PRESSURE VESSEL

MANUAL

Training Course for

PVELITE Software (Based on ASME SEC.VIII, DIV.I)

By: M.ASGARZADEGAN

Rev.0: JUNE. 2009

به نام پروردگار

جزوه ای که هم اکنون در اختیار شما مهندسین عزیز می باشد، گزیده ای از مباحث اصلی کد ASME Sec.VIII, Div.I بهمراه آموزش نرم افزار PVElite می باشد.

ضمن تشکر از آقایان مهندس مهرداد طاهری پور و مهندس مرتضی شفیعی، مدیران محترم شرکت یورواسلات پارس که رهنمونها و تجارب ارزنده خود را در اختیار اینجانب قرار دادند و همچنین تمامی دوستانی که ما را در صحه گذاری این مطالب یاری نمودند، از شما خواننده گرامی درخواست می گردد که با پیشنهادات خود ما را در تکمیل آن یاری نمائید.

با آرزوی موفقیت روزافزون شما

محمد عسگرزادگان	m.asgarzadegan@gmail.com

فهرست

1- منابع

2- طراحی با کد **ASME SEC.VIII, DIV.I**

3- نرم افزار **PVElite**

4- جداول و نمودارها

5- واژه نامه

1. ASME Sec.VIII, Div.I, Ed.2007
2. ASME Sec.II
3. Pressure Vessel Design Manual
   By : R.Moss
4. Pressure Vessel Design Handbook
   By : H.Bednar
5. Pressure Vessel Design Concepts & Principles
   By : J.Spence
6. Pressure Vessel Handbook
   By : F.Megyesy
7. IPS
8. NIOEC
9. NPCS
10. ASTM
11. ARTICLES

2007 ASME
BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE

SECTIONS

I Rules for Construction of Power Boilers

II Materials
- Part A — Ferrous Material Specifications
- Part B — Nonferrous Material Specifications
- Part C — Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals
- Part D — Properties (Customary)
- Part D — Properties (Metric)

III Rules for Construction of Nuclear Facility Components
- Subsection NCA — General Requirements for Division 1 and Division 2
- Division 1
  - Subsection NB — Class 1 Components
  - Subsection NC — Class 2 Components
  - Subsection ND — Class 3 Components
  - Subsection NE — Class MC Components
  - Subsection NF — Supports
  - Subsection NG — Core Support Structures
  - Subsection NH — Class 1 Components in Elevated Temperature Service
  - Appendices
- Division 2 — Code for Concrete Containments
- Division 3 — Containments for Transportation and Storage of Spent Nuclear Fuel and High Level Radioactive Material and Waste

IV Rules for Construction of Heating Boilers

V Nondestructive Examination

VI Recommended Rules for the Care and Operation of Heating Boilers

VII Recommended Guidelines for the Care of Power Boilers

VIII Rules for Construction of Pressure Vessels
- Division 1
- Division 2 — Alternative Rules
- Division 3 — Alternative Rules for Construction of High Pressure Vessels

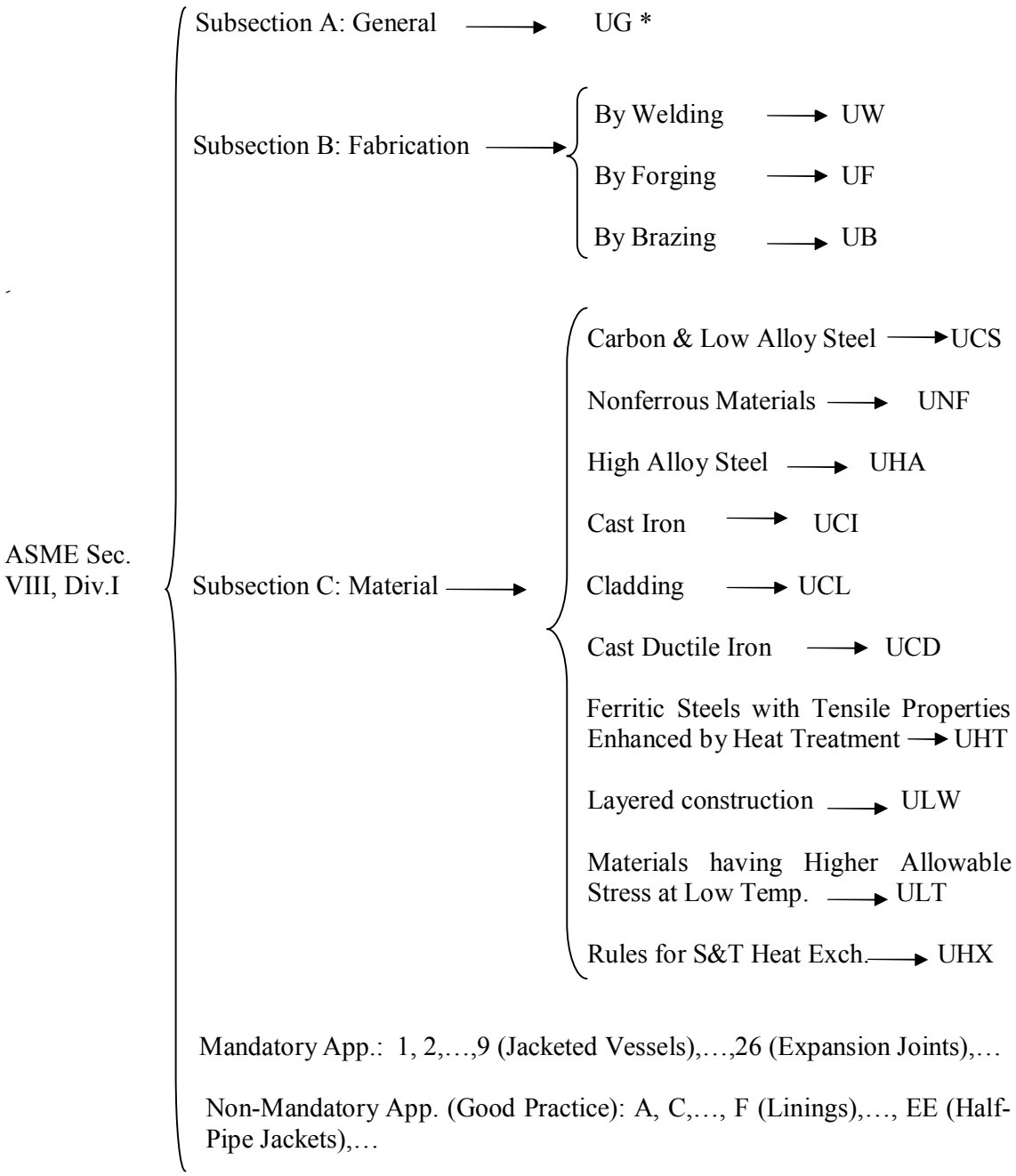
IX Welding and Brazing Qualifications

X Fiber-Reinforced Plastic Pressure Vessels

XI Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components

XII Rules for Construction and Continued Service of Transport Tanks

ساختار کد ASME Sec. VIII, Div.I به صورت زیر است:



* قوانینی که در UG ذکر شده ، برای تمام موارد صادق است و عمومی می باشند. در نتیجه برای هر نوع ماده اولیه یا روش ساخت صدق می کند.

* جهت طراحی قسمتهای تحت فشار (Pressure Parts) در مخازن تحت فشار معمولا" از کد ASME و در مورد قسمتهایی که تحت فشار نیستند (Non-Pressure Parts) ، از استانداردهای سازه ای مانند AISIو AISC و ..... استفاده می شود. قطعات داخلی (Internals) مانند سینی (Tray) در برجها (Towers) و Pass Partition در مبدلهای حرارتی (S&T Heat Exchangers) عموما" Non-Pressure Parts محسوب می شوند.

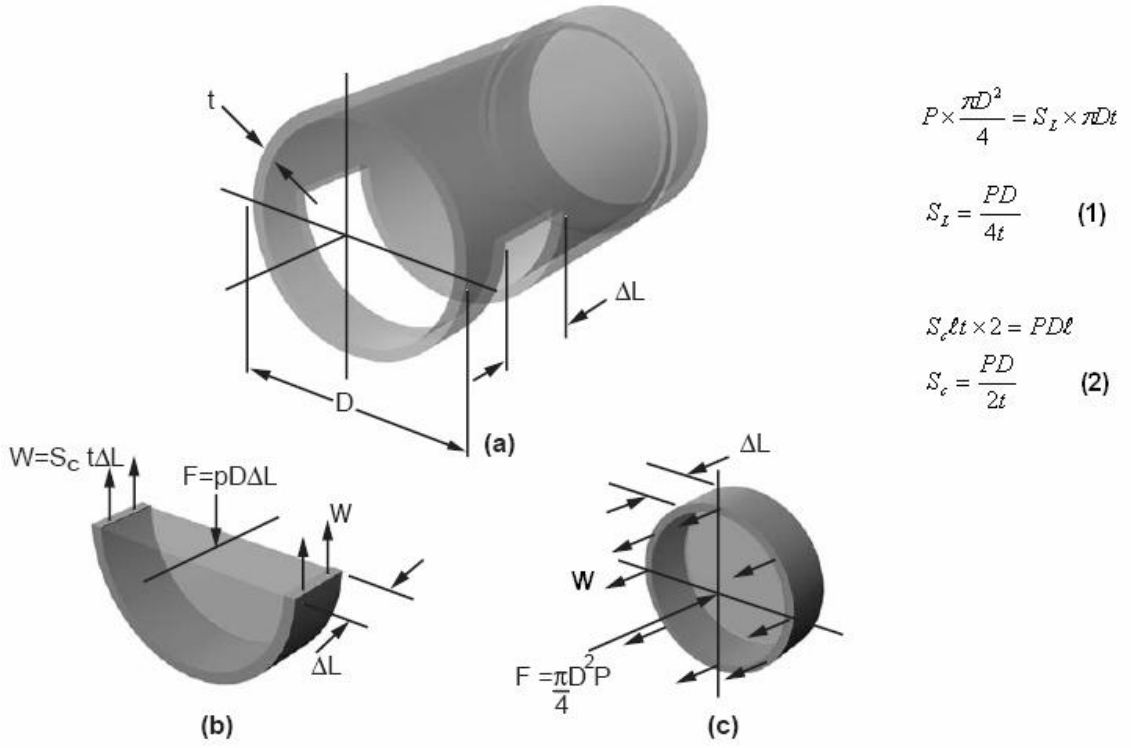
* قوانین کد ASME Sec.VIII Div.I جهت طراحی اجزای تحت فشار بر مبنای Max. Stress Theory می باشد. در این تئوری، شکست متریال فقط به اندازه عددی تنش عمودی وابسته است و تنش در سایر جهات در نظر گرفته نمی شود. این تئوری، ایجاد شکست در متریالهای Brittle را پیش بینی می کند اما برای متریالهای Ductile همیشه بدرستی عمل نمی کند.

روند طراحی یک مخزن تحت فشار عموما" به صورت زیر است :

1- Internal pressure (Select Thickness)
2- External Pressure (Check Thk.)
3- Hydrostatic (/ Pneumatic) Test Pressure (Check Thk.)
4- Wind & Seismic Conditions (Check Thk.)
5- Wind Deflection (Check Thk.)
6- Misc. Combined Loadings (Check Thk.)

ابتدا تحت فشار داخلی و با استفاده از فرمولها، ضخامتی تعیین می شود و سپس مراحل 2 تا 5 طبق فرمولها ، جداول و یا نمودارها بررسی می شوند که آیا ضخامت انتخاب شده برای شرایط بارگذاری دیگر نیز کفایت می کند یا باید ضخامت بیشتری انتخاب نمود.

در ادامه به بررسی اجمالی نحوه به دست آوردن فرمول تعیین ضخامت پوسته استوانه ای تحت فشار داخلی می پردازیم :



$$P \times \frac{\pi D^2}{4} = S_L \times \pi D t$$

$$S_L = \frac{PD}{4t} \qquad (1)$$

$$S_c \ell t \times 2 = PD\ell$$

$$S_c = \frac{PD}{2t} \qquad (2)$$

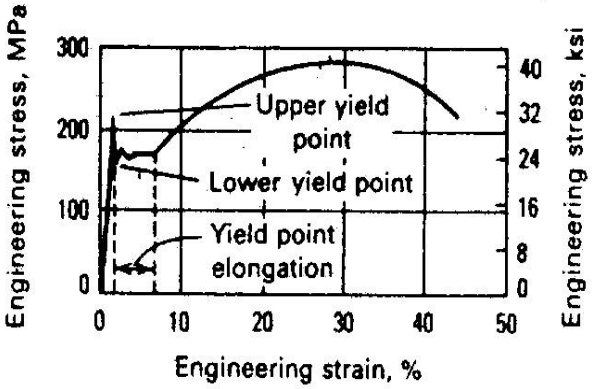
Forces and stresses in a pressurized cylinder

همانطورکه در فرمولهای (1) و (2) مشاهده می شود تنش محیطی دو برابر تنش طولی است ، بنابراین اگر شرایطی پیش بیاید که باعث انفجار یا پاره گی در مخزن شود، این اتفاق در جهت اتصالات طولی خواهد افتاد.

تنش مجاز عبارت است از :

$$\text{Allowable Stress} = \left(\frac{\text{Yield Stress / Tensile Stress}}{\text{Safety Factor}}\right)$$

برای مشخص شدن تنش مجاز باید .S.F مورد نظر کدی که طراحی براساس آن انجام می شود، مشخص شود.
به عنوان مثال :



ASME Sec.VIII Div.I:
$S_{all} = \text{Min}\ (2/3\ S_y, 2/7 S_T)$

API 650:
$S_{all} = \text{Min}\ (2/3\ S_y, 2/5 S_T)$

در مخازن ساخته شده به روش جوشکاری ، فرض براین است که فلز جوش از فلز پایه قویتر است اما چون فاکتورهایی وجود دارند که دراختیار طراح نیست، معیار و ضریبی برای کیفیت جوش با نام "Joint Efficiency" در نظر گرفته می شود.

$$t = \frac{PD}{2S} = \frac{PR_m}{S}$$

$$t = \frac{P(R_i + 0.5t)}{S} \longrightarrow t = \frac{PR_i}{SE - 0.6P} \Rightarrow t = f(P, R, S, E)$$

در فرمول فوق ، E مربوط به اتصال طولی (Longitudinal J.E.) است و ضریب 0.6 طبق روابط قاعدتا" باید 0.5 باشد که احتمالا" جهت بالا بردن ضریب اطمینان 0.6 در نظر گرفته شده است . ضمنا" دما نیز به طور غیرمستقیم از طریق S_{all} بر ضخامت اثر دارد.

خوردگی نیز عامل موثری در تعیین ضخامت اولیه مخزن و عمر آن محسوب می شود که وابسته به جنس مخزن، سرویس و .... می باشد و به صورت ترم .C.A در فرمول منظور می گردد:

$$t = \frac{PR_i}{SE - 0.6P} + C.A.$$

P, S (psi) , t, C.A., R_i (in.)

