for
thstand the test pressure,
h a pressure test. Examples
orifice plates, flow nozzles,
nts, etc.
heed of overpressure relief
The set pressure of a pres-
no more than the lesser of:
s 345 kPa (50 psi), or
ssure
given to proper disposal of
tain residual traces of the

be completed prior to insu-
that have previously been
ated or otherwise covered
r-user.
ld be completed prior to
the weld joints were pre-
est results indicate various
sure during a pressure test
l "pinhole." When consid-
may be painted prior to
owing should be given

eing used and their ability

he process fluid(s) will act
em if a pinhole is present,
for a leak to occur
equipment or personnel if

g repairs in the field if such

e inspector approving the
e certified per SNT-TC-1A
Examination; however, the
thority to stop a pressure
o do so. Dedicated lines of
lace between the inspector
nd all other personnel per-

ydrostatic pressure test of
ngers should be according
ction, considering also any
ysis as deemed necessary.
s of the original code of
le, the test pressure for a
pressure vessels or heat
sser of para. 6.1(n)(1) or

$$P_t = 1.3 \times P \times \frac{S_{at}}{S_{dt}} \quad (1)$$

where

P = maximum allowable working pressure from the Manufacturer's Data Report, or the value to which the vessel is being rerated

P_t = test pressure to be used, measured at the top of the vessel in its normal operating position

S_{at} = allowable stress at test temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{dt} = allowable stress at design temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{at}/S_{dt} = the ratio of allowable stresses; the lowest value shall be used in eq. (1) for all materials considered 1.3 is the test factor

(2) A pressure equal to that which results in an applied general primary membrane tensile stress equal to 90% the specified minimum yield stress at test temperature of carbon steel material, or 100% of austenitic steel material. Values for yield strengths for some materials are provided in ASME BPVC Section II, Part D.

(o) The test pressure for a hydrostatic pressure test for piping systems should be specified by the owner and should be according to the original code of construction.

(p) When the requirements of the original code of construction are not available, the test pressure for a hydrostatic pressure test for piping systems should be specified by the owner and should be at least

$$P_t = 1.5 \times P \times \frac{S_{at}}{S_{dt}} \quad (2)$$

where

P = internal design pressure of the piping system

P_t = test pressure to be used, measured at the highest point of the piping system in its normal operating position

S_{at} = allowable stress at test temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{dt} = allowable stress at design temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{at}/S_{dt} = ratio of allowable stresses; the lowest value shall be used in eq. (2) for all materials considered 1.5 is the t or.

مطابق آرتیکل ۵۰۱ استاندارد PCC2 و همچنین بندهایAPI PLANT نظیر بند 5.11 از کد ۵۷۰

حداکثر فشار تست فشاری که از تنشی معادل 0.9 SYMS برای CS و 1 SYMS برای فولاد زنگ نزن تجاوز نکند.

(f) Vents shall be provided at the high points of the vessel and/or piping system to purge air from the tested component while it is being filled.

(g) The vessel or piping system shall be evaluated for components that will not withstand the test pressure, or will otherwise interfere with a pressure test. Examples of these components include orifice plates, flow nozzles, control valves, expansion joints, etc.

(h) An evaluation for the need of overpressure relief devices shall be performed. The set pressure of a pressure relief device should be no more than the lesser of:

(1) the test pressure plus 345 kPa (50 psi), or

(2) 110% of the test pressure

(i) Consideration shall be given to proper disposal of the test water as it may contain residual traces of the system contents.

(j) Pressure testing should be completed prior to insulating. Welds or other joints that have previously been pressure tested can be insulated or otherwise covered when agreed to by the owner-user.

(k) Pressure testing should be completed prior to painting weld joints, unless the weld joints were previously tested. Documented test results indicate various types of paint will retain pressure during a pressure test when covering a through-wall "pinhole." When considering whether or not welds may be painted prior to pressure testing, the following should be given consideration:

(1) the paint system(s) being used and their ability to mask a potential leak

(2) the probability that the process fluid(s) will act as a solvent on the paint system if a pinhole is present, thus increasing the potential for a leak to occur

(3) the effect on nearby equipment or personnel if a leak occurs

(4) the cost of performing repairs in the field if such a failure occurs

(l) It is not required for the inspector approving the hydrostatic pressure test to be certified per SNT-TC-1A for Leak Testing or Visual Examination; however, the inspector should have the authority to stop a pressure test when deemed necessary to do so. Dedicated lines of communication should be in place between the inspector having oversight authority and all other personnel performing the pressure test.

(m) The test pressure of a hydrostatic pressure test of pressure vessels or heat exchangers should be according to the original code of construction, considering also any subsequent engineering analysis as deemed necessary.

(n) When the requirements of the original code of construction are not available, the test pressure for a hydrostatic pressure test for pressure vessels or heat exchangers shall be the lesser of para. 6.1(n)(1) or 6.1(n)(2) below.

(1) Equation (1)

$$P_t = 1.3 \times P \times \frac{S_{st}}{S_{dt}} \quad (1)$$

where

P = maximum allowable working pressure from the Manufacturer's Data Report, or the value to which the vessel is being rerated

P_t = test pressure to be used, measured at the top of the vessel in its normal operating position

S_{st} = allowable stress at test temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{dt} = allowable stress at design temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{st}/S_{dt} = the ratio of allowable stresses; the lowest value shall be used in eq. (1) for all materials considered 1.3 is the test factor

(2) A pressure equal to that which results in an applied general primary membrane tensile stress equal to 90% the specified minimum yield stress at test temperature of carbon steel material, or 100% of austenitic steel material. Values for yield strengths for some materials are provided in ASME BPVC Section II, Part D.

(o) The test pressure for a hydrostatic pressure test for piping systems should be specified by the owner and should be according to the original code of construction.

(p) When the requirements of the original code of construction are not available, the test pressure for a hydrostatic pressure test for piping systems should be specified by the owner and should be at least

$$P_t = 1.5 \times P \times \frac{S_{st}}{S_{dt}} \quad (2)$$

where

P = internal design pressure of the piping system

P_t = test pressure to be used, measured at the highest point of the piping system in its normal operating position

S_{st} = allowable stress at test temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{dt} = allowable stress at design temperature from the applicable code of construction for the material of which the component under consideration is constructed

S_{st}/S_{dt} = ratio of allowable stresses; the lowest value shall be used in eq. (2) for all materials considered 1.5 is the test factor.

بند ۶.۱ از آرتیکل 501 استاندارد PCC2

فشار تنظیمی شیر اطمینان موقت در تست هیدرواستاتیک

به عنوان مثال یک ظرف تحت فشار با قطر خارجی ۸۰ اینچ از متریال A285Gr C ، با MAWP 1000psi را در نظر بگیرید. دمای طراحی ۷۰۰ فارنهایت و ضخامت تجهیز ۲.۵ اینچ می باشد. حداقل و حداکثر فشار تست را بدست آورید. اطلاعات مورد نیاز از Sec II D به شرح زیر می‌باشد:

ASME BPVC.II.D.C-2019

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/Thickness, in.	P-No.	Group No.
1	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283C	K02401	...	...	1	1
2	Carbon steel	Plate	SA-283	C	K02401			1	1
3	Carbon steel	Plate	SA-285	C	K02801	...	...	1	1
4	Carbon steel	Smls. & wld. pipe	SA-333	1	K03008	...	...	1	1
5	Carbon steel	Smls. & wld. tube	SA-334	1	K03008	...	...	1	1
6	Carbon steel	Wld. tube	SA-334	1	K03008	...	...	1	1
7	Carbon steel	Plate	SA-516	55	K01800	...	...	1	1
8	Carbon steel	Smls. pipe	SA-524	II	K02104	...	...	1	1
9	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CA55	K02801	...	...	1	1
10	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE55	K02202	...	...	1	1
11	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	A55	K02801	...	...	1	1
12	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	B55	K02001	...	...	1	1
13	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	C55	K01800	...	...	1	1
14	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	E55	K02202	...	...	1	1
15	Carbon steel	Sheet	SA-414	C	K02503	...	...	1	1
16	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-3	P275NH	...	...	$\le 2\frac{1}{4}$	1	1
17	Carbon steel	Bar	SA-36	...	K02600	...	...	1	1
18	Carbon steel	Plate, sheet	SA-36	...	K02600	...	...	1	1
19	Carbon steel	Plate, sheet	SA-662	A	K01701	...	...	1	1
20	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250A	...	...	$t > 1\frac{1}{2}$	1	1
21	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250B	...	...	$t > 1\frac{1}{2}$	1	1
22	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250C	...	...	$t > 1\frac{1}{2}$	1	1
23	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250A	...	...	$\frac{3}{4} < t \le 1\frac{1}{2}$	1	1
24	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250B	...	...	$\frac{3}{4} < t \le 1\frac{1}{2}$	1	1
25	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250C	...	...	$\frac{3}{4} < t \le 1\frac{1}{2}$	1	1
26	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-2	P265GH	...	...	$\le 2\frac{1}{4}$	1	1
27	Carbon steel	Smls. tube	SA/EN 10216-2	P265GH	...	...	$1\frac{5}{8} < t \le 2\frac{1}{2}$	1	1
28	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250A	...	...	$t \le \frac{3}{4}$	1	1
29	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250B	...	...	$t \le \frac{3}{4}$	1	1
30	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250C	...	...	$t \le \frac{3}{4}$	1	1
31	Carbon steel	Smls. tube	SA/EN 10216-2	P265GH	...	...	$\frac{5}{8} < t \le 1\frac{5}{8}$	1	1
32	Carbon steel	Smls. tube	SA/EN 10216-2	P265GH	...	...	$t \le \frac{5}{8}$	1	1
33	Carbon steel	Forgings	SA-181	...	K03502	60	...	1	1
34	Carbon steel	Castings	SA-216	WCA	J02502	...	...	1	1
35	Carbon steel	Forgings	SA-266	1	K03506	...	...	1	1
36	Carbon steel	Forgings	SA-350	LF1	K03009	1	...	1	1
37	Carbon steel	Castings	SA-352	LCA	J02504	...	...	1	1
38	Carbon steel	Cast pipe	SA-660	WCA	J02504	...	...	1	1
39	Carbon steel	Bar	SA-675	60	...	...	...	1	1
40	Carbon steel	Bar	SA-675	60	...	...	...	1	1
41	Carbon steel	Forgings	SA-765	I	K03046	...	...	1	1
42	Carbon steel	Plate	SA-515	60	K02401	...	...	1	1
43	Carbon steel	Plate	SA-516	60	K02100	...	...	1	1
44	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CB60	K02401	...	...	1	1
45	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CC60	K02100	...	...	1	1
46	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE60	K02402	...	...	1	1