* اگر نیاز باشد که ضخامت مورد نیاز پس از گذشت چند سال از کار مخزن و خوردگی متعاقب آن محاسبه گردد، باید تاثیر مقدار خوردگی را در شعاع داخلی لحاظ نمود:

* اگر سایش (Erosion) نیز وجود داشته باشد، باید اثر آنرا روی .C.A اضافه نمود چون در ASME ترم جداگانه ای برای سایش در نظر گرفته نشده است.

CATEGORY : UW-3

واژه CATEGORY نشانگر محل یک اتصال در مخزن است و نه نوع آن اتصال.

Category A:
Longitudinal and spiral welded joints within the main shell, communicating chambers, Transitions in diameter, or nozzles; any welded joint within a sphere, within a formed or flat head, or within the side plates of a flat-sided vessel; circumferential welded joints connecting hemispherical heads to main shells, to transition in diameters, to nozzles, or communicating chambers.

Category B:
Circumferential welded joints within the main shell, communicating chambers, nozzles, or transitions in diameter including joints between the transition and a cylinder at either the large or small end; circumferential welded joints connecting formed heads other than hemispherical to main shells, to transitions in diameter, to nozzles, or to communicating chambers.

Category C:
Welded joints connecting flanges, van stone laps, tubesheets, or flat heads to main shell, to formed heads, to transitions in diameter, to nozzles, or to communicating chambers any welded joint connecting one side plate to another side plate of a flat-sided vessel.

Category D:
Welded joints connecting communicating chambers, or nozzles to main shells, to spheres, to transition in diameter, to heads, or to flat-sided vessels, and those joints connecting nozzles to communicating chambers (for nozzles at the small end of a transition in diameter see Category B).

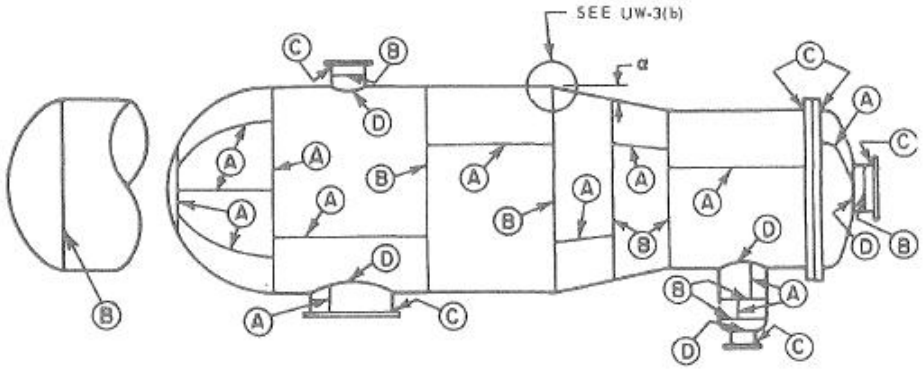


FIG. UW-9 BUTT WELDING OF PLATES OF UNEQUAL THICKNESS

RT & UT : UW-11

RADIOGRAPHIC EXAMINATION

Full radiography is mandatory of joints: (Code UW-11)

1. All butt welds in shells, heads, nozzles, communicating chambers of *unfired steam boilers* having design pressures exceeding 50 psi and vessels containing *lethal substances.*
2. All butt welds in vessels in which the least nominal thickness at the welded joint exceeds:
   1 1/4 in. of carbon steel and 1 1/2 in. of SA-240 stainless steel.
   Exemption: Categories B and C butt welds in nozzles and communicating chambers that neither exceed 10 in pipe size nor 1 1/8 in. wall thickness do not require radiographic examination in any of the above cases.
3. All category A and D butt welds in vessel sections and heads where the design of the joint or part is based on joint efficiency: 1.0, or 0.9. (see preceding pages: Design of Welding Joints).
4. All butt welds joined by electroslag welding and all electrogas welding with any single pass greater than 1 1/2 in.

Spot radiography, as a minimum, is mandatory of

1. Category B or C welds which intersect the Category A butt welds in vessel sections (including nozzles and communicating chambers above 10 in. pipe size and 1 in. wall thickness) or connect seamless vessel sections or heads when the design of Category A and D butt welds in vessel sections and heads based on a joint efficiency of 1.0 or 0.9.
2. Spot radiography is optional of butt welded joints (Type 1 or 2) which are not required to be fully radiographed. If spot radiography specified for the entire vessel, radiographic examination is not required of Category B and C butt welds in nozzles and communicating chambers.

No Radiography. No radiographic examination of welded joints is required when the vessel or vessel part is designed for external pressure only, or when the design of joints based on no radiographic examination.

ULTRASONIC EXAMINATION

1. In ferritic materials electroslag welds and electrogas welds with any single pass greater than 1 1/2 in. shall be ultrasonically examined throughout their entire length.
2. In addition to the requirements of radiographic examination, all welds made by the electron beam process or by the inertia and continuous drive friction welding process shall be ultrasonically examined for their entire length.
3. Ultrasonic examination may be substituted for radiography for the final closure seam if the construction of the vessel does not permit interpretable radiograph.

Joint Efficiency : UW-12

تنها عملیات تست غیرمخرب (NDT) که روی J.E. تاثیر دارد RT است. در جوش سر به سر (Butt weld) نوع 1 اگر RT به طور کامل انجام گیرد، تمام عیوب جوش مشخص می شود و می توان با فرض E=1 و مانند زمانی که مخزن Seamless باشد، محاسبات را انجام داد، اما زمانی که RT به صورت Spot انجام می گیرد (چک کردن تمام T-Joint ها به علاوه نمونه برداری از بقیه طول درز جوش ، بسته به نظر بازرس) برای در نظر گرفتن خطای جوشکاری E=0.85 در نظر گرفته می شود. اگر کلا" RT انجام نگیرد، E=0.7 فرض می شود.

گاهی کد تعیین می کند که در مخزنی با شرایطی خاص چه میزان RT انجام گیرد و در پاره ای موارد تعیین این امر بر عهده طراح است . به عنوان مثال در مورد مخازنی که فقط تحت فشار خارجی هستند، تحت شرایطی کد اجازه می دهد که به کلی RT انجام نگیرد و E=0.7 فرض می شود. در مورد مخازن با جنس فولاد ضد زنگ که کد میزان RT را مشخص نکرده، ممکن است طراح برای پائین آمدن ضخامت و ملاحظات اقتصادی تصمیم در جهت Full RT اتخاذ کند ولی در مورد مخزنی با شرایط مشابه و با جنس فولاد کربنی Spot RT را پیشنهاد کند.

Table UW-12

MAX. ALLOW. JOINT EFF.[1, 5] FOR ARC & GAS WELDED JOINTS

			Degree of Radiographic Examination			
Type No.	Joint Description	Limitations	Category	Full[2]	Spot[3]	None
(1)	Butt joints as attained by double welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside & outside weld surfaces to agree with the requirements of UW-35. Welds using metal backing strips which remain in place are excluded.	None	A, B, C, D	1.00	0.85	0.70
(2)	Single welded butt joint with backing strip other than those included under (1)	(a) None except in (b) below (b) Circumferential butt joints with one plate offset; see UW-13(b)(4) and Fig. UW-13.1, sketch (k)	A, B, C & D A, B, & C	0.90 0.90	0.80 0.80	0.65 0.65
(3)	Single welded butt joint without use of backing strip.	Circumferential butt joints only, not over 5/16" in. (16 mm) thick and not over 24 in. (610 mm) outside diameter	A, B, & C	NA	NA	0.60
(4)	Double full fillet lap joint	(a) Longitudinal joints not over 3/8 in. (10 mm) thick (b) Circumferential joints not over 5/8 in. (16 mm) thick	A B & C[6]	NA	NA	0.55
(5)	Single full fillet lap joints with plug welds conforming to UW-17	(a) Circumferential joints[4] for attachment of heads not over 24 in. (610 mm) outside diameter to shells not over 1.2 in. (13 mm) thick (b) Circumferential joints for the attachment to shells of jackets not over 5/8 in. (16 mm) in nominal thickness where the distance from the center of the plug weld to the edge of the plate is not less than 1 1/2 times the diameter of the hole for the plug	B	NA	NA	0.50
(6)	Single full fillet lap joints without plug welds	(a) For the attachment of heads convex to pressure to shells not over 5/8 in. (16mm) required thickness, only with use of fillet weld in	A & B	NA	NA	0.45

		inside of the shell; or (b) for attachment of heads having pressure on either side, to shells not over 24 in. (610 mm) inside diameter and not over 1/4 in. (6 mm) required thickness with fillet weld on outside of head flange only	A & B			
(7)	Corner joints, full penetration, partial penetration, and/of fillet welded	As limited by Fig. UW-13.2 and Fig UW-16.1	C & D[7]	NA	NA	NA
(8)	Angle joints	Design per U-2(g) for Category B and C joints	B, C, & D	NA	NA	NA

Notes:

(1) The single factor shown for each combination of joint category and degree of radiographic examination replaces both the stress reduction factor and the J.E. factor considerations previously used in this Division.

(2) See UW-12(a) and UW-51

(3) See UW-12(b) and UW-52

(4) Joints attaching hemispherical heads to shells are excluded

(5) E = 1.0 for butt joints in compression

(6) For Type No. 4 Category C joint, limitations not applicable for bolted flange connections.

(7) There is no joint efficiency E in the design formulas of this Division for Category C and D joints. When needed, a value of E not greater than 1.00 may be used.

Impact Test (UG-84)

Toughness ، خاصیتی از متریال است که توانایی آن در مقابل ایجاد و اشاعه ترک (Crack) نشان می دهد که از تست ضربه جهت تعیین حداقل چقرمگی استفاده می شود. آماده سازی نمومه (3 قطعه به ابعاد استاندارد 10mm x 10mm و طول 50mm) و انجام تست بر اساس SA-370 و یا ISO 148 و UG-84 صورت می گیرد.

بر روی نمونه های تست یک شکاف V شکل ایجاد کرده و به دمای MDMT می رسانند. انرژی جذب شده در نمونه ها بر اثر ضربه چکش، با مقادیر شکل UG-84.1 می بایست مقایسه گردد.

* برخی از مواردی که موجب معافیت از Impact Test می شوند عبارتند از:

1) استفاده از مواد اولیه ای که در فرآیند ساخت خود در کارخانه Impact Test می شوند:

TABLE UG-84.3
SPECIFICATIONS FOR IMPACT TESTED MATERIALS IN VARIOUS PRODUCT FORMS

Product Form	Spec. No.
Plates	
Parts UCS and UHT	SA-20, S5
Part UHA	SA-480
Pipe	SA-333
Tubes	SA-334
Forgings	SA-350
Castings	SA-352
Bolting materials (and bars)	SA-320
Piping fittings	SA-420

2) چنانچه مخزنی تمام شرایط زیر را احراز کند، تست ضربه نیاز نیست: UG-20(f)

- the material is P–No. 1 Group 1 or Group 2;
- the nominal thickness is equal to or less than ½ inch (13 mm) for materials listed in Curve A of Fig. UCS–66;
- the nominal thickness is equal to or less than 1 inch (25 mm) for materials listed in Curve B, C, or D of Fig. UCS–66;
- the complete vessel is hydrostatically tested per UG–99(b);
- the design metal temperature is -20°F (-29°C) minimum and 650°F (343°C) maximum, occasional operating temperatures colder than -20°F (-29°C) are acceptable if due to lower seasonal atmospheric temperature;
- thermal or mechanical shock loads are not a controlling design condition (UG–22(g) and (h)); and
- cyclical loading is not a controlling design condition (UG–22(e)).

3) بر اساس UCS-66(b)(3) ، اگر شرایط ذیل همزمان برقرار باشد، تست ضربه نیاز نیست:(نمودار UCS-66.1)

1. $-48^{\circ}C < MDMT \leq -105^{\circ}C$

2. $$\frac{t_r \times E^*}{t_n - C.A.} = \frac{Actual.Stress \times E^*}{Allowable.Stress \times E} \longrightarrow \frac{Actual.Stress}{Allowabl.Stress} \leq 0.35$$

4) بر اساس UCS-68(c) برای متریالهای P.No.1 ، اگر بر اساس کد نیازی به PWHT نباشد و این عملیات انجام گیرد، کاهشی باندازه $17^{\circ}C$ در MDMT قابل اجراست.

5) بر اساس نمودار UCS-66 اگر نقطه تقاطع دو خط بالا و یا روی نمودار قرار بگیرد، تست ضربه نیاز نیست.

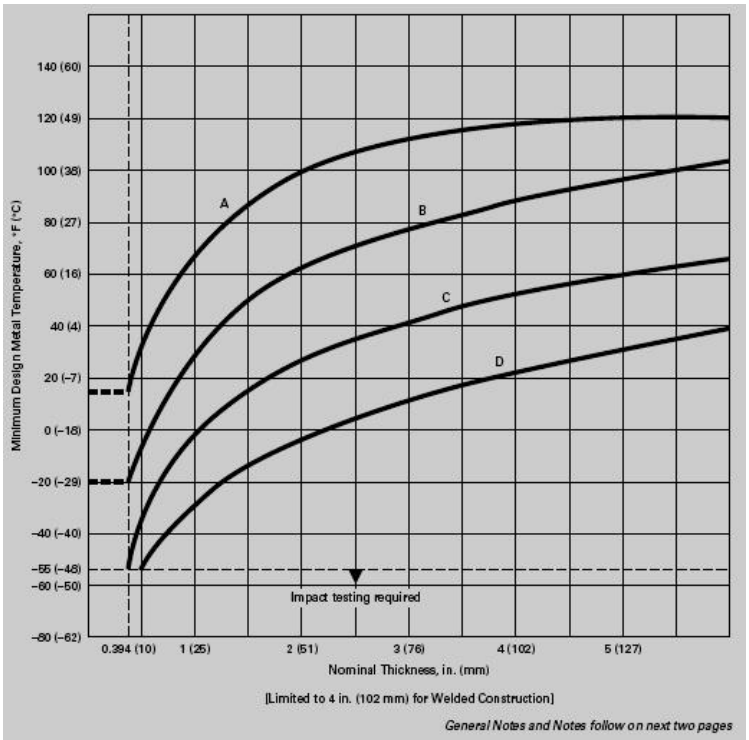
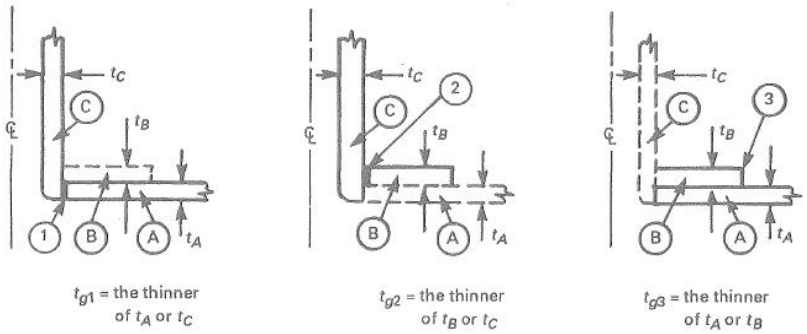


FIG. UCS-66 IMPACT TEST EXEMPTION CURVES [SEE NOTES (1) AND (2)] [SEE UCS-66(a)]

* جهت استفاده از جدول مقادیر بجای نمودار فوق، به Table UCS-66 رجوع شود.
* جهت تعیین محور افقی نمودار (Governing Thk.) می بایست به UCS-66(a) رجوع شود که نمونه ای از آن در شکل زیر آمده است.