اطلاعات مورد نیاز از ASME Sec II part D برای متریال A285GrB

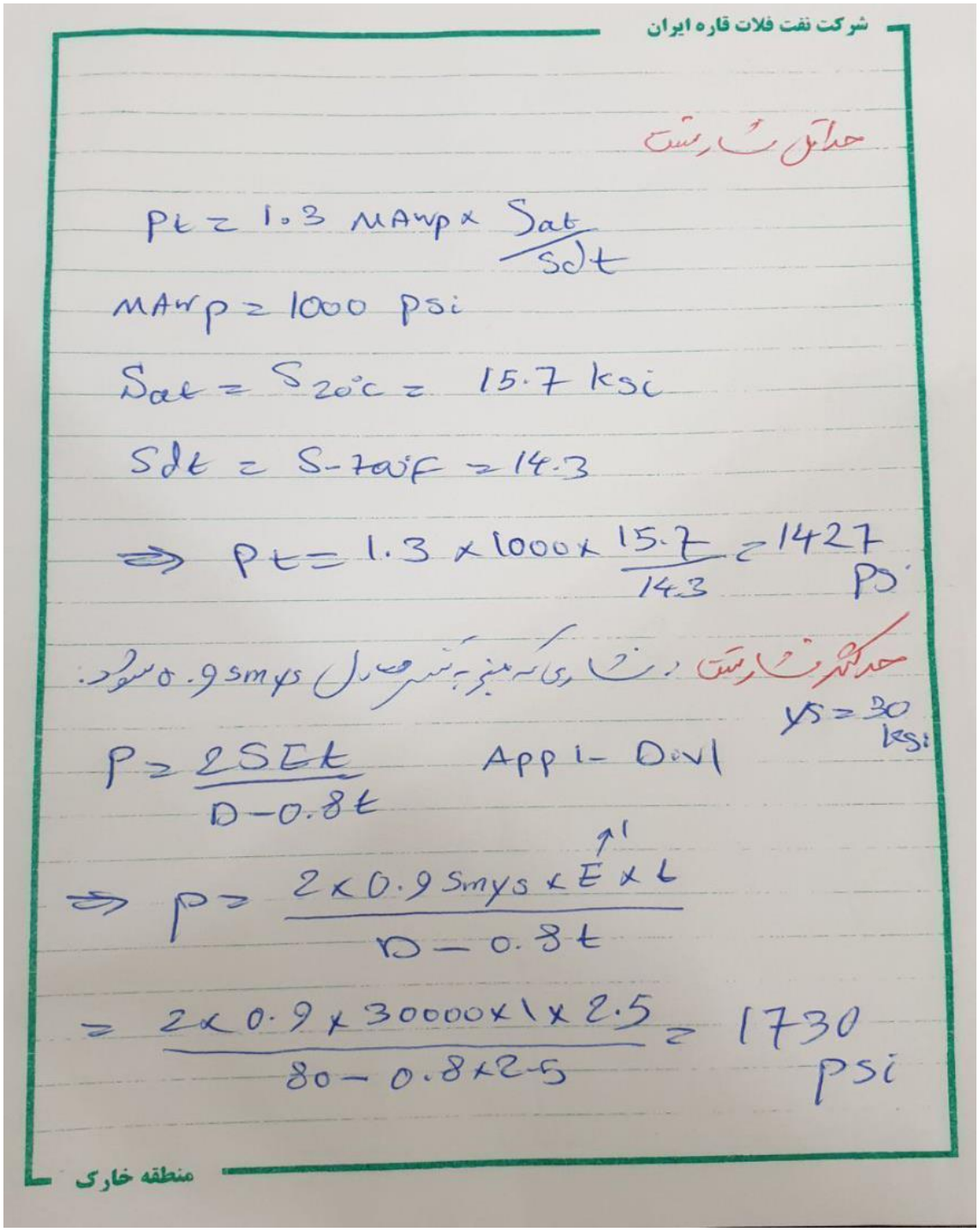
Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only) I	III	VIII-1	XII	External Pressure Chart No.	Notes
1	55	30	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	W12
2	55	30	NP	300 (Cl. 3 only)	650	650	CS-2	...
3	55	30	900	700	900	650	CS-2	G10, S1, T2
4	55	30	NP	700	650	650	CS-2	W12, W14
5	55	30	NP	700	650	650	CS-2	W12, W14
6	55	30	NP	NP	650	650	CS-2	G24, W6
7	55	30	850	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
8	55	30	NP	NP	1000	650	CS-2	G10, T2
9	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
10	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
11	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
12	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
13	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
14	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
15	55	33	NP	700	900	650	CS-2	G10, T1
16	56.5	...	NP	NP	400	400	CS-2	G10, G18
17	58	36	650	650 (SPT)	900	650	CS-2	G10, G15, T1
18	58	36	NP	700	650	650	CS-2	G9, G10, T1
19	58	40	NP	NP	700	650	CS-2	T1
20	59.5	33.4	NP	NP	650	650	CS-2	...
21	59.5	33.4	NP	NP	650	650	CS-2	...
22	59.5	33.4	NP	NP	650	NP	CS-2	...
23	59.5	34.8	NP	NP	650	650	CS-2	...
24	59.5	34.8	NP	NP	650	650	CS-2	...
25	59.5	34.8	NP	NP	650	650	CS-2	...
26	59.5	35.5	NP	NP	700	NP	CS-2	T1
27	59.5	35.5	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
28	59.5	36.3	NP	NP	650	650	CS-2	...
29	59.5	36.3	NP	NP	650	650	CS-2	...
30	59.5	36.3	NP	NP	650	650	CS-2	...
31	59.5	37	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
32	59.5	38.5	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
33	60	30	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
34	60	30	1000	700	1000	650	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
35	60	30	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
36	60	30	NP	700	1000	650	CS-2	G10, T2
37	60	30	NP	700	NP	NP	CS-2	G17
38	60	30	1000	700	NP	NP	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
39	60	30	850	700 (SPT)	NP	NP	CS-2	G10, G15, S1, T2
40	60	30	NP	650 (Cl. 3 only)	900	650	CS-2	G10, G22, T2
41	60	30	NP	NP	1000	650	CS-2	G10, T2
42	60	32	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
43	60	32	850	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
44	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
45	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
46	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

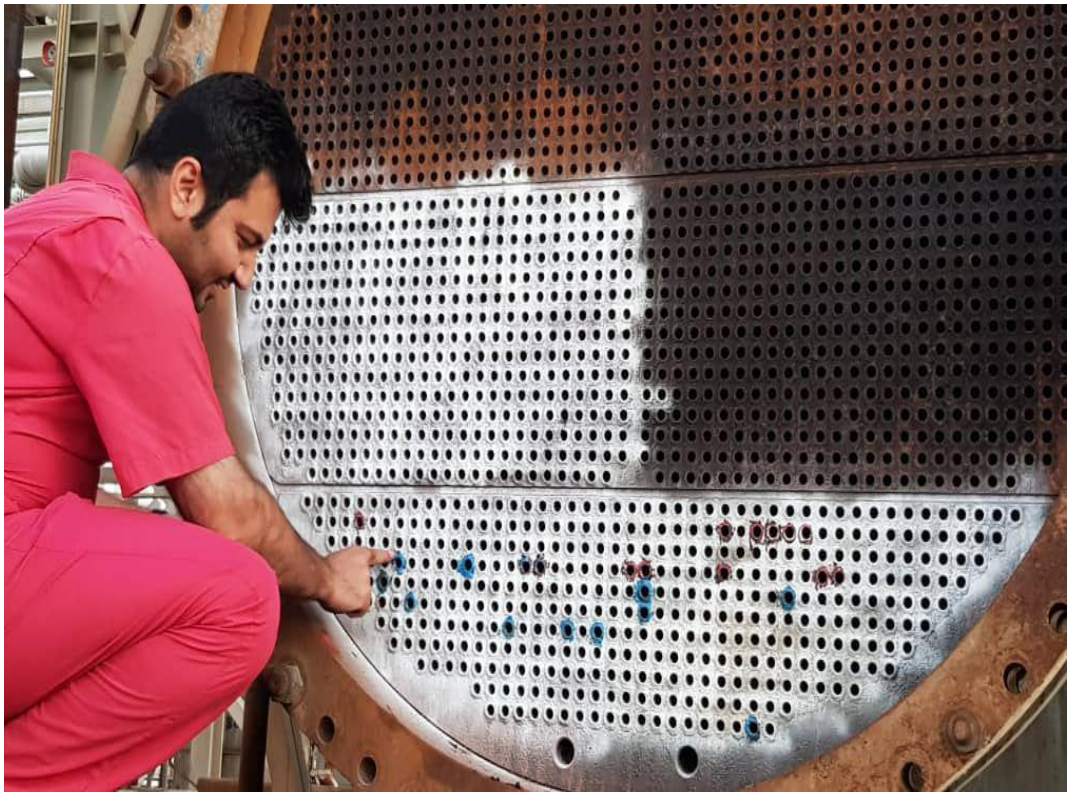
Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	15.7	...	15.7	...	15.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	...	...	...	...	...
3	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
4	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
5	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
6	13.4	13.4	13.4	...	13.4	13.4	13.4	13.0	12.6	...	...	...	...	...
7	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
8	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
9	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
10	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
11	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
12	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
13	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
14	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
15	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	*15.6*	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
16	16.2	16.2	16.2	...	16.2	16.2	...	...	...	...	...	...	...	...
17	16.6	16.6	16.6	...	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	*15.6*	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
18	16.6	...	16.6	...	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	*15.6*	...	...	...	...
19	16.6	16.6	16.6	...	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	*15.6*	...	...	...	...
20	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	16.5	...	...	...	...	...
21	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	16.5	...	...	...	...	...
22	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	16.5	...	...	...	...	...
23	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
24	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
25	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
26	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	*15.6*	...	...	...	...
27	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
28	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
29	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
30	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
31	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
32	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
33	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
34	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
35	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
36	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
37	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
38	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
39	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	...
40	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
41	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
42	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
43	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	*13.0*	*10.8*	*8.7*	*5.9*
44	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
45	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
46	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...