(b) Welded Connection with Reinforcement Plate Added

6) راه دیگر Normalize کردن ماده اولیه است. این عملیات حرارتی دمای MDMT را پائین می آورد چون به طور کلی Curve مربوط به نیازمندی Impact Test جنس مورد نظر را تغییر می دهد.

7) بر اساس پاراگراف UCS-66(c) برای فلنج و جدول UCS-66 برای پیچ و مهره

Product Form	Exemption Description
Steel flanges	ANSI B16.5 and B16.47 are exempt at temperatures no colder than -20°F.
Nuts	UCS nut materials are exempt at temperatures no colder than -55°F.
UCS materials UCS-66(d)	Materials less than 0.10 inch thick are exempt at temperatures no colder than -55°F. Materials impact tested as per the material specification are exempt at temperatures no colder than the specification temperature.

نکات:

* تست ضربه بر موارد زیر تاثیر می گذارد:

1- Base Plate
2- HAZ (Heat Affected Zone)
3- Weld Metal
4- WPS, PQR

* برای تعیین اینکه Impact Test لازم است یا نه، ابتدا باید MDMT تمامی قسمتهای مخزن اعم از عدسی، پوسته، لوله، فلنج و..... تعیین شود و سپس با معیارهای مربوطه مقایسه شود.

* از دمای کمتر از حدود 46- ºC معمولا" دیگر از C.S. استفاده نمی شود و S.S. جایگزین خواهد شد. قابل توجه است دمایی که در آن Impact Test برای S.S. ضروری می شود بسیار پایین است.

* با توجه به اینکه $t_{Selected}$ غالبا" بیشتر از $t_{req.}$ است بنابراین $S_{actual} < S_{all}$.
با افزایش ضخامت، حداقل دمای قابل تحمل طبق نمودار UCS-66 بالا می رود اما طبق نمودار UCS-66.1 پائین می آید. بنابراین در شرایطی که MDMT مخزن و قطعه نزدیک به هم هستند، بهتر است ضخامت را افزایش دهیم تا طبق نمودار UCS-66.1 از این تست معاف شویم.

* اگر نیاز به Impact Test باشد متغیرهای Supplementary Essential ضروری می شوند. به عبارت دیگر Gr. No. پارامتری ضروری می شود و PQR موادی با P. No. یکسان و Gr. No. متفاوت را نمی توان در مورد یکدیگر استفاده کرد.

حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP):

از آنجا که ضخامتهای استانداردی از ورقها در بازار موجود است ، عموما" طراح مجبور به استفاده از ورقهایی با ضخامت بالاتر نسبت به ضخامت مورد نیاز است . به عنوان مثال اگر طبق محاسبات مورد نیاز 13.4 mm باشد، احتمالا" از ورق با ضخامت 14 mm استفاده خواهد شد. بنابراین :

$$t_{selected} > t_{req.} \longrightarrow \begin{cases} P_{\text{قابل تحمل}} > P_{Design} \\ S < S_{all} \end{cases}$$

تعریف حداکثر فشار کاری مجاز از این مفهوم نتیجه شده است . یعنی تحت شرایطی خاصی ، به علت استفاده از ضخامتی بیشتر از آنچه مورد نیاز بوده ، مخزن توانائی تحمل فشاری بیش از فشار طراحی را دارد. برای محاسبه MAWP کافی است که در رابطه فوق به جای t_{req} مقدار $t_{selected}$ جایگزین شود و فشار به عنوان پارامتر مجهول محاسبه شود.

شرایط محاسبه MAWP:

(a) in corroded condition
(b) under the effect of a designated temperature
(c) in normal operating position at the top
(d) under the effect of other loadings (wind load, external pressure, hydrostatic pressure, etc.) which are additive to the internal pressure.

مفهومی که از کنار تعریف فوق بدست می آید و بیشتر در محاسبات هیدروتست کاربرد دارد، MAP New & Cold است. برای بدست آوردن این پارامتر شرایط ذیل را در نظر می گیرند:

$$\begin{cases} t_{sel.} = \dfrac{P(R_i + C.A.)}{SE - 0.6P} + C.A. \\ S = S_{all} \Big| \text{Amb. Temp.} \quad \& \quad C.A = 0 \end{cases}$$

*تغییر دمای طراحی و افزودن "Operating Liquid" در MAWP موثر ولی در MAPnc بی تاثیر است.

*MAWP برای تک تک قطعات و متعلقات اجزای تحت فشار محاسبه می شود، سپس حداقل مقادیر محاسبه شده به عنوان MAWP کل مخزن بر روی پلاک ثبت می شود.

تاکنون ضخامت مورد نیاز مخزن تحت فشار داخلی مشخص و ضخامتی برای آن انتخاب شد. حال باید کنترل شود که آیا این ضخامت تحت آزمایش هیدرواستاتیک نیز کافی است. با استفاده از همان فرمول فشار داخلی، و با جایگزینی فشار هیدرواستاتیک بجای پارامتر P و نیز انتخاب S_{all} از جداول مربوطه برای دمای تست، ضخامتی محاسبه و با ضخامت مخزن مقایسه می گردد. در ضمن اگر نیاز باشد پس از مدتی از کار مخزن تست هیدرواستاتیک انجام گیرد، باید مقدار و تاثیرات خوردگی در فرمول لحاظ شود:

$$t_{req} = \frac{P(R_i + C.A.)}{SE. - 0.6P} + C.A.$$

UG-16(b) : حداقل ضخامت شل و هد پس از فرمدهی (بجز استثنائات مذکور در این بخش) برابر 1.5 mm + C.A. است. نمونه ای از این استثنائات عبارتند از:

1. For Shell & Heads of Unfired Steam Boilers: Min. 1/4 in. (6 mm) + C.A.
2. For Shell & Heads used in Compressed air/Steam/Water Services made from materials listed in UCS-23: Min. 3/32in. (2.5mm) + C.A.

UG-16(c) : حداکثر تلرانس ضخامت ورق برابر است با:

Min. { 0.25 mm
6% of the ordered thk.

UG-16(d) : اگر Pipe و یا Tube با ضخامت نامی سفارش داده می شود، تلرانس ساخت نیز می بایست در محاسبه ضخامت دیواره منظور شود..

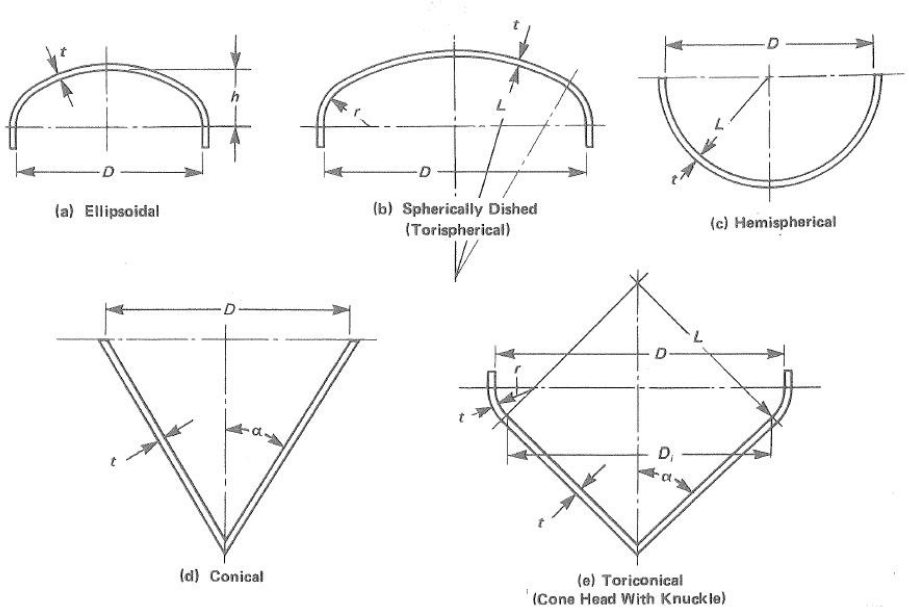
$$t_{nominal} \times 0.875 = t_{minimum}$$

UG-16(e) : کلیه فرمولهای طراحی در سراسر کد، ابعاد را در شرایط خورده شده نشان می دهند.

انواع عدسی هایی که در مخازن تحت فشار کاربرد دارند عبارتند از :

1) Hemispherical
2) Ellipsoidal
3) Torispherical (Dished & Flanged)
4) Conical
5) Toriconical
6) Flat
7) Body Flange

FIG. 1-4 PRINCIPAL DIMENSIONS OF TYPICAL HEADS



عوامل ایجاد کننده Discontinuity Stress

1- Different Shape (Diameter)
2- Different Material
3- Different Thickness
4- Different Temp.
5- Change in Direction

در نقطه اتصال عدسی به پوسته، Discontinuity Stress بوجود می آید. بهترین حالت زمانی است که انحناء عدسی با شعاع r (شعاع داخلی پوسته) باشد که در این صورت عدسی از نوع Hemispherical خواهد بود. بدترین حالت نیز زمانی اتفاق می افتد که عدسی از نوع Blind باشد.

به علت کم بودن این تنش در هد کروی، این عدسی تنها عدسی است که در آن خط جوش پوسته به عدسی مانند خطوط جوش طولی در عدسی یا پوسته و از Category A در نظر گرفته می شود.

.

UG-27 : عدسی Hemispherical

به دلیل داشتن کمترین ضخامت و کمترین تنش Discontinuity بهترین عدسی محسوب می شود، اما مشکلات ساخت آن زیاد است.

$$\left.\begin{aligned} t_{req.Hemispherical} &= \frac{PR}{2SE-0.2P} \\ t_{req.shell} &= \frac{PR}{SE-0.6P} \end{aligned}\right\} \longrightarrow \underset{\text{Hemis.}}{t_r} \approx \tfrac{1}{2}\ \underset{\text{Cylinder}}{t_r}$$

UG-32 : عدسی Ellipsoidal

Div.I, Appendix 1 $\longrightarrow$ $t = \dfrac{PDK}{2SE-0.2P}$

$$k = f\left(\frac{D}{2h}\right) \rightarrow k = 1/6\left(2+\left(\frac{D}{2h}\right)^2\right)$$

$$Ellip.2:1 \Rightarrow \frac{D}{2h} = 2 \rightarrow t = \frac{PD}{2SE-0.2P}$$

$$\longrightarrow \begin{cases} t_r \underset{\text{Ell.}}{\ } \approx t_r \underset{\text{Cyl.}}{\ } \\ t_r \underset{\text{Ell.}}{\ } \approx 2t_r \underset{\text{Hem.}}{\ } \end{cases}$$

TABLE 1-4.1
VALUES OF FACTOR *K*
(Use Nearest Value of *D*/2*h*; Interpolation Unnecessary)

D/2*h*	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
K	1.83	1.73	1.64	1.55	1.46	1.37	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00
D/2*h*	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	...
K	0.93	0.87	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50	...

$AREA = 1.09(D+2t)^2$ (S.F. area is not included)

UG-32 : عدسی Torispherical

این عدسی از برخورد دو منحنی با شعاع متفاوت ایجاد می شود:

$$Div.1,\ Appendix(1-4) \Rightarrow t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$$

$$M = f\left(\frac{L}{r}\right) \longrightarrow M = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}}\right)$$

$L = r = R \longrightarrow M = 1 \longrightarrow$ Hemis. Head

متداولترین نسبت در عدسی های .Toris :

$$\begin{cases} L = \text{O.D. of Shell} \\ r = 0.06 \text{ O.D. of Shell} \end{cases} \longrightarrow M = 1.77 \longrightarrow t = \frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$$

TABLE 1-4.2
VALUES OF FACTOR *M*
(Use Nearest Value of *L/r*; Interpolation Unnecessary)

L/r	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22
L/r	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
M	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50
L/r	9.5	10.00	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	$16\frac{2}{3}$[1]
M	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77

NOTE:
(1) Maximum ratio allowed by UG-32(j) when *L* equals the outside diameter of the skirt of the head.

محدوده مجاز نسبتها برای عدسیهای .Ellip و .Toris به شرح زیر است:

Div.1 Appendix 1
- Ellip. Head 3:1 ⟶ 1:1
- Toris. Head
  - L/r 1 ⟶ 16 2/3
  - M 1 ⟶ 1.77

$AREA = 0.918(D + 2t)^2$ (S.F. area is not included)

برخی از انواع عدسی های .Toris عبارتند از:

- *Klopper Head*
  L = O.D. of Shell
  r = 0.1 O.D. of Shell
- *Korbbogen Head*
  L = 0.8 O.D. of Shell
  r = 0.154 O.D. of Shell

به طور تجربی می توان گفت: $t_r\big|_{Tori.} \geq t_r\big|_{Cyl.}$

برای کلیه عدسی های .Toris و عدسی های .Ellip که در آنها $K > 1$، به شرط آنکه حداقل مقاومت کششی متریال مورد استفاده 70 ksi باشد:

$$S_{all} = \text{Min.} \begin{cases} \text{Min. } (2/7\ S_{ut}\ ,\ 2/3\ S_y) \\ 20\ \text{ksi} \end{cases}$$

Straight Flange:

چنانچه شروط زیر برقرار باشند، برای عدسی باید قسمتی بنام .S.F بر اساس UW-13.1 در نظر گرفته شود:

$$\text{UG-32}(\ell) \begin{cases} 1\text{- } t_h > t_s \\ 2\text{- Butt Weld} \quad \text{اتصال از نوع} \\ 3\text{- Internal Pressure} \\ 4\text{- Tapered Transition} \quad \text{وجود} \end{cases}$$

چنانچه نیاز به استفاده از .S.F (یا به عبارتی دیگر Skirt) در عدسی باشد، شرایط زیر را باید برآن اعمال کرد:

$$\text{S.F. (Skirt)} \begin{cases} \ell \geq 3t_{head}\ \text{, but need not exceed 1 ½" (38mm)} \\ \text{Thickness}_{\text{S.F.}} \geq t_{r\ shell} \Big|_{\text{E=1 (Seamless)}} \end{cases}$$

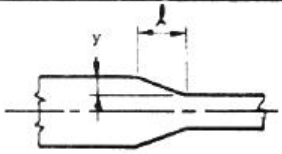
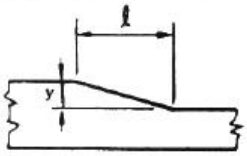
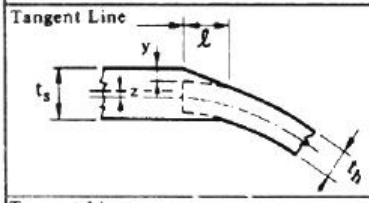
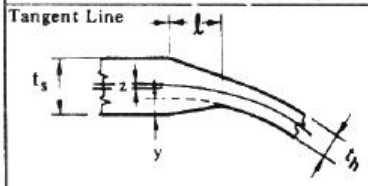
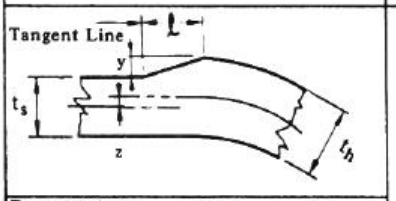
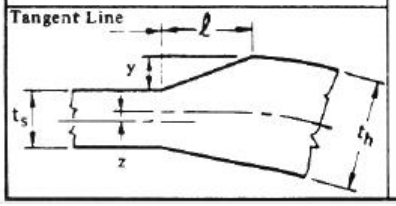
* اگر شرط زیر برقرار باشد در اتصال بین دو قسمت با ضخامتهای نامساوی باید برای بخش ضخیمتر از Tapered Transition استفاده شود:

$$t_1 - t_2 > \text{Min. } (\underline{\text{thickness of thinner part}}\ ,\ 1/8"\ (3.2\text{mm}))$$
$$4$$

$\longrightarrow$ Tapered Transition is required

زمانی که نیاز به ایجاد Tapered Transition است، یکی از راهها این است که ماده ضخیمتر را در محل اتصال پخ زنیم. در این حالت طبق قوانین کد نباید ضخامت بعد از پخ خوردن در هیچ نقطه ای کمتر از ضخامت مورد نیاز برای شل با فرض E=1 شود. در غیر این صورت مجاز به پخ زدن نیستیم. راه دیگر استفاده از اضافه کردن ضخامت وایجاد .Tapered Trans به کمک جوشکاری است (طبق UW-42). استفاده از این روش نیز مسائلی نظیر بالا رفتن قیمت، مشکلات ناشی از جوشکاری و مشکلات ماشین کاری و پرداخت نهایی سطح جوش را بهمراه دارد.

اما بر اساس پاراگراف UW-13 ، قسمت ضخیمتر تا بعد از خط مماس (.T.L) گسترش می یابد و پخ با نسبت 1:3 در قسمت بعد از خط مماس ایجاد می شود. (به شکل ذیل رجوع شود)

	$\ell \geq 3y$
	$\ell \geq 3y$ Taper either inside or outside of vessel
	HEADS TO SHELLS ATTACHMENT $\ell \geq 3y \quad Z \geq 1/2(t_s - t_h)$ The shell plate centerline may be on either side of the head plate centerline.
	
	HEADS TO SHELLS ATTACHMENT $\ell \geq 3y \quad Z \geq 1/2(t_h - t_s)$ When t_h exceeds t_s, the minimum length of straight flange is $3t_h$, but need not exceed 1-1/2 in. except when necessary to provide required length of taper. When t_h is equal to or less than $1.25t_s$, the length of straight flange shall be sufficient for any required taper. The shell plate centerline may be on either side of the head plate centerline.
	

UG-32 : عدسی Conical

یکی از مهمترین پارامترهای طراحی در این عدسی زاویه نصف راس مخروط است.

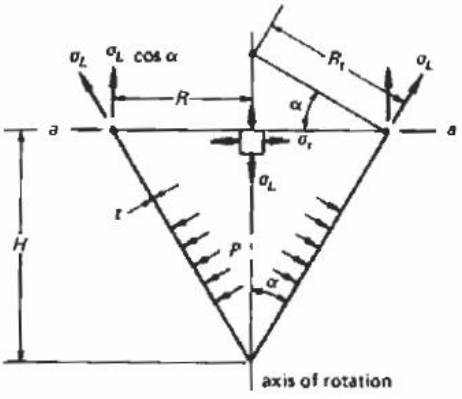
UG-32: $\alpha \leq 30^o$

معادله کلی :

$$\frac{\sigma_l}{R_l} + \frac{\sigma_c}{R_c} = \frac{P}{t}$$

در مخروط :

$$R_l = \infty, R_c = \frac{R}{Cos.\alpha}$$



α = half apex angle
$R_t = R/\cos\alpha$, tangential radius of curvature
$R_L = \infty$, longitudinal radius of curvature

مقایسه با فرمول پوسته

$$\longrightarrow \quad \sigma_c = \frac{PR}{tCos \propto} \longrightarrow \quad \sigma_{c_{shell}} = \frac{PR}{t}$$

با برقراری شرایط تعادل در جهت عمودی:

$$2\pi R \sigma_l t Cos \propto = \pi R^2 p$$

مقایسه با فرمول پوسته

$$\sigma_l = \frac{PR}{2tCos \propto} \longrightarrow \quad \sigma_{l_{shell}} = \frac{PR}{2t}$$

با جایگزینی حاصل ضرب .S.E به جای δ و نیز R_i+t به جای R در روابط بالا:

$$t_{Cone} = \frac{PR}{Cos \propto (S.E - 0.6p)} \quad , \quad t_{shell} = \frac{PR}{S.E - 0.6P}$$

* اگر $\alpha > 30^o$ ، می بایست به Appendix 1.5(g) رجوع کرد و از محاسبات تحلیلی Timoshenko استفاده نمود.

حساسترین قسمت در یک مقطع مخروطی لبه های آن است. در این قسمت مولفه σ_L Sinα تمایل داردلبه های ورق را تغییر شکل دهد وبه طرف داخل یا بیرون خم کند. چنانچه ضخامت مخروط که تحت شرایط فشار داخلی تعیین شده برای این تنش کافی نباشد، باید ممان اینرسی سطح مقطع را بالا برد. برای اینکار یا باید ضخامت مقطع مخروطی را بالا برد یا از رینگ تقویتی استفاده نمود. مرکز رینگ تقویتی می بایست در محدوده $0.25\sqrt{R_s t_s}$ از لبه مخروط قرار گیرد. در این رابطه، R_s و t_s به ترتیب نشان دهنده شعاع و ضخامت پوسته (at large end) هستند.

نکته قابل توجه اینکه اگر برای رینگ تقویتی از جنسی ضعیفتر از جنس مخزن استفاده شود، باید $A_{req.}$ تقویتی در نسبت تنش مجاز مخزن به تنش مجاز رینگ ضرب شود.

حداقل شعاع Knuckle برای مقطع Toriconical طبق UG-32(h) عبارتست از :

$r_1, r_2 \geq$ Max. (0.06 x Dia. of Head Skirt , 3 x Knuckle Thk.)

محاسبه ضخامت ناحیه .S.F در مقاطع Toriconical مانند عدسی Torispherical است:

$$L_i = \frac{D_i}{2Cos \propto}$$

$$M = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}}\right) \longrightarrow \quad t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$$

شروط زیر باید در مورد .S.F برقرار باشند :

$$\begin{cases} t_{S.F.} \geq t_{Shell}\Big|_{E=1} \\ S.F. \geq 3t_{Cone} \end{cases}$$

UG-34 : عدسی های تخت (Welded Flat Heads)

در مواردی که محدودیت فضا داریم و نمی توان برای مخزن عدسی منحنی در نظر گرفت ، به ناچار از Flat Head استفاده می شود که ضخامت بالایی دارند. انواع اتصال این نوع عدسی به پوسته را می توان در UG-34 مشاهده نمود.

ضخامت عدسی تخت دایروی:

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{SE}}$$

ضخامت عدسی تخت غیردایروی:

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{SE}} \qquad Z = 3.4 - 2.4\frac{d}{D};\leq 2.5$$

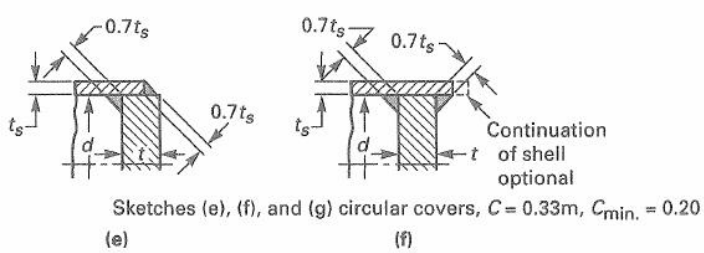
D = long span of noncircular heads or covers measured perpendicular to short span
d = diameter, or short span, measured as indicated in Fig. UG-34
E = joint efficiency, from Table UW-12, of any Category A weld as defined in UW-3(a)(1)

C ضریبی است که تابع نحوه اتصال Head به Shell و ابعاد Shell است. مقادیر این ضریب نیز برای طرق مختلف اتصال ارائه شده اند. معمولا" از جزئیات Sketch e & f در اتصال استفاده می شود:

$$m=t_r/t_s$$

t_r = required thickness of seamless shell, for pressure
t_s = nominal thickness of shell

Sketches (e), (f), and (g). $C = 0.33m$ but not less than 0.20 for circular plates, welded to the inside of a vessel, and otherwise meeting the requirements for the respective types of welded vessels. If a value of m less than 1 is used in calculating t, the shell thickness t_s shall be maintained along a distance inwardly from the inside face of the head equal to at least $2\sqrt{dt_s}$. The throat thickness of the fillet welds in sketches (e) and (f) shall be at least $0.7t_s$. The size of the weld t_w in sketch (g) shall be not less than 2 times the required thickness of a seamless shell nor less than 1.25 times the nominal shell thickness but need not be greater than the head thickness; the weld shall be deposited in a welding groove with the root of the weld at the inner face of the head as shown in the sketch.



Sketches (e), (f), and (g) circular covers, $C = 0.33m$, $C_{min.} = 0.20$

(e) (f)

رفتار این عدسی در مقابل فشار داخلی و خارجی یکسان است و تمایل به قرشدن دارد. بنابراین معیار به این صورت انتخاب می شود که Deflection نباید از نصف ضخامت هد بیشتر باشد.

$$Deflection < \frac{t_h}{2}$$

Extreme Fiber Elongation:

یکی از پارامترهایی که باید در ساخت مخازن مدنظر باشد ، E.F.E است. طبق UCS-79(d) چنانچه اجزای تشکیل دهنده شل و عدسی به روش Cold Forming ساخته شوند و .E.F.E > 5%، باید مخزن پس از فرم دهی عملیات حرارتی (UCS-56: Requirements for PWHT) شود.

* برای متریال های P.No.1, G.No.1 & 2 ، در صورتیکه هیچیک از شرایط ذیل موجود نباشد حذف عملیات حرارتی تا E.F.E. = 40% مورد قبول است:

1- Plate thick. > 16mm
2- Reduction from the As-Rolled Thickness >10%
3- Impact test required
4- Lethal service
5- $120ºC < T_{Forming} < 480ºC$

فرمولهای محاسبه .E.F.E به شرح زیر است:

$$e\big|_{Shell}\ \% = (50t/R_f)(1-R_f/R_o)$$

$$e\big|_{Head}\ \% = (75t/R_f)(1-R_f/R_o)$$

R_f = Final C.L. Radius

R_o = Original C.L. Radius

t = Plate Thickness

دراثر فرم دهی در قطعات تنش ایجاد می شود و کریستالهای فولادی آرایش اولیه خود را از دست می دهند. در واقع هرچه شعاع مخزن کاهش و ضخامت دیواره آن افزایش یابد، .E.F.E افزایش می یابد.
به عنوان مثال چنانچه در نظر باشد عدسی با مشخصات مقابل ساخته شود برای رسیدن به شعاع انحناء 150 mm در منطقه Knuckle حتما" از E.F.E. = 5% تجاوز خواهیم کرد. پس باید در چند مرحله این انحناء را ایجاد نمائیم ودر بین مراحل عملیات حرارتی صورت پذیرد. ($R_o = \infty$)

1- $5 = 75\times(32/R_f)(1-R_f/R_o)$
   $\longrightarrow R_f = 480mm$ مرحله اول فرم دهی + مرحله اول H.T.
2- $5= 75\times(32/R_f)(1-R_f/480)$
   $\longrightarrow R_f = 240mm$ مرحله دوم فرم دهی + مرحله دوم H.T.
3- $5= 75\times(32/R_f)(1-R_f/240)$
   $\longrightarrow R_f = 160mm$ مرحله سوم فرم دهی + مرحله سوم H.T.

UG-28 & UG-33 : بررسی مخزن تحت فشار خارجی

فشار خارجی تحت عوامل مختلفی روی می دهد که از آن جمله می توان به اثرات تقطیر گاز یا بخار در داخل مخزن و یا نقص در کار Venting بهنگام تخلیه سیال از مخزن اشاره کرد. حتی ممکن است در برخی پروژه ها، تمامی مخازن (صرفنظر از سرویس آن مخزن) تحت فشار خارجی کمی طراحی گردند تا پیشاپیش شرایط تقطیر بخار بهنگام شستشوی مخازن دیده شود. حداکثر فشار خارجی که براثر ایجاد خلاء مطلق در درون مخزن ، روی مخزن تک جداره وارد می شود barg 1- است. اما در مخازن دارای Jacket می تواند مقدار بیشتری باشد. چون فشار خارجی باعث تغییر شکل از نوع Buckling (کمانش) و Wrinkling (اعوجاج) می شود، پیچیده تر از فشار داخلی است و برای محاسبه ضخامت مخزن تحت فشار خارجی نمی توان به فرمول واحدی رسید. در واقع تاثیر فشار خارجی روی مخزن تابعی از خواص مواد و شکل مخزن می باشد.

فرآیند نهایی سازی ضخامت تحت فشار خارجی:

1) Spherical Shells: refer to UG-28 (d)

2) Formed Heads: refer to UG-33

3) Cylinders with $D_o/t < 10$: refer to UG-28 (c)(2)

فلوچارت مربوطه در فصل چهارم آمده است.

4) Cylinders with $D_o/t \geq 10$

$$t_{\text{Selected for int. pres.}} : \begin{cases} D_o/t \\ L/D_o \end{cases} \longrightarrow \text{ASME, Sec II, Part D, Subpart 3, Fig.G} \longrightarrow \text{Factor A} \longrightarrow$$

$$\text{Using (Factor A, Design Temp., Applicable Material Chart)} \longrightarrow \text{Factor B} \longrightarrow P_a = {4B}/{(3D_o/t)}$$

$P_a < P_{Ext.} \longrightarrow$ افزایش ضخامت یا استفاده از رینگ تقویتی

$P_a \geq P_{Ext.} \longrightarrow$ t Satisfies external pressure condition

P_a = Maximum Allowable External Working Pressure (psi)
D_o = Outside shell diameter (in.)
t = Min. required thk. (in.)