حل مسئله:



پس مشاهده می‌کنیم رنج فشار تست بین ۱۴۲۷ الی ۱۷۳۰ برای این تجهیز به دست آمد.

تصاویر از تست فشار مبدل‌های حرارتی (منطقه بهرگان) را در زیر مشاهده می‌نمائید:



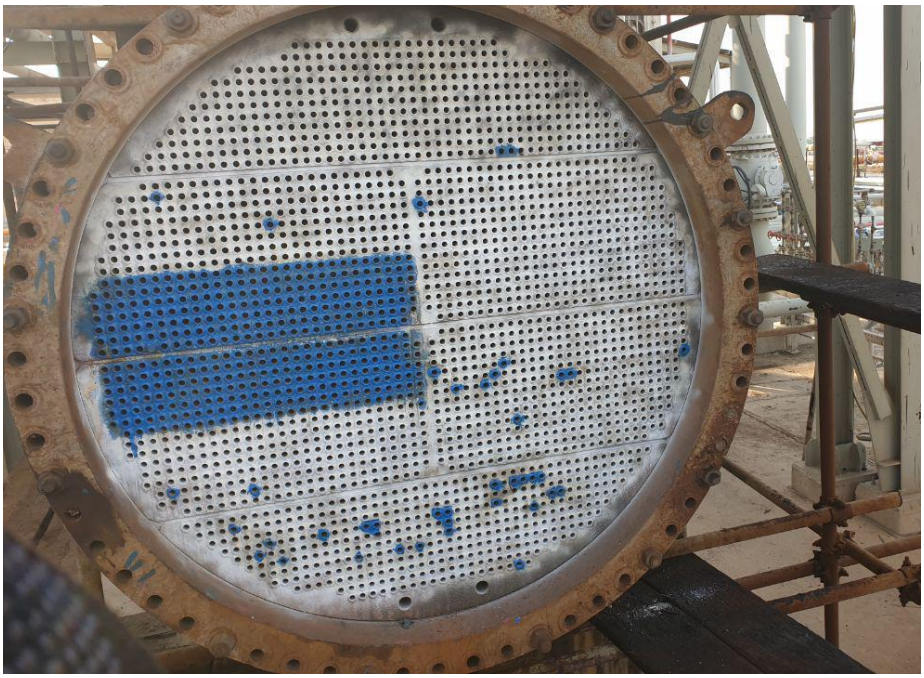
انجام شل تست مبدل‌های حرارتی

– ابتدا رنگ‌سفید به عنوان‌کانترست بر روی کل سطح تیوب شیت زده می‌شود.

تا بعد از مشخص شدن تیوب‌های معیوب که به‌وسیله هوا گرفتن داخل تک تک تیوب‌ها می‌باشد. این‌روش مطمئن‌ترین روش برای تشخیص تیوب‌های داری نشتی است. (هوا گیری تک‌تک تیوب‌ها تعداد تیوب‌ها نیز ۲۶۰۰ عدد می‌باشد)

– از پایین به بالا هم شروع شده تا کم‌ترین خطا را در تشخیص نشتی داشته باشیم. چون اگر از بالا شروع شود در صورت نشتی منجر به خیس شدن کل سطح تیوب شیت می‌شود و تشخیص سخت خواهد بود.

با این روش می‌توان به راحتی با رنگ تیوب‌های معیوب را مارک کرده و قدم بعدی پلاگ کردن تهیه نقشه تیوب شیت و plug map می‌باشد.



تست فشار مبدل حرارتی – منطقه بهرگان – و تهیه map plug با شیوه ای خلاقانه بر روی تیوب شیت

فشار تست یک ظرف تحت فشار پتروشیمی با فشار ۱۴۰۰ بار معادل 20000 Psi

همان ظرفی که فشار تست آن 20000 psi بود.

محاسبه حداقل فشار تست هیدرواستاتیک برای سیستم لوله کشی در زمان ساخت و بهره برداری:

در این قسمت به بررسی حداقل فشار تست هیدرواستاتیک برای سیستم لوله‌کشی می‌پردازیم، برای سیستم لوله‌کشی حداقل فشار تست هیدرواستاتیک از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

Hydrostatic

$$Pt = 1.5\ Pd \times (S_{test\ temp} / S_{design\ temp})$$

تفاوتی که با ظروف تحت فشار دارد، اولاً به جای MAWP از فشار طراحی استفاده کرده و ثانیاً فاکتور تست همان ۱.۵ خواهد بود. مفهوم $S_{test\ temp} / S_{design\ temp}$ همان دلیلی خواهد بود که در ظروف تحت فشار مدنظر قرار گرفت، علت به خاطر این است که تست هیدرواستاتیک را در دمای محیط تست می‌کنید، اما وقتی‌که تجهیز (ظروف تحت فشار یا پایپینگ) می‌رود در دمای بالا کار می‌کند، استحکامش نسبت به همین دمای فعلی کاهش پیدا می‌کند. پس بنابراین در تست فشار که می‌خواهیم integrity را ببینیم، بایستی یک Stress Ratio برای آن در نظر بگیریم که آن کاهش استحکام متریال در آن دمای بالا را هم برایش در نظر گرفته باشیم.

نکته‌ایی که این‌جا وجود دارد این است که میزان $S_{test\ temp}$ و $S_{design\ temp}$ را بر اساس جدول A1 استاندارد ASME B31.3 بدست می‌آوریم. (از استاندارد ASME SEC II-Part D استفاده نمی‌کنیم.)

این‌جا نیز همان قضیه ۹۰ درصد و ۱۰۰ درصد برای حداکثر فشار تست که مفصل توضیح داده شد، حاکم است.

کد API 570 برخلاف API 510 که رفرنس داده است، خود متن آن در یکی از نوت‌ها ذکر کرده که حداکثر فشار تست هیدرواستاتیک برای سیستم لوله‌کشی فشاری است که منجر به تنشی معادل 0.9 SYMS برای Carbon Steel و Low Steel و 1SYMS برای فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی شود.

محاسبه فشار تست

Hydrostatic

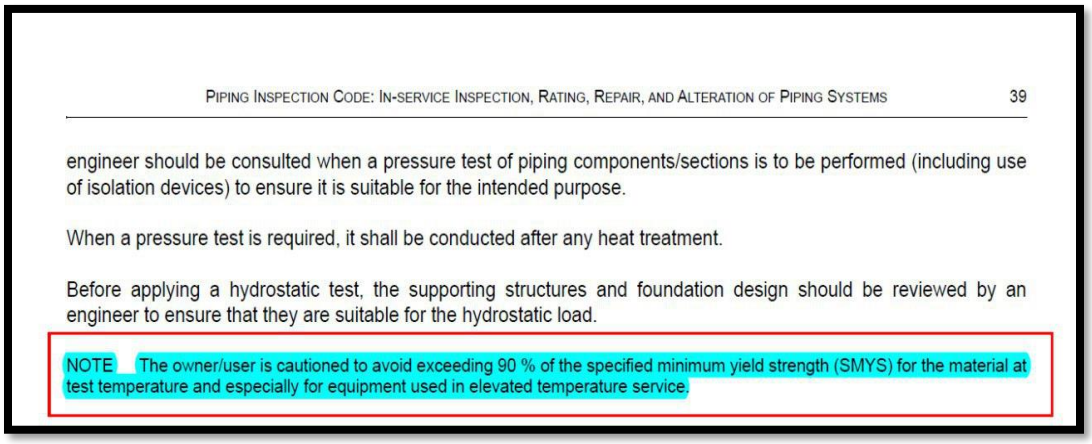
$$Pt = 1.5\ Pd \times (S_{test\ temp} / S_{design\ temp})$$

Pneumatic

$$Pt = 1.1\ Pd \times (S_{test\ temp} / S_{design\ temp})$$

- حداکثر فشار اعمالی به سیستم به حدی باشد که منجر به تنشی معادل 90% SMYS در دمای تست گردد .
- در برخی موارد نیاز به نصب به PRDموقت ضروری است .

محاسبه حداقل فشار تست هیدرواستاتیک برای سیستم لوله‌کشی در زمان ساخت و بهره‌برداری
بند 5.11 کد API 570 ویرایش ۲۰۱۸ / بند ۳۴۵ از استاندارد ASME B31.3



PIPING INSPECTION CODE: IN-SERVICE INSPECTION, RATING, REPAIR, AND ALTERATION OF PIPING SYSTEMS 39

engineer should be consulted when a pressure test of piping components/sections is to be performed (including use of isolation devices) to ensure it is suitable for the intended purpose.

When a pressure test is required, it shall be conducted after any heat treatment.

Before applying a hydrostatic test, the supporting structures and foundation design should be reviewed by an engineer to ensure that they are suitable for the hydrostatic load.

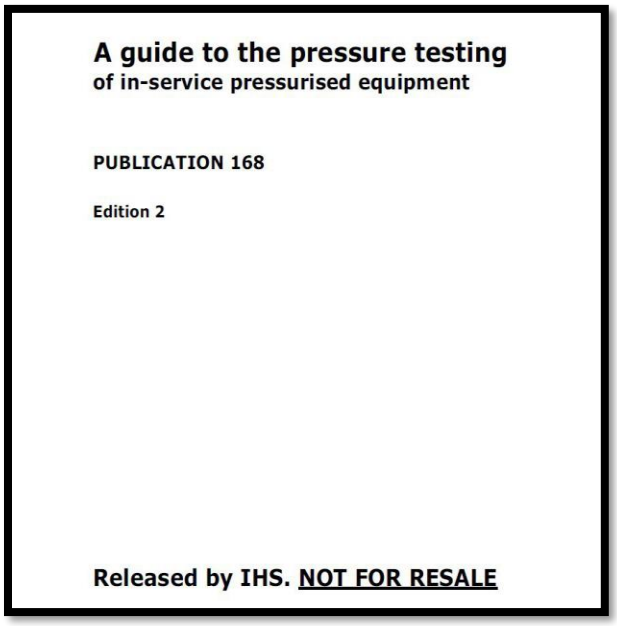
NOTE The owner/user is cautioned to avoid exceeding 90 % of the specified minimum yield strength (SMYS) for the material at test temperature and especially for equipment used in elevated temperature service.

حداکثر فشار تست مطابق بند ۵.۱۱.۱ از استاندارد API 570 نباید از فشاری که منجری به تنشی بیش‌تر از ۹۰ درصد تنش تسلیم متریال می‌شود تجاوز نماید.

که البته در بند n6.1 استاندارد ASME PCC2 به صورت کامل‌تر این قضیه را بیان نمود و مثال برای یک ظرف نیز حل نمودیم.

گاهاً سوال می شود که اگر نتوانیم به این فشار تست برسیم آیا تلرانسی برای مرز بندی بین تست فشار و و تست نشتی وجود دارد:

جواب بلی و آن در بند ۵.۱ از استاندارد EEMUA 168 نهفته است.



A guide to the pressure testing
of in-service pressurised equipment

PUBLICATION 168

Edition 2

Released by IHS. NOT FOR RESALE

سند EEMUA 168: سندی بی نظیر در زمینه تست فشار تجهیزات در دوره بهره برداری

اما تلرانس فشار تست بر اساس EEMUA 168 بند ۵.۱ در استاندارد EEMUA 168 فشار تست هیدرواستاتیک را بین ۱.۲۵ الی ۱.۵ برابر فشار طراحی ذکر نموده است تا بتوان استحکام مکانیکی را مورد ارزیابی قرار داد و فشار تست ۱.۱ فشار طراحی را به‌عنوان leak test طبقه بندی و ارزیابی یکپارچگی مد نظر نیست.

5.1 Standard Pressure Test

Strength testing is carried out by the application of pressure to induce a stress level greater than that experienced in service, but less than that which would cause damage. The test pressure would be typically between 1.25 and 1.5 times the design pressure depending on whether the test was based on HSE G4 or older ASME vessels using 1.5. The newer ASME vessels would use a factor of 1.3. This is to demonstrate that the equipment can safely withstand the maximum service pressure at the maximum operating temperature.

The test pressure is decided by the Design or Inspection Authority and should take account of, and if necessary compensate for, the design temperature of the equipment. It may be at the same level as the original test pressure on the new equipment, but often it is slightly less to allow for loss in thickness by corrosion. The maximum membrane stress of any component during test should not exceed 90% of the material minimum specified yield strength at the test temperature.

The test pressure should be maintained for not less than 30 minutes. During the test the vessel should exhibit no sign of general plasticity (see Section 7.1)

بند ۵.۱ استاندارد EEMUA 168 در زمینه تلرانس بین ۱.۲۵ الی ۱.۵ برابر فشار طراحی برای هیدروتست به‌منظور ارزیابی یکپارچگی مکانیکی

5.2 Leak Testing

Leak testing is carried out where the objective is not to test the strength of the equipment, but by the application of a pressure differential to detect leakage and sometimes leakage rates. The pressure applied whether liquid or gaseous is normally less than the design pressure. For equipment that has not been subjected to a standard pressure test the pressure should not be more than 10% of the design pressure.