L = total length, in. (mm), of a tube between tubesheets, or design length of a vessel section between lines of support (see Fig. UG-28.1). A line of support is:

(1) a circumferential line on a head (excluding conical heads) at one-third the depth of the head from the head tangent line as shown on Fig. UG-28;

(2) a stiffening ring that meets the requirements of UG-29;

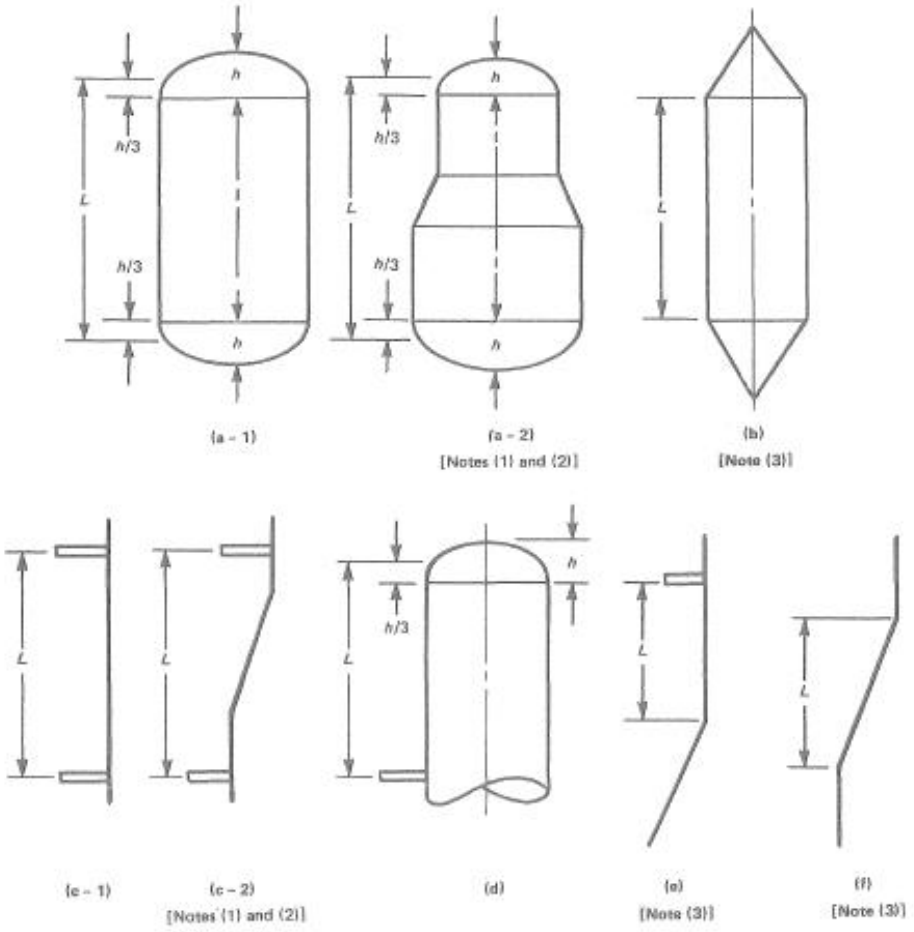
(3) a jacket closure of a jacketed vessel that meets the requirements of 9-5;

(4) a cone-to-cylinder junction or a knuckle-to-cylinder junction of a toriconical head or section that satisfies the moment of inertia requirement of 1-8.

نکته 1 : با بالابردن ضخامت t و پائین آوردن مقدار L به کمک Stiff. Ring (با فرض ثابت بودن D_o) در واقع فاکتورهای $\frac{D_o}{t}$ و $\frac{L}{D_o}$ را طوری تغییر می دهیم که در نهایت Factor B بیشتری بدست آید و میزان P_a افزایش یابد.

نکته 2 : چنانچه در ساخت و جوشکاری مخزن به جای Butt weld از Fillet weld استفاده شود، در مراحل فوق به جای P باید از 2P استفاده کرد. ((UG-28(g)

FIG. UG-28.1 DIAGRAMMATIC REPRESENTATION OF LINES OF SUPPORT FOR DESIGN OF CYLINDRICAL VESSELS SUBJECTED TO EXTERNAL PRESSURE



NOTES:

(1) When the cone-to-cylinder or the knuckle-to-cylinder junction is not a line of support, the nominal thickness of the cone, knuckle, or toriconical section shall not be less than the minimum required thickness of the adjacent cylindrical shell.

(2) Calculations shall be made using the diameter and corresponding thickness of each cylindrical section with dimension L as shown. Thicknesses of the transition sections are based on Note (1).

(3) When the cone-to-cylinder or the knuckle-to-cylinder junction is a line of support, the moment of inertia shall be provided in accordance with 1-8.

Stiffening Ring: UG-29

در مواقعیکه ماده اولیه، قطر، ضخامت و یا شکل عوض شود، برروی مقدار طول موثر (L_e) اثر می گذارد و آنرا کاهش می دهد. بنابراین وقتی در محلی رینگ تقویتی استفاده می شود، طول موثر آن محل را به دو قسمت تقسیم می کند.

در حالتی که $P_a < P_{Ext.}$ نیاز به تقویت پوسته داریم که برای تقویت به کمک رینگ ابتدا نیاز به دانستن تعداد رینگ داریم. برای اینکه تعداد Stiffening Ring مشخص شود، ابتدا فرض می شود که $P_a=P_{max.ext.working\ pres.}$ و سپس مراحل محاسبات فشار خارجی را در جهت عکس طی می کنیم تا حداکثر طول مجاز Unstiffened مشخص شود. سپس با تقسیم طول کل بر طول Unstiffened ، تعداد رینگها تعیین می شود.

فاکتور دیگری که پس از تعیین تعداد رینگها باید مشخص شود سطح مقطعی است که بتواند ممان اینرسی مورد نیاز را برای مقاومت در برابر فشار خارجی، تامین کند.

$$I_s = \left(D_0{}^2 L_s (t + \frac{A_s}{L_s}) A \right) / 14$$

I_s = required moment of inertia of stiffener (in^4)
D_o = outside diameter of cylinder (in.)
t = Thk. of cylinder, head or conical section (in.)
A = "Factor A" from ASME Sec.II, Part D, Subpart 3
A_s = cross sectional area of stiffener (in^2)
L_s = length between stiffeners (in.)

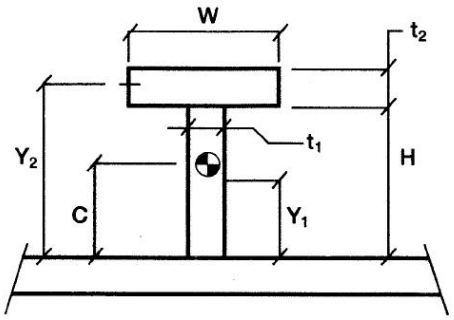
چنانچه شرط زیر برقرار باشد، رینگ انتخاب شده قابل قبول است:

$$I_x \Big|_{Shell} + I_x \Big|_{Profile} + Ar^2 > I_s$$

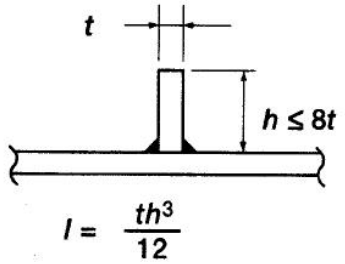
نکات:

1- در هر رینگ تقویتی حداکثر می توان 1 کمان را به خاطر نیازمندیهای نازلها برید. زاویه کمان بریده شده نباید از 90^o بیشتر باشد. از نمودار UG-29.2 برای تعیین اینکه چه مقدار از رینگ تقویتی را می توان برداشت، استفاده می شود.
2- نصب رینگ در OD به ID مزیت دارد، زیرا درID مشکل خوردگی در هر دو طرف رینگ وجود دارد و به مرور زمان اثر تقویتی آنها بر اثر خورده شدن کاهش می یابد. ضمنا" چنانچه این رینگها در داخل مخزن تعبیه شوند، در آنها سوراخهایی برای Vent و Drain ایجاد می شود که مشکلات خاص خود را دارد.
3- در مخازن تحت فشار خارجی هر چه نسبت h/D کم شود، تا حد خاصی ضخامت نیز پایین می آید (برعکس آنچه در فشار داخلی داشتیم) اما با گذر از آن حد، دوباره ضخامت مورد نیاز افزایش پیدا می کند.
4- برای عدسی ها نمی توان از رینگ تقویتی استفاده نمود، در این شرایط تنها با بالابردن ضخامت، طراحی انجام می شود.

Moment of Inertia of Composite Stiffeners



$$I_1 = \frac{t_1 H^3}{12}$$
$$I_2 = \frac{w t_2^3}{12}$$
$$c = \frac{\Sigma A_n Y_n}{\Sigma A}$$
$$I = \Sigma A_n Y_n^2 + \Sigma I - C \Sigma A_n Y_n$$



$$I = \frac{th^3}{12}$$

1- Process Nozzles (Inlet, Outlet,….)
2- Instrument Nozzles (PT, TT,…)
3- Mechanical Nozzles (Manhole, Handhole,…)

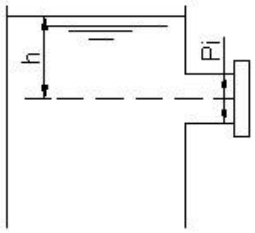
* گروه اول چون به Piping متصل می شوند، مهمترین نازلها هستند و باید محاسبات WRC روی آنها انجام گیرد.
* برای فلنجهایی که به لوله وصل می شوند، معمولا" ازاستانداردهای زیر استفاده می شود:

ASME B 16.5 : NPS ≤ 24”
ASME B 16.47 Series A, B : NPS > 24”

* در ASME B 16.5 بسته به جنس و براساس دمای کاری و حداکثر فشار مجاز کاری، فلنجها را در کلاسهای مختلف طبقه بندی نموده است که نمونه ای از این جداول در ذیل آمده است:.

Class	150 lb.	300 lb.	400 lb.	600 lb.	900 lb.	1,500 lb.	2,500 lb.
Hydrostatic test pressure, psig	450	1,125	1,500	2,225	3,350	5,575	9,275
Temperature, F	MAXIMUM ALLOWABLE NON-SHOCK PRESSURE PSIG.						
–20 to 100	285	740	990	1,480	2,220	3,705	6,170
200	260	675	900	1,350	2,025	3,375	5,625
300	230	655	875	1,315	1,970	3,280	5,470
400	200	635	845	1,270	1,900	3,170	5,280
500	170	600	800	1,200	1,795	2,995	4,990
600	140	550	730	1,095	1,640	2,735	4,560
650	125	535	715	1,075	1,610	2,685	4,475
700	110	535	710	1,065	1,600	2,665	4,440
750	95	505	670	1,010	1,510	2,520	4,200
800	80	410	550	825	1,235	2,060	3,430
850	65	270	355	535	805	1,340	2,230
900	50	170	230	345	515	860	1,430
950	35	105	140	205	310	515	860
1,000	20	50	70	105	155	260	430

معمولا" برای احتیاط بیشتر بهتر است فشار طراحی (به جای فشار کاری) را برای انتخاب فلنج از جدول فوق معیار قرار دهیم.
محاسبات دیواره لوله تحت فشارهای داخلی و خارجی بصورت زیر انجام می گیرد:



Internal Pressure

$$P = P_i + P_H \qquad t_{r_{pipe}} = \frac{PR_i}{SE - 0.6P} + C.A.$$

External Pressure

$$\left.\begin{matrix} \ell/D \\ D/t \end{matrix}\right\} \longrightarrow \text{Factor A} \longrightarrow \text{(Mat. Chart, D.T., Factor A)} \longrightarrow \text{Factor B} \longrightarrow P_a$$

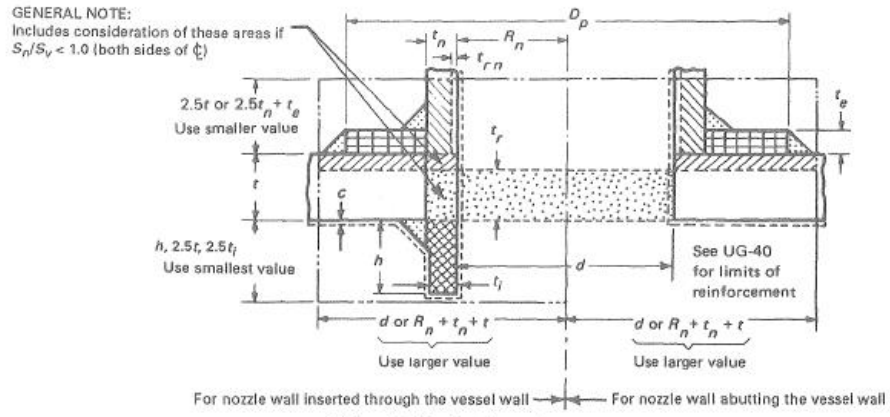
* طبق کد برای محاسبات تقویت سوراخهایی که روی پوسته های استوانه ای واقع شده اند محدودیتهای زیر تعیین شده اند:

UG-36(b)(1)
- $ID_{shell} \le 60" \longrightarrow D_{opening} > Min.(1/2\ ID_{shell}\ ,\ 20") \longrightarrow$ Appendix 1-7
- $ID_{shell} > 60" \longrightarrow D_{opening} > Min.(1/3\ ID_{shell}\ ,\ 40") \longrightarrow$ Appendix 1-7

Appendix 1-7 : این ضمیمه مربوط به محاسبات Large Opening است. چنانچه طبق شروط فوق مجبور به استفاده از این ضمیمه باشیم، محدوده موثر برای تقویت افزایش می یابد و اگر Nozzle Projection به طور مناسبی انتخاب شود که فلنج و Hub فلنج در این محدوده واقع شود، سطح تقویتی افزایش می یابد و نازل تحت بارگذاری ها جواب می دهد.

UG-37 : سطح تقویتی نازل

FIG. UG-37.1 NOMENCLATURE AND FORMULAS FOR REINFORCED OPENINGS



Without Reinforcing Element

$A = d\,t_r F + 2t_n\,t_r F(1 - f_{r1})$	Area required
$A_1 = d(E_1 t - F t_r) - 2t_n (E_1 t - F t_r)(1 - f_{r1})$ $= 2(t + t_n)(E_1 t - F t_r) - 2t_n (E_1 t - F t_r)(1 - f_{r1})$	Area available in shell; use larger value
$A_2 = 5(t_n - t_{rn})\, f_{r2} t$ $= 5(t_n - t_{rn})\, f_{r2} t_n$	Area available in nozzle projecting outward; use smaller value
$A_3 = 5t\,t_i f_{r2}$ $= 5t_i\,t_i f_{r2}$ $= 2h\,t_i f_{r2}$	Area available in inward nozzle; use smallest value
A_{41} = outward nozzle weld = $(\text{leg})^2 f_{r2}$	Area available in outward weld
A_{43} = inward nozzle weld = $(\text{leg})^2 f_{r2}$	Area available in inward weld
If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} \ge A$	Opening is adequately reinforced
If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} < A$	Opening is not adequately reinforced so reinforcing elements must be added and/or thicknesses must be increased

With Reinforcing Element Added

A = same as A, above	Area required
A_1 = same as A_1, above	Area available
$A_2 = 5(t_n - t_{rn}) f_{r2} t$ $= 2(t_n - t_{rn})(2.5t_n + t_e) f_{r2}$	Area available in nozzle projecting outward; use smaller area
A_3 = same as A_3, above	Area available in inward nozzle
A_{41} = outward nozzle weld = $(\text{leg})^2 f_{r3}$	Area available in outward weld
A_{42} = outer element weld = $(\text{leg})^2 f_{r4}$	Area available in outer weld
A_{43} = inward nozzle weld = $(\text{leg})^2 f_{r2}$	Area available in inward weld
$A_5 = (D_p - d - 2t_n)\, t_e\, f_{r4}$ [Note (1)]	Area available in element
If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 \ge A$	Opening is adequately reinforced

GENERAL NOTE: This figure illustrates a common nozzle configuration and is not intended to prohibit other configurations permitted by the Code.

NOTE:
(1) This formula is applicable for a rectangular cross-sectional element that falls within the limits of reinforcement.