For equipment that has passed a standard pressure test the pressure should not exceed 110% of the design pressure. Criteria for leak testing methods are given in the European standard EN 1779: 1999[15]. The bubble test is specified in EN 1593: 1993[16], helium testing in BS-EN 13185: 2001[17] and the pressure change test in EN 13184: 2001[18]. Any low pressure leak test should be carried out before a hydrostatic pressure test.

بند ۵.۲ استاندارد EEMUA 168 در زمینه الزامات leak تست و طبقه‌بندی ۱.۱ برابر فشار طراحی به‌عنوان leak test

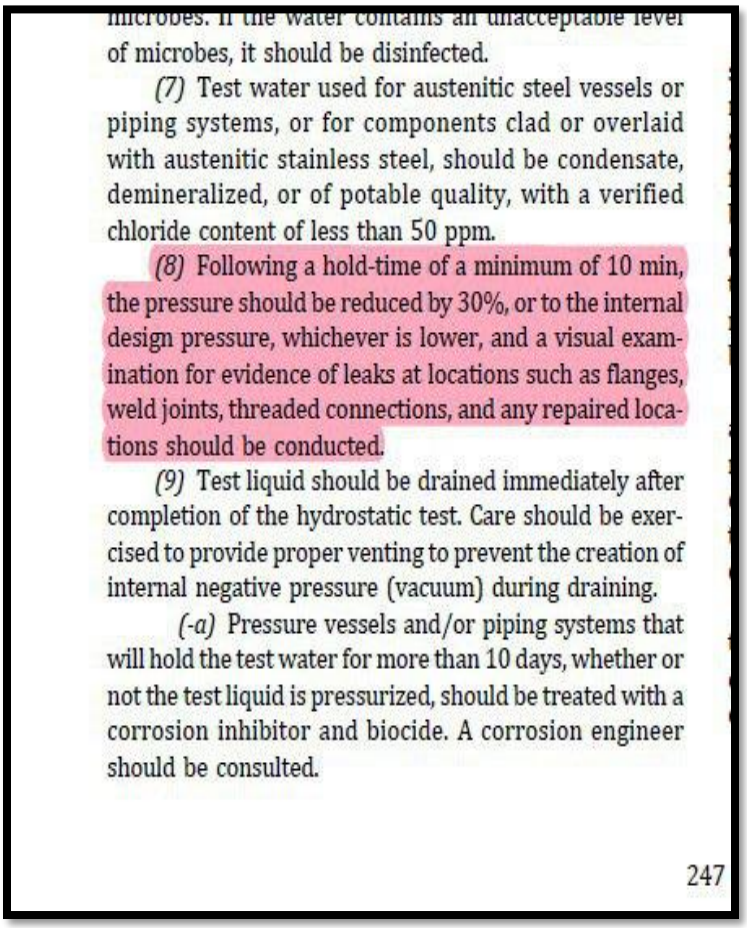
اما برسیم سر مبحث زمان تست فشار بر اساس استانداردهای مختلف:

– کدهای API 510 و کد API 570 زمان خاصی را برای تست فشار ذکر ننموده‌اند و البته میدانیم رفرنس اصلی آن ASME PCC2 است که باز به آرتیکل افسانه ای ۵۰۱ آن رجوع می‌کنیم.

– در آرتیکل ۵۰۱ استاندارد ASME PCC2 بند ۶.۱ حداقل زمان تست فشار را ۱۰ دقیقه ذکر نموده است. اما حاوی نکته مهم است.

– استاندارد API 577 در بند ۹.۱۱ دقیقا ذکر نموده است که استانداردهای ساخت و بهره‌برداری زمان مشخصی را برای تست فشار در نظر نگرفته‌اند ولی معمولا ۳۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود.

اما نکته اساسی زمان بازرسی چشمی دقیق CVI پس چه زمانی است؟



microbes. If the water contains an unacceptable level of microbes, it should be disinfected.

(7) Test water used for austenitic steel vessels or piping systems, or for components clad or overlaid with austenitic stainless steel, should be condensate, demineralized, or of potable quality, with a verified chloride content of less than 50 ppm.

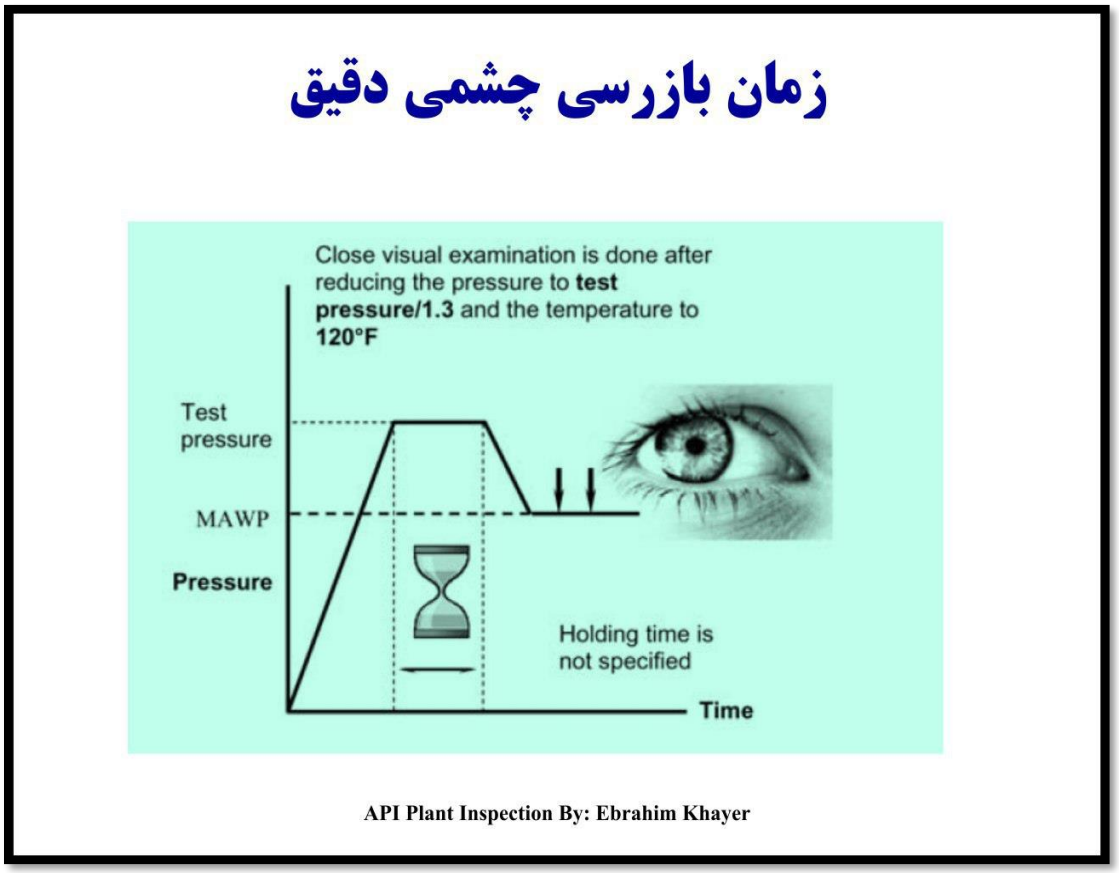
(8) Following a hold-time of a minimum of 10 min, the pressure should be reduced by 30%, or to the internal design pressure, whichever is lower, and a visual examination for evidence of leaks at locations such as flanges, weld joints, threaded connections, and any repaired locations should be conducted.