* چنانچه برای یک Opening نیاز به ورق تقویتی بود باید محدوده تقویت رعایت شود، زیرا خارج از این محدوده ارزش تقویتی ندارد. به طور کلی در کد و Spec ها نمونه محدودیتهای زیر را در نظر می گیرند:

Code : $OD_{pad} < 2D_{pipe}$
Spec. : $t_{shell} < t_{reinforcement} < 2t_{shell}$
Spec. : Shell Material = Reinforcement Material
Spec. : Min. $W_{rinforcement}$ = 50mm

* ضمنا" اگر متریال نازل و تقویتی با پوسته تفاوت داشته باشد، چنانچه جنسی ضعیفتر باشد برای محاسبه سطح مربوط به آن بخش باید Area به نسبت $S_{all\ shell} / S_{all\ nozzle/pad}$ افزایش یابد و چنانچه جنس نازل و ورق تقویتی مقاومتی مساوی یا بیشتر از جنس پوسته دارد Area را با نسبت 1 در نظر می گیریم.

* طبق کد تحت شرایط زیر نیازی به استفاده از تقویتی نیست ((UG-36(c)(3)):

$D \leq 3\ 1/2"\ (89mm) \longrightarrow t_{shell} \leq 3/8"\ (10mm)$

$D \leq 2\ 3/8"\ (60mm) \longrightarrow t_{shell} > 3/8"\ (10mm)$

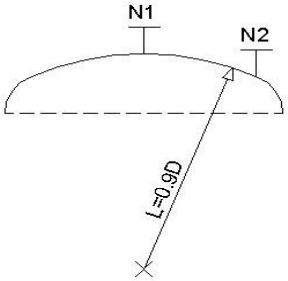
* در بعضی شرایط (مثلا" $t_{shell} > 50mm$) در Spec ذکر می شود که برای تقویت Opening نباید از ورق تقویتی استفاده شود. در چنین حالتی برای تقویت Opening مورد نظر 3 گزینه وجود دارد:

1- بالا بردن ضخامت بدنه: معمولا" غیر اقتصادی است.
2- بالا بردن ضخامت نازل: محدودیت ضخامت دارند.
3- استفاده از فلنجهای خاص:

الف – استفاده از فلنج Long W.N. با ضخامت بالا

ب – استفاده از فلنجهای خاص با Hub ضخیم و بلند .چنانچه در طرح از فلنج دارای Hub استفاده شود باید دقت شود که UG-45 در قسمت Hub نیز برقرار باشد.

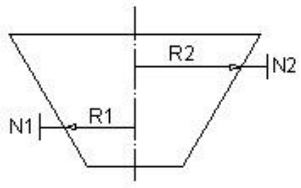
ج – استفاده از Heavy Barrel: مقاومت زیادی دارد، اما به این علت که گران است و سفارشی ساخته می شود. معمولا" زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که دو مورد "الف" و "ب" جوابگو نباشند.



در شکل روبرو نیاز N_1 به تقویت کمتر از N_2 است، زیرا N_1 در قسمتی واقع شده که در واقع کانتور کروی با شعاع L=0.9D دارد و فرمول $t_r = \frac{PR}{SE - 0.6p}$ در مورد آن برقرار است، ولی N_2 در قسمت بیضوی واقع شده که فرمول $t_r = \frac{PR}{2SE - 0.6p}$ در مورد آن برقرار است. با توجه به اینکه ضخامت مورد نیاز نازل طبق UG-45 در محل اتصال به عدسی تعیین می شود.

پس : $t_{req\ N1} < t_{req\ N2}$

در نتیجه نیاز N_1 به تقویت اضافی کمتر از N_2 است.



در مقاطع مخروطی نیز در ارتفاع های مختلف نیاز نازل به تقویت تفاوت می کند.
به طور مثال در شکل روبرو احتمال نیاز N_1 به تقویت کمتر از N_2 است، زیرا:

$$t_{req_{Cone}} = \frac{PR}{\cos\alpha\ (SE-0.6P)} \quad , \quad R_1 < R_2 \longrightarrow t_{req\ N1} < t_{req\ N2}$$

UG-45 : ضخامت گلویی نازل

1. **for Access Openings, Openings for Inspection only** the minimum wall thickness of necks shall not be less than the thickness computed from the applicable loadings in UG-22 such as internal or external pressure, stattic, cyclic, dynamic, seismic, impact reactions, etc.
2. **for Nozzles and other openings** (except access and inspection openings) the minimum wall thickness of necks shall be the larger of he chickness computed from the applicable loadings in UG-22 or the smaller of wall thickness determined in 3, 4, 5, 6 below.
3. In vessels under internal pressure thicknes of the shell or head required for internal pressure only, assuming $E = 1.0$.
4. In vessels under external pressure thickness of the shell or head for internal pressure using it as an equivalent value for external pressure, assuming $E=1.0$.
5. In vessels under internal or external pressure the greater of the thickness determined in 3 and 4.
6. The minimum wall thickness of standard wall pipe.
7. The wall thickness of necks in no case shall be less than the minimum thickness specified in UG-16(b) for:

Shells and heads:	0.0625 in.
Unfired steam boilers:	0.2500 in.
In compressed air service:	0.0918 in.

8. Allowance for corrosion and threading - when required - shall be added to the thicknesses determined in 1. through 7. above.

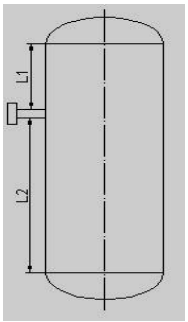
نکته: علاوه بر موارد فوق، شرط ذیل نیز می بایست در مورد تنش برشی ناشی از بارگذاریهای UG-22 در گلویی نازل رعایت شود ((UG-45(c)):

Allow. Shear Stress ≤ 0.7 x Allow. Tensile Stress

به این علت که ضخامت در سراسر لوله به علت محدودیتهای ساخت یکسان نیست ، تلرانسی به میزان 12.5% برای ضخامت دیواره لوله در نظر گرفته اند. بنابراین خلاصه موارد فوق الذکر با لحاظ کردن این مسئله به این صورت بازنویسی می شود.

$$0.875t_n \geq \text{Min.}\left(t_{r\ shel/head}\Big|_{\text{در محل اتصال}}^{E=1}\ ,\ t_{sch.\ STD.} + C.A.\right)$$

* محاسبه ضخامت بدنه نازل طبق UG-45 با فرض E=1 انجام می گیرد. به این دلیل که فرض می شود نازل جوشها را قطع نمی کند. چنانچه این اتفاق بیفتد می بایست جوشها تا فاصله معینی در اطراف سوراخ Full RT شوند که دراین صورت هم E=1 خواهد بود.

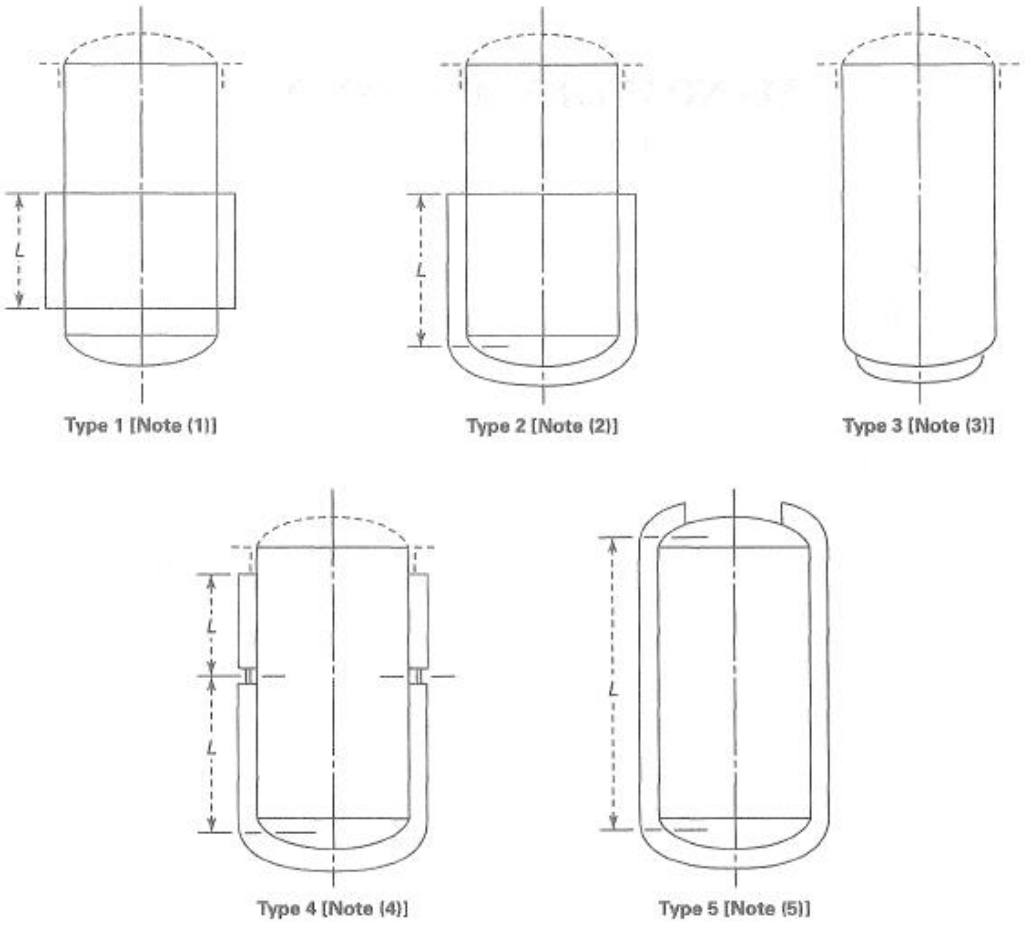


* محل قرارگیری نازل نسبت به پوسته و عدسی ها روی ضخامت مورد نیاز پوسته و نازل تحت فشار خارجی اثرگذار است. نازل در هر جا قرار گیرد ، ضخامت آن را بر اساس طول بیشتری که از عدسی یا Line of Support دیگر دارد محاسبه می کنند.

Jacketed Vessels (App. 9)

این دسته از مخازن (بجز Half-Pipe) را در PV-Elite نمی توان مدل کرد و باید به صورت دستی محاسبه شوند.

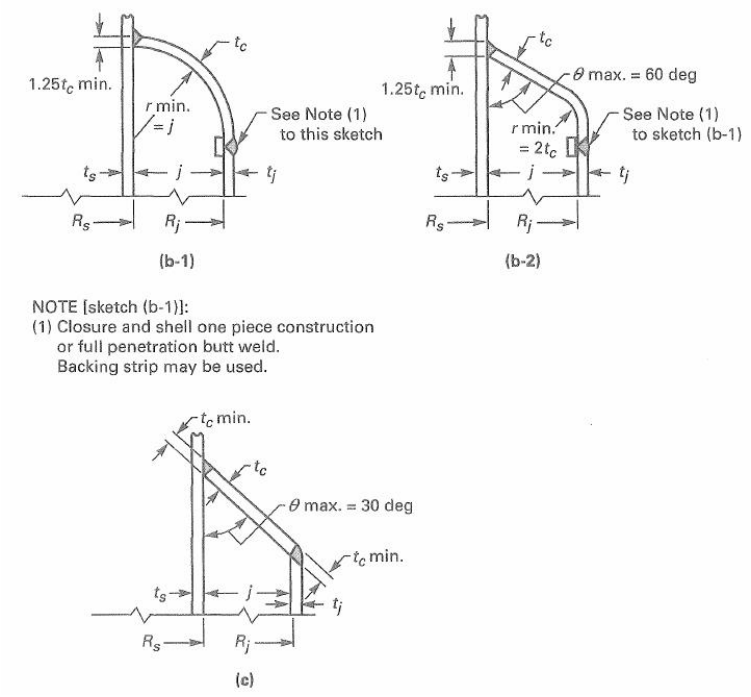
FIG. 9-2 SOME ACCEPTABLE TYPES OF JACKETED VESSELS



Type 1 [Note (1)] Type 2 [Note (2)] Type 3 [Note (3)]

Type 4 [Note (4)] Type 5 [Note (5)]

NOTES:
(1) Jacket of any length confined entirely to cylindrical shell.
(2) Jacket covering a portion of cylindrical shell and one head.
(3) Jacket covering a portion of head.
(4) Jacket with addition of stay or equalizer rings to the cylindrical shell portion to reduce effective length.
(5) Jacket covering cylindrical shell and any portion of either head.



Half-Pipe Jackets (App. EE)

در مخازنی که دارای Jacket با فشار زیاد هستند دیگر استفاده از جکتهای یکپارچه، مانند آنچه در بالا نمایش داده شد، عملی نیست و باید از جکتهای "Half Pipe" که حداکثر "4 هستند استفاده نمود.

حداکثر فشار مجاز Half Pipe:

$$P' = (1.5S - S')/K$$

P' = Permissible Jacket Pressure (psi)

S = Max. Allow. Tensile Stress @ Design Temp. of Shell or Head material (psi)

S' = Actual Longitudinal Stress (if axial forces are negligible, S'=PR/2t) (psi)

P, R, t = Int. Design Press. (psi), Inside Radius (in.), Thk.(in.) of Vessel

K = Factor obtained from Figures in App.EE

حداقل ضخامت Half Pipe:

$$T = (P_1 r)/(0.85S_1 - 0.6P_1)$$

P_1 = Internal Design Pressure in the Jacket (P_1 shall not exceed P') (psi)

S_1 = Allow. Stress of the Jacket Material @ Design Temp. (psi)

r = Inside Radius of the Jacket (in.)

T = Min. Thk. of the Half-Pipe Jacket (in.)

حداقل ضخامت جوش برای Half Pipe:

Fillet Weld Size ≥ 1.414 T

محاسبه ضخامت براساس Live Load و Dead Load

Live Load / Dead Load: for Non-Pressure Parts ⟶ { AISC, AISE ⟶ S.F. ⟶ Allowable Stress, ASCE, UBC }

فرمول تجربی برای محاسبه فشار باد روی یک سطح استوانه ای عبارت است از :

$q_z = 0.00256\ V^2$

طریقه بدست آوردن این فرمول برای یک سطح مستطیلی $1x1\ ft^2$ در ارتفاع 30 ft به صورت زیر است :

$H = 30ft \longrightarrow E = \frac{1}{2} mv^2 \longrightarrow P = \frac{1}{2} PV^2$

$\rho_{air}\big|_{atm,\ 25^oC} = 0.00238\ slug/ft^3$

$$P = \frac{1}{2} \times 0.00238 \times \left(\frac{5280}{3600}\right)^2 V^2 = 0.00256 V^2$$

V: سرعت باد بر حسب mile/hr

جهت اصلاح رابطه فوق برای حالات مختلف، دو ضریب به رابطه فوق اضافه می گردد:

$q_z = C_f G_h\ (0.00256\ V^2)$

C_f = Shape Factor

G_h = Height Factor

For Rectangular Plate ⟶ $C_f = 1$

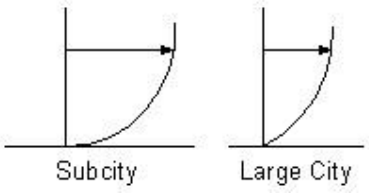
For Cylindrical Shape ⟶ C_f = (0.6-0.8) depending on surface smoothness

Smooth Surface ⟶ $C_f = 0.6$

Rough Surface ⟶ $C_f = 0.8$

$V\ \alpha\ Z^n$ $\qquad$ n = f (موقعیت و محل)

Z: Height



N=1/7 Open, Flat, Open Country

N=1/4.5 Town,….

N=1/3 Large City, Center of City $H_{buildings} \geq 70ft$

$V = V_1\ (Z_1/Z_2)^n$

$F_w = q_z \times A_{wind}$

$F_w = C_f G_h \times 0.00256\ V^2\ A_{wind}$

$A_{wind} = D_e . \ell$

D_e = Effective Diameter

R.Moss ⟶ $OD_{vessel} + 2\ Thk_{insulation} = D_e$

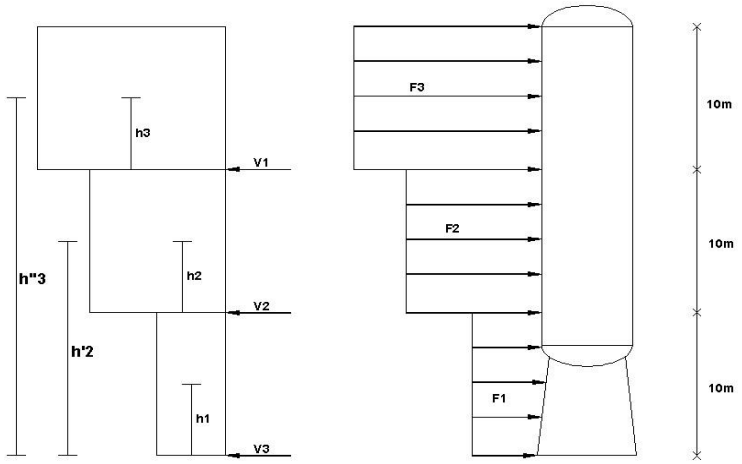
چنانچه نخواهیم Piping وLadder و Platform را روی مخزن مدل نماییم، D_e طبق جدول زیر (R.Moss) باید تصحیح شود.

	Piping+ Ladder & Platform	Piping Without Ladder & Platform
$D_e < 4ft$	$2\ D_e$	$1.6\ D_e$
$4ft < D_e < 8ft$	$1.6\ D_e$	$1.4\ D_e$
$D_e < 8ft$	$1.4\ D_e$	$1.2\ D_e$

در تحلیل مخازن مرتفع تا جایی که هیچ ضریبی از فرمول بدست آمده تغییر نکند، می توان آن را یکپارچه مدل کرد، اما در جایی که یکی از ضرایب تغییر می کند باید آنرا تکه تکه مورد محاسبه قرار داد.

$$F_w = C_f G_h (0.00256\ V^2) \times A$$

ثابت متغیر ثابت



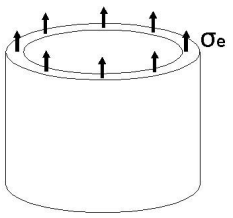
قابل توجه است که نیروی برشی با افزایش ارتفاع کاهش می یابد اما نیروی باد افزایش می یابد.

$$V, M \longrightarrow \tau = V/A$$
$$\sigma = MC/I$$

معمولا" I خیلی کم و در مقابل σ قابل صرفنظرکردن است.

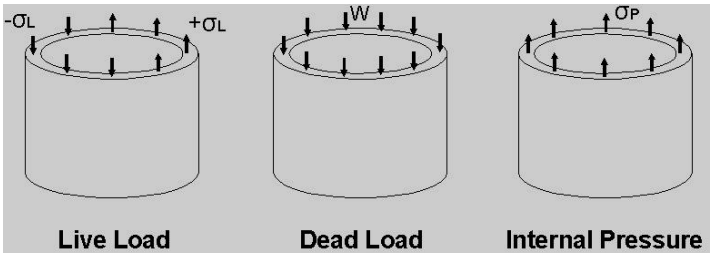
$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_e = \frac{MC}{I} = \frac{M}{Z}$$



Stress Combination Load Cases

در شرایط مختلف ممکن است مخزن در یک لحظه تحت چندین نوع بارگذاری مختلف قرار گیرد و باید چک شود که آیا ضخامت انتخاب شده برای مخزن برای این شرایط نیز کافی است یا نه.



بار باد Wind Loading

Live Load : $\sigma_L = \pm Mc/I$ Dead Load $\sigma_L = - W/A$ Internal Pres. $\sigma_L = PD/4t$

$$\sigma_L = \sigma_L)_{Live} + \sigma_L)_{Dead} + \sigma_L)_{Int.} = \frac{M}{z} - \frac{W}{A} + \frac{PD}{4t}$$

$$\sigma_L = \sigma_L)_{Live} + \sigma_L)_{Dead} + \sigma_L)_{Int.} = - \frac{M}{z} - \frac{W}{A} + \frac{PD}{4t}$$

$\sigma_L > 0$, Max. Allowable Stress = S x $E_{Circ.}$ $\longrightarrow$ $\frac{\sigma_L}{S.E_{Circ}} < 1$ σ_L √Ok

$$\frac{\sigma_L}{S.E_{Circ}} \geq 1 \Rightarrow \text{Re}\, calculation\ \&\ t \uparrow or.E \uparrow$$

$\sigma_L < 0$, Max. Allowable Compressive Stress = S_c $\longrightarrow$ $\frac{\sigma_L}{S_c} < 1$ √Ok

$$\frac{\sigma_L}{S_c} \geq 1 \Rightarrow \text{Re}\, calculation\ \&\ t \uparrow$$

لازم به توضیح است که :

$S_{all}\Big|_{\text{tensile}}$ f (Mat, T) x E

$S_{all}\Big|_{\text{Compressive}}$ = f (D, ℓ, t, Mat, T) $\longrightarrow$ D/t, ℓ/D $\longrightarrow$ A $\longrightarrow$ (A, Mat, T) $\longrightarrow$ B

$S_{all}\Big|_{\text{Compressive}}$ در حالت خورده شده با حالت خورده نشده تفاوت دارد اما در مورد $S_{all}\Big|_{\text{tensile}}$ چنین نیست. حالتهای مختلف بارگذاری با توجه به شرایط مختلف حاکم بر مخزن عبارتند از:

Live Load: Wind, Earthquake
Dead Load: Operating, Empty, Hydrotest
Pressure : Internal, External, Hydrotest, No pressure

چنانچه حالتهای فوق با یکدیگر ترکیب شوند، بارگذاریهای ترکیبی حاصله عبارت خواهند بود از :

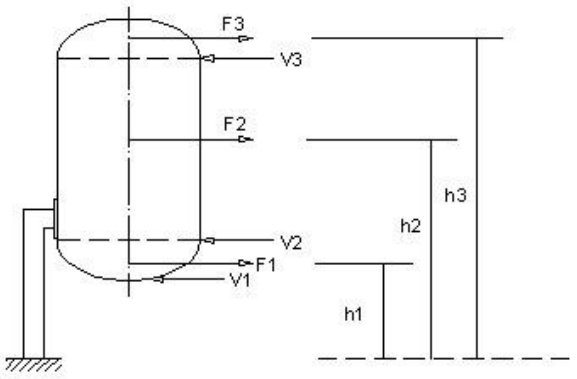
1. Wind + Op.w + Int. Pres.
2. Wind + Emp.w + Int. Pres.
3. Wind + Hydro.w + Hydro.Pres.
4. Wind + Emp.w + Ext. Press.
5. …..

البته باید دقت شود تناقصی در حالتهای بارگذاری پیش نیاید. به طور مثال در زمان Hydrotest از فشار و وزن همین حالت استفاده شود و چنانچه نیاز به در نظر گرفتن 33% بار باد و زلزله در زمان Hydrotest است ، این ضریب رعایت شود.
کلا" در PVElite ، 17 حالت متفاوت بارگذاری به صورت پیش فرض در نظر گرفته می شود که در بخش Load Cases دیده می شوند.

بار زلزله Earthquake Loading

در طراحی مخازن مرتفع عمودی تحت فشار، یکی از عوامل ایجاد تنش در دیواره مخزن، گشتاور واژگونی ناشی از نیروی عرضی بارهای زلزله است.

طراحی برای بارهای زلزله ، اصولا" براساس تجزیه و تحلیل های تجربی سازه هایی است که در مقابل زلزله های شدید دوام آورده اند. حرکات زلزله ای خیلی پیچیده هستند و واقعا" به صورت نوسانات هارمونیک نمی باشند.
عوامل اصلی که در تعیین نیروی زلزله روی مخزن تاثیر دارند عبارتند از وزن، منطقه ای که مخزن در آن نصب می شود (Seismic Zone)، دوره تناوب مخزن و ساختار خاک و زمین منطقه مورد نظر.
در زمان وقوع زلزله یک بار برشی به پایه وارد می شود و هر قسمت از مخزن به نسبت وزنی که دارد بخشی از این نیرو را تحمل می کند . طبق UBC 97 محاسبات مربوط به بار برشی و عرضی زلزله به صورت زیر انجام می شوند:



$$F_1 = \frac{W_1}{W_{total}} xV$$

$$V = \Sigma_{i=1}^{n} F_i$$

$$M_{base} = F_3 h_3 + F_2 h_2 + F_1 h_1$$

$$V = \frac{ZIC}{R} W$$

V= Total shear at base
Z = Zone coefficient
I = Importance factor (usually 1.0 for vessels)
C = f (T,S)
S = Soil factor
T = Vessel period of vibration
W = $W_{Op}/W_{Empty}/W_{Hyd}$

SELECT MATERIAL

تنش های مجاز و مقادیر آنها برای انواع متریال در دماهای مختلف در ASME Sec.II, Part D, Subpart1 ارائه شده است.

جداول ذیل برای متریال SA-516 Gr.60 از ASME Sec.II اقتباس گردیده است:

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3;* AND SECTION VIII, DIVISION 1
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/ Cond./ Temper	Size/ Thickness, in.	P-No.	Group No.
1	Carbon steel	Plate	SA-515	60	K02401	...	...	1	1
2	Carbon steel	Plate	SA-516	60	K02100	...	...	1	1
3	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CB60	K02401	...	...	1	1
4	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CC60	K02100	...	...	1	1
5	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE60	K02402	...	...	1	1

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3;* AND SECTION VIII, DIVISION 1
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	Applic. and Max. Temp. Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only) I	III	VIII-1	External Pressure Chart No.	Notes
1	60	32	1000	700	1000	CS-2	G10, S1, T2
2	60	32	850	700	1000	CS-2	G10, S1, T2
3	60	32	NP	700	NP	CS-2	S6, W10, W12
4	60	32	NP	700	NP	CS-2	S6, W10, W12
5	60	32	NP	700	NP	CS-2	S6, W10, W12

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3;* AND SECTION VIII, DIVISION 1
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													
	–20 to 100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	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*
2	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*
3	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
4	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
5	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...

Occurrence

برای فولادهای استنلس استیل از یک جنس معین، دو یا چند مورد در جدول دیده می شود که افت S_{all} در اثرافزایش دما در هر یک متفاوت است. بعلاوه در Note هایی که در پنجره ... Material Properties for ثبت شده، با یکدیگر متفاوتند. چنانچه نیاز به اطلاعات بیشتری از هر Note بود با فشردن کلید F1 پنجره راهنما گشوده می شود.

Composition

ترکیب و درصد مواد آلیاژی متریال را اعلام می کند.

Form

نوع استفاده متریال انتخاب شده را اعلام می کند (Pipe, Plate و .....)

UNS Number

شماره استاندارد بین المللی جنس مورد نظر را ارائه می کند (Unified Numbering System).

Class/Thickness

جنس مورد نظر یا محدودیتهای ضخامتی آنرا اعلام می کند. به عنوان مثال زمانی که برای یک جنس Bolt محدودیتی به صورت $4 < t < 7$ اعلام شده به این مفهوم است که برای قطرهایی که در این محدوده قرار می گیرند، می توان از S_{all} و S_{yield} ماده مذکور استفاده نمود. چنانچه دو ماده با Composition یکسان و Note های یکسان تکرار شده بود، در Class/Thickness تفاوت دارند.

Normalized Material

این گزینه تاثیری در محاسبات ندارد و صرفا" باعث می شود نرم افزار برای اعلام نیازمندی های Impact Test از منحنی مربوطه استفاده نماید.

P Number

The number of welding procedure-group.the classification of materials based on hardenability characteristic and the purpose of grouping is to reduce the number of weld of procedures. (Section IX). All C.S. materials listed in the Code (with the exception of SA-612) are classified as P-No.1.

Group Number

زمانی اهمیت دارد که نیاز به Impact Test باشد که دراین صورت PQR برای دو جنس با Gr. No. متفاوت نمی تواند یکسان باشد. به طور مثال SA-516 Gr.60 و SA-516 Gr.70 دارای P.No. یکسان ولی Gr. No. متفاوت هستند، در صورتی که نیاز به Impact Test باشد نمی توان از PQR جنس SA-516 Gr.70 برای SA-516 Gr.60 استفاده نمود.

External Pressure Curve

منحنی مورد استفاده در محاسبات فشار خارجی را برای جنس مورد نظر تعیین می کند. (بر اساس ASME Sec.II)

* در قسمت سمت راست کادر مزبور نیز تنش مجاز ماده مورد نظر در دماهای مختلف داده شده است.

نکات کلی :

1- اگر میزان Cr بیش از 16% و Ni بیش از 8% باشد فولاد مورد نظر ضد زنگ است.

2- توضیحات و جداول فوق در صورتی است که در Design Constraints کد طراحی Div.1 انتخاب شده باشد. چنانچه از Div.2 یا BS5500 استفاده شود مقدار Tensile Stress و Yield Stress تغییر نمی کنند، اما با وجود ضریب اطمینان متفاوت، تنشهای مجاز متفاوتی نسبت به Div.1 خواهیم داشت .

3- محدوده استفاده از متریالهای SA-36 و SA-283 ABCD به شرح ذیل می باشد:

SA-36 and SA-283 ABCD plate may be used for pressure parts in pressure vessels provided all of the following requirements are met: UCS–6 (b)

(1) The vessels are not used to contain lethal substances, either liquid or gaseous;
(2) The material is not used in the construction of unfired steam boilers (sec Code U-1 (g);
(3) With the exception of flanges, flat bolted covers, and stiffening rings the thickness of plates on which strength welding is applies does not exceed 5/8 in.

DESIGN CONSTRAINTS

Design Int./Ext. Pressure/Temperature

در این قسمتها می بایست میزان فشار و دمای داخلی و خارجی در حالت طراحی وارد شود.

Datum Line Distance

در این قسمت می توان محل خط مرجع را مشخص کرد تا از آن پس بتوان فواصلی نظیر Nozzle Elev. را نسبت به این خط اعلام کرد.