(9) Test liquid should be drained immediately after completion of the hydrostatic test. Care should be exercised to provide proper venting to prevent the creation of internal negative pressure (vacuum) during draining.

(-a) Pressure vessels and/or piping systems that will hold the test water for more than 10 days, whether or not the test liquid is pressurized, should be treated with a corrosion inhibitor and biocide. A corrosion engineer should be consulted.

247

حداقل زمان تست فشار بر اساس ارتیکل ۵۰۱ از ASME PCC2 و زمان بازرسی چشمی دقیق CVI با تقاطع ضربدری به کدهای API plant



نمودار مرحله ای تست هیدرواستاتیک برای ظرف تحت فشار و زمان holding و زمان CVI

مرجع: بند ۵.۸ کد API 510

تصویر برگرفته از کتاب: کلیفورد ماتیوس

5.8.4 Pressure Test Preparation

5.8.4.1 Before applying a pressure test, appropriate precautions and procedures should be taken to assure the safety of personnel involved with the pressure test. A close visual inspection of pressure vessel components should not be performed until the vessel pressure is at or below the MAWP. This review is especially important for in-service pressure vessels.

بند ۵.۸.۴ از کد API 510: زمان بازرسی چشمی دقیق بعد از کاهش فشار تست به کوچک‌تر مساوی MAWP:
دقیقا مطابق بند ۶.۱ از ASME PCC2

اما برسیم تفسیر زمان بازرسی چشمی و زمان holding:

زمان تست فشار و زمان بازرسی چشمی دقیق:

زمان Leak Test در B31.3 هم همان حداقل ۱۰ دقیقه عنوان شده

345.2.2 Other Test

Requirements

(a) Examination for Leaks. The leak test pressure shall be maintained for at least 10 min and then all joints and connections shall be examined for leaks. The test pressure may be reduced to not less than the design pressure while performing this examination.

حداقل زمان تست نشتی طبق B31.3

همان‌طور که در بالا توضیح داده شد در کدهای ۵۱۰ و ۵۷۰ درخصوص تست هیدرواستاتیک زمان خاصی را مشخص نکرده است و برای Holding Time نیز اشاره نکرده است.

استانداردهای ساخت نیز نظیر ASME B31.3 نیز زمان ده دقیقه را برای آن اشاره کرده که در بالا بند مربوطه به آن را مشاهده می‌نمائید.

کد API 570 به نوعی آب پاکی را روی دست ما می‌ریزد و بیان می‌کند اگرچه استانداردها، زمان خاصی را مشخص نکرده اما زمان Holding معمولاً به مدت سی دقیقه درنظر گرفته می‌شود.

نکته این‌جا است که مراحل تدریجی تست فشار به چه صورت باشد، گاهاً در صنعت بیان می‌کنند که به‌صورت پلکانی ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد این تست فشار را افزایش فشار داشته باشید تا به فشار تست برسید، اما برای تست هیدرواستاتیک دقت بفرمائید صرفاً برای تست هیدرواستاتیک، استانداردها مراحل را به‌صورت step ذکر نکردند فقط اشاره شده که به‌صورت تدریجی افزایش دهید تا به فشار تست برسید. حال که به فشار تست رسیدیم، زمان حداقل ده دقیقه یا همان سی دقیقه برای Holding درنظر می‌گیریم، این‌جا گیج را تست می‌کنیم (تمرکز روی گیج باشد) و علت این است که پیامد بالا است (پیامد ایمنی را درنظر می‌گیرد) و API 510 نیز در بند 5.8.4 نیز مشاهده کردیم که اشاره کرد که بازرسی چشمی دقیق نبایستی انجام شود تا مادامی که فشار را به کوچک‌تر یا مساوی MAWP بندازید یعنی فشار تست را تقسیم فاکتور ۱.۳ کنید و حال تقسیم بر Stress Ratio داشته باشیم. چرا؟

علتش این است که وقتی می‌خواهیم Close Visual Inspection بکنیم یعنی سرجوش‌ها را دست بکشیم و میان فلنج‌ها را کاغذ بکشیم تا ببینیم خیس می‌شود یا نمی‌شود، روی بدنه تجهیز دست بکشیم جاهایی که شک داریم خصوصاً تجهیزاتی مانند فلنج‌ها که از گسکت‌های موقت در تست استفاده می‌شود و احتمال ترکیدن و در رفتن گسکت وجود دارد، به همین

دلیل استاندارد بیان می‌کند که فشار را روی کوچک‌تر یا مساوی MAWP بندازید و این‌جا زمان را به‌صورت unlimited نگهداری کنید تا بتوانید همه‌ی اجزایی که مورد نظر برای تست فشار دارید را در نظر داشته باشید پس این قضیه را حتماً مدنظر داشته باشیم.

پس اگر برای ظروف تحت فشار است فشار را می‌اندازیم روی کوچک‌تر یا مساوی MAWP یعنی تقسیم ۱.۳ می‌کنید و اگر برای پایپینگ است بند 5.11 کد API 570 را گذاشتیم و فشار را روی فشار طراحی می‌اندازید و به‌صورت unlimited چک می‌کنید.

اما برای تست نیوماتیک داستان متفاوت خواهد بود که در ادامه مبحث به تست نیوماتیک می‌پردازیم که برای تست نیوماتیک از آن‌جایی که پیامد بالا است و حجم انرژی ذخیره شده بالا است بایستی Stability گازها را هم درنظر بگیریم، انجام فشار در ۹ مرحله و زمان‌های پلکانی به‌صورت مجموع ۵۳ دقیقه خواهد شد که در ادامه نمودار مرتبط به آن در جلسه بعدی به‌صورت کامل بحث و بررسی خواهد شد.

فشار تست نیوماتیک:

محاسبه فشار تست نیوماتیک برای ظروف تحت فشار و سیستم لوله کشی

دقت فرمایید که این فشار حداقل است و حداکثر نباید از فشاری که منجر به تنشی معادل 0.9 SYMS برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ و 1 SYMS برای فولادهای زنگ آستنیتی است تجاوز نماید.

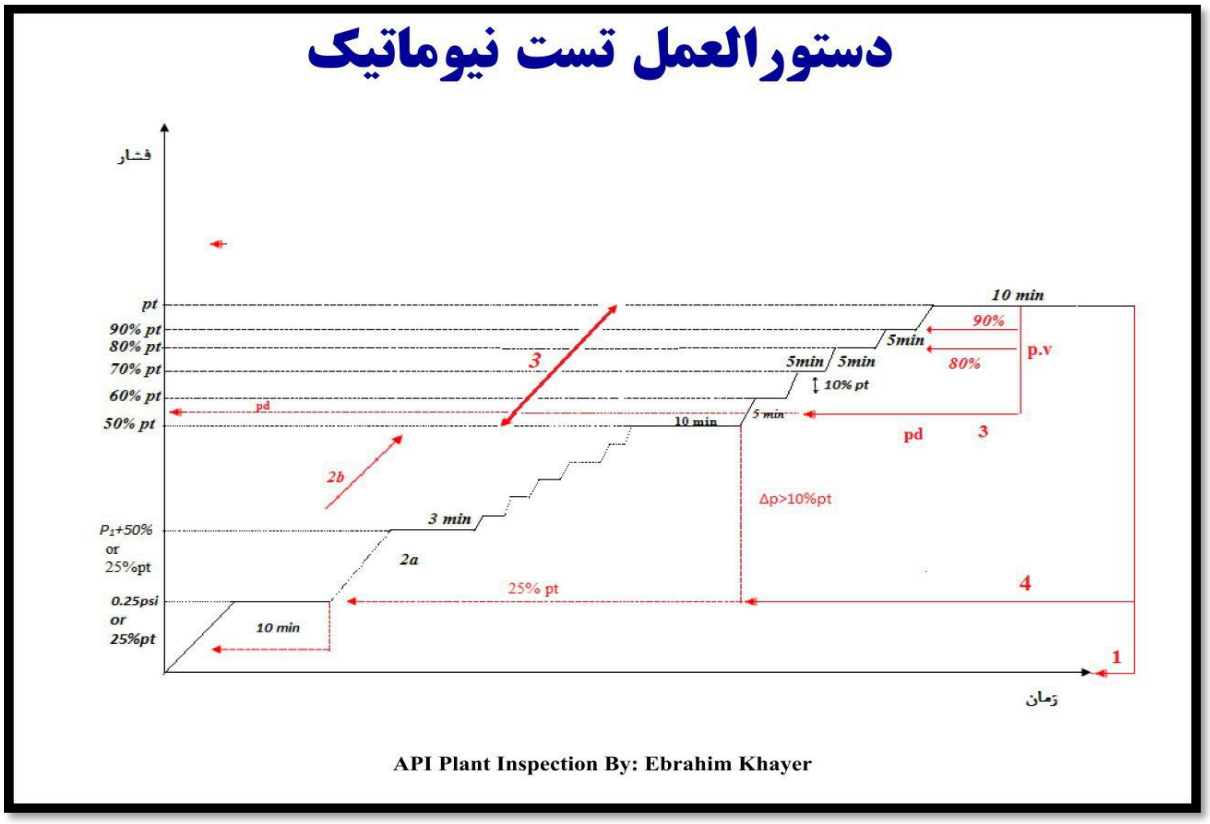
البته باید حجم انرژی ذخیره شده و TNT معادل نیز در نظر گرفته شود.

فشار تست نیوماتیک برای ظروف تحت فشار به صورت زیر خواهد بود:

$$Pt = 1.1\ MAWP \times (S_{\text{test temp}} / S_{\text{design temp}})$$

و برای پایپینگ:

$$Pt = 1.1\ Pd \times (S_{at} / S_{dt})$$



مراحل تدریجی افزایش فشار در تست نیوماتیک مطابق ارتیکل ۵۰۱ از استاندارد ASME PCC2

اما سوالی که این‌جا وجود دارد این است که مراحل تدریجی تست هیدرواستاتیک را استاندارد ذکر نکرده بود اما برای تست نیوماتیک با توجه به این‌که نیاز داریم تا به یک پایداری در سیستم برسیم و به‌صورت تدریجی فشار را افزایش دهیم، آرتیکل 501 استاندارد ASME PCC2 این را به صورت تشریحی متن آورده که به‌صورت نمودار توضیح داده می‌شود که تفسیر این نمودار به این صورت است که در مرحله‌ی اول فشار را افزایش می‌دهید تا برسید به حدود ۰.۲۵ فشار تست یا 0.25 psi هر

کدام بزرگ‌تر است و اسم آن را P1 می‌گذاریم و در این فشار حداقل ۱۰ دقیقه نگهداری می‌کنیم، مرحله دوم از این P1 فشار را تدریجی افزایش می‌دهیم تا برسیم به فشار P1 + 50 psi یا ۳۵ درصد فشار تست که در این مرحله حداقل ۳ دقیقه زمان را افزایش خواهیم داد که می‌شود P2، حال از P2 تدریجی فشار را افزایش می‌دهیم تا برسد به فشار ۵۰ درصد فشار تست، به ۵۰ درصد فشار تست که رسیدیم زمان را به مدت ۱۰ دقیقه نگه می‌داریم. حال از ۵۰ درصد تا رسیدن به ۱۰۰ درصد فشار تست، به‌صورت پلکانی، پلکان ده درصد و با توقف ۵ دقیقه آن را نگه می‌داریم یعنی شصت درصد ۵ دقیقه، هفتاد درصد ۵ دقیقه، هشتاد درصد ۵ دقیقه، نود درصد ۵ دقیقه و فقط در زمان تست فشار ده دقیقه نگه می‌داریم و در این مرحله هم منظور فشار نهایی است فقط صرفاً گیج را چک می‌کنیم و از آن به بعد هم بایستی فشار را بندازیم، تقسیم بر ۱.۱ کنیم و زمان بازرسی چشمی دقیق نیز زمانی است که در نمودار بالا نیز مشاهده می‌کنید بایستی فشار را بندازیم روی MAWP یا فشار طراحی و از آن‌جا شروع کنیم به Close Visual Inspection. پس مجموع زمان‌ها می‌شود ۵۳ دقیقه و در ۹ مرحله ۲۵ درصد، ۳۵ درصد، ۵۰ درصد، ۶۰ درصد، ۷۰ درصد، ۸۰ درصد، ۹۰ درصد، ۱۰۰ درصد و انداختن فشار روی MAWP برای تست نیوماتیک انجام می‌شود.