Hydrotest Type

نحوه محاسبه فشار هیدروتست مشخص می شود:

$$A = \text{Lowest Ratio of } \frac{S_{all}\,|_{\,test}}{S_{all}\,|_{\,design}}$$

$P_{Hydrostatic}$ Acc. to UG-99

- UG-99 (b) ⟶ 1.3 x MAWP x A
- UG-99 (b) (Footnote 34) ⟶ 1.3 x P_{Design} x A
- UG-99 (C) ⟶ 1.3 x MAPnc
- UG-100 ⟶ 1.1 x P_{Design} x A

نکته قابل ذکر اینکه قبل از سال 1999 برای محاسبه هیدروستاتیک از ضریب 1.5 به جای 1.3 استفاده می شد (1.25 بجای 1.1 در فشار پنوماتیک). در واقع تحول زیر در محاسبه تنش مجاز اتفاق افتاد.

$$S_{all} = Min\left(\frac{1}{4}S_{ut}, \frac{2}{3}S_y\right) \xRightarrow{\text{Add.99}} S_{all} = Min\left(\frac{2}{7}S_{ut}, \frac{2}{3}S_y\right)$$

این تنظیم در قسمت زیر انجام می شود:

Tools ⟶ Configurations ⟶ Use Pre-99 addenda (Div.1 only)

عمدتا" مخازن مرتفع که امکان هیدروتست آنها به صورت عمودی وجود ندارد، به صورت افقی تست می شوند. در PVElite نمی توان اینکار را به طور اتوماتیک انجام داد، به همین علت گزینه ای به نام User Defined Hyd. Pres. در نظر گرفته

شده که می توان فشار هیدروتست رابه طور دستی محاسبه کرد و در این گزینه وارد کرد که در این صورت جایگزین فشار محاسبه شده توسط نرم افزار می شود.

Hydrotest Position

در این قسمت می بایست وضعیت هیدروتست مشخص شود.

* مخازن عمودی مرتفع میبایست به صورت افقی تست شوند که در این حالت $P_{hydrotest} = 1.3P_{design} + \zeta gh$

Projection From Top/Bottom

فاصله میان سطح خارجی مخزن و سطح فلنج نازلی است که در بالا ترین/پایینترین نقطه مخزن قرار دارد و این مقدار جهت تعیین هد استاتیک بر اساس UG-99c به ارتفاع و یا قطر مخزن اضافه می شود.

Projection From Bottom (Operating)

فاصله میان سطح خارجی مخزن و سطح فلنج نازلی است که در پایین ترین نقطه مخزن قرار دارد و این مقدار جهت محاسبه MAWP فلنج بکار میرود.

Min. Design Metal Temp.

حداقل دمای طراحی مخزن است که تاثیری در محاسبات ندارد.

Flange Distance to Top

فاصله میان سطح خارجی مخزن و سطح فلنج نازلی است که در بالاترین نقطه مخزن قرار دارد و این مقدار جهت محاسبه MAPnc فلنج بر اساس UG-99(c)بکار میرود.

Degree of Radiography

در این قسمت شکل نمادین درجه رادیوگرافی بر طبق UW-11 مشخص می شود.

Miscellaneous Weight

درصدی از وزن کل مخزن است برای منظور کردن وزن برخی از المانها که امکان مدل کردن آنها وجود ندارد.

User Defined MAWP /MAPnc

میتوان این مقادیر را به صورت دستی وارد کرد، اگر چه که نرم افزار بصورت خودکار آن را محاسبه می کند.

Additional Oper. Static Press.

جهت منظور کردن فشار استاتیک اضافی در بالای مخزن.

Use Higher Long. Stress

طبق UG-23(d)، بهنگام ترکیب بار زلزله یا باد با بارهای دیگر، میتوان ضریب 1.2 را در تنش مجاز منظور نمود.

Hyd. Allow. Unmodified

در مورد بارهای موقتی (Occasional Loads) در مواردی کد اجازه می دهد تنش مجاز بالاتر از شرایط معمولی در نظر گرفته شود، در مورد تست هیدروستاتیک اجازه می دهد تنش مجاز 1.3 برابر شود و یا زمانی که مخزن را تحت بار باد در نظر می گیرد ضریب 1.2 را مجاز می داند، یا در مورد فولادهای ضد زنگ رابطه زیر را بجای رابطه پیشین مجاز می شمرد:

$$S_{all}\Big|_{S.S.} = \text{Min.}(\ 0.9S_y,\ 2/7\ S_{UT})$$

این گزینه در صورتی انتخاب می شود که طراح خود بخواهد S_{all} هیدروتست را محاسبه کند و در بانک اطلاعاتی وارد کند.

Consider Vortex Shedding:

در صورتی استفاده می شود که احتمال Wind Vibration وجود دارد. در نتیجه تنش های بسیار بزرگی پدید می آیند. با انتخاب آن، بارگذاریهای VE, VF, VO در قسمت Load cases محاسبه می شوند.

Corroded Hydrotest

فشار هیدروتست را بر روی مخزن خورده شده تحلیل می کند.

Hyd. Allow. is 90% Yield

این گزینه مقدار تنش مجاز هیدروتست را تا $0.9S_y$ بالا می برد. بطور پیش فرض، تنش مجاز هیدروتست 1.3 برابر تنش مجاز متریال در دمای محیط است.

LOAD CASES

* با زدن کلید F1 در این قسمت می توان تشریح علایم اختصاری بارگذاریها را مشاهده کرد.

* در این قسمت ترکیب بارهای مختلف در کنار یکدیگر تعیین می شود. قسمت Stress due to combined loads از خروجی نرم افزار، مختص بررسی اثر ترکیب بارها روی اجزاء مختلف مخزن است. در این قسمت برای هر ترکیب بار جدول جداگانه ای وجود دارد و در هر المان تنش کششی و فشاری ناشی از آن ترکیب بار خاص به علاوه تنشهای مجاز کششی و فشاری و همچنین نسبت تنشهای موجود کششی و فشاری به مقادیر مجاز آنها ارائه گردیده که این نسبت باید کمتر از 1 باشد، در غیر این صورت باید ضخامت المان مزبور افزایش یابد.

* ضمنا" در تفسیر نتایج باید به این مسئله توجه کرد که $S_{all}.E$ در مورد ترکیب بارهایی که در آنها تست وجود دارد، 1.3 برابر در نظر گرفته می شود. چنانچه گزینه Use Higher Long. Stress انتخاب شده باشد برای ترکیب بار شامل باد ضریب 1.2 برای $S_{all}.E$ در نظر گرفته می شود و همچنین در کدهای مربوط به زلزله غیر از UBC 97 انتخاب این گزینه باعث 1.2 برابر شدن $S_{all}\ E$ برای ترکیب بار شامل زلزله می شود. اما در مورد UBC 97 چنانچه گزینه Apply per 1612.3.2 انتخاب گردد، برای Skirt تنش مجاز $S_{all}\ E$ 1.3 و برای قسمتهای تحت فشار، ضریب 1.2 لحاظ خواهد شد.

* برای طراحی مخزن و پایه های آن طبق کد لازم نیست همزمان بار باد و زلزله در نظر گرفته شوند. بنابراین هر کدام از باد یا زلزله که غالب باشد و بار و ممان بیشتری ایجاد کند ، مبنای طراحی قرار می گیرد. البته قابل ذکر است عموما" تنش ناشی از بار برشی اهمیت چندانی در مقابل تنشهای حاصله از ممانها ندارند.

* نکته قابل ذکر در مورد مقایسه حالت (Corroded) با (Non-Corroded) مخزن این است که در حالت خورده شده وزن مخزن پایین است و این باعث کاهش ممانهای حاصل از زلزله می شود که نسبت مستقیم با وزن دارند، ولی در عین حال مقدار I/C نیز به علت کاهش ضخامت، پایین می آید ودر نتیجه میزان تنشی که نیروی خاصی در بدنه ایجاد می کند در حالت خورده شده بیشتر از حالت خورده نشده است. اما در حالت خورده نشده عکس مطالب فوق صادق است یعنی وزن بیشتر و ممان های زلزله بیشتر ولی I/C نیز بیشتر است. طراح باید چک کند در هر کدام از شرایط فوق اثر وزن و ممانها بیشتر است یا I/C ؟

Corroded { W ↓ → $M_{Earthq.}$ ↓ ; I/C ↓ } To be Compared { W ↑ → $M_{Earthq.}$ ↑ ; I/C ↑ } Non-Corroded

Global Scalar for WI/EQ Loads

در بسیاری از کدهای طراحی باد و زلزله، ضریبی برای تنش مجاز در نظر گرفته می شود. برای حذف بار باد یا زلزله باید در این ضریب را صفر در نظر گرفت. البته با انتخاب کد طراحی باد و زلزله، این ضرایب (ویا با فشردن دکمه محاسباتی) تغییر می کنند که در جدول Load case نیز قابل مشاهده هستند.

Vary Compressive Allowable for Internal/External Cases

نرم افزار به صورت پیش فرض حداکثر دمای طراحی داخلی و خارجی را جهت محاسبه Allow. Compressive Stress در نظر می گیرد اما با انتخاب این گزینه دمای فشار داخلی را جهت محاسبه S_{all} برای بار فشار داخلی و دمای فشار خارجی را برای محاسبه S_{all} برای فشار خارجی در نظر خواهد گرفت و به این صورت طراحی اقتصادی تر خواهد بود. ولی باید به این نکته توجه کرد که با انتخاب این گزینه احتیاط کمتری در طراحی می کنیم چون در بعضی شرایط مانند قطع ناگهانی جریان فرآیند Plant ممکن است باعث ایجاد یک خلاء مطلق در برج شود، در حالی که دما تغییر چندانی نسبت به دمای کاری تحت فشار داخلی ندارد.

Corroded Case Components WE, WF, CW

اگر این گزینه انتخاب نشود، زمانی که محاسبات در حالت خورده شده انجام می شود، وزن خورده نشده را روی مقطع خورده شده فرض می کند که حالتی غیر واقعی است. با انتخاب این گزینه، وزن خورده شده روی مقطع خورده نشده قرار می دهد.

Installation / Misc. Options

در اینجا می توان تعیین کرد اجزاء جنبی مخزن شاملInsulation, Tray, Packing, Platform و Lining در Shop یا در Field نصب می شوند و نتیجه این گزینه ها در وزنها و ممانهای وارد به مخزن تاثیر می گذارند و این تاثیر بخصوص در زمان تست واضح تر است، چون تست معمولا" در کارگاه انجام می شود و اینکه چه اجزائی از مخزن در کارگاه نصب می شوند در وزن آن هنگام تست اثر می گذارد.

Nozzle Design Pressure Options

نحوه محاسبه فشار طراحی نازل را معین می کند.

* معمولا" در Spec ها مطرح می شود که MAWP مخزن محدود به اجزائی نظیر فلنج ، نازل ، ورق تقویتی و ..... نباشد، بنابراین بهتر است این اجزاء به جای Design Pressure با MAWP مخزن طراحی شوند. برای این کار معمولا بهتر است که گزینه MAWP + Static Head انتخاب شود.

Consider MAPnc

برای بررسی کافی بودن تقویتی نازل در شرایط مربوط به MAPnc است.

Consider Ext. Loads for Nozzle T_r

با در نظرگرفتن این گزینه، ضخامت بر اساس حداکثر نسبت تنش تعیین می شود که اگر از ضخامت بدست آمده طبق فشار داخلی و خارجی بیشتر باشد، از آن برای محاسبه سطح مورد نیاز نازل استفاده می شود.

Consider Code Case 2168 (Div.1)

یک روش جهت محاسبه تقویتی نازلهای شعاعی متصل به پوسته استوانه ای.

Design Pads to Reinforce Openings

محاسبه قطر و ضخامت تقویتی نازل به نرم افزار واگذار می شود.

SEISMIC DATA

Seismic Design Code:

جهت تعیین کد طراحی بار زلزله. موارد ذیل بر اساس کدUBC 1997 می باشد.
در صورتیکه نیاز به مدل کردن زلزله نباشد، گزینه No Seismic Loads انتخاب می شود.

Seismic for Hydrotest (%):

درصدی از نیروی افقی بار زلزله که احتمال می رود در زمان تست مخزن اتفاق بیفتد.

Importance Factor:

ضریب اهمیت که از جدول 16-K کد UBC 1997 استخراج می شود. $1 \le I \le 1.25$
در مواردی خاص که مخزن خاصی دارای محتویاتی فوق العاده خطرناک است یا نقشی کلیدی در Plant دارد، از ضریب 1.25 استفاده می شود.

Seismic Coefficient "Ca ,Cv " :

ضرایب زلزله که تابعی از محل زلزله (Zone) و شرایط خاک منطقه هستند.

Near Source Factor "Nv " :

معیاری است از فاصله محل نصب مخزن تا نزدیکترین گسلها. معمولا" سعی می شود Plant فاصله ای بیش از 15km تا گسلهای مجاور داشته باشد که به این ترتیب $N_v = 1.0$

Force factor R or Rp :

ضریب نیروی زلزله بر اساس جدول 16-P از UBC 1997.

2.2	برای مخازن Leg –Support
2.9	برای سایر مخازن

Apply Allow. Per 1612.3.2 :

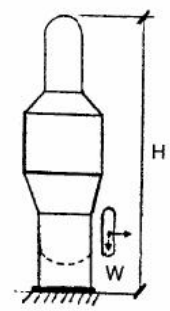
بر اساس پاراگراف 1612.3.1 ازUBC 1997، هیچ گونه افزایش در تنش مجاز پذیرفته نیست اما با انتخاب این گزینه (بر اساس پاراگراف 1612.3.2)، ضریب 1.33 برای تنش مجاز Skirt و ضریب 1.2 برای سایر المانها منظور می شود.
اگر این گزینه انتخاب شود، بر گزینه Use Higher Long. Stress ارجحیت دارد.

برای مخازن خیلی بلند غیر از نیروهایی که به طور معمول برای بار زلزله محاسبه می شوند ، یک نیروی شلاقی نیز در بالای مخزن ایجاد می شود:

$T < 0.7$ Sec $\longrightarrow F_t = 0$
$T > 0.7$ Sec $\longrightarrow F_t = \text{Min.}(0.07\,TV\,,\,0.25V)$

F_t = Lateral Force applied at top of Structure (lb)
T = Period of Vibration (sec.)
V = Base Shear (lb)

به عنوان مثال برای مخازنی که دارای مقاطع با قطر متغیر هستند و روی Skirt قرار می گیرند:



$$T = \left(\frac{H}{100}\right)^2 \sqrt{\frac{\sum w \Delta \alpha + \sum W \beta / H}{\sum E \left(\frac{D}{10}\right)^3 t \Delta \gamma}}$$

F_t نیز نیروی شلاقی است که در بالای مخزن ایجاد شده وممان خیلی زیادی در پایین مخزن ایجاد می کند. نیروی Shear ناشی از زلزله در هر قسمت از مخزن برابر است با:

$$F_h = (V - F_t).\frac{w_x h_x}{\Sigma w_i h_i} / 1.4$$

در رابطه فوق W_x وزن قسمت مورد نظر از مخزن است. H_x فاصله مرکز قسمت مورد نظر تا پایه مخزن است. ضمنا" باید دقت کرد W_x جمع تمامی وزنهای هر بخش است شامل وزن دیواره مخزن، نازلهای متصل شده، مایع درون مخزن و.....

WIND DATA

Wind Design Code:

جهت تعیین کد طراحی بار باد،موارد ذیل بر اساس کد UBC می باشد. در صورتیکه نیاز به مدل کردن باد نباشد، گزینه No Wind Loads انتخاب میشود.

Wind for hydrotest (%):

تعیین درصدی از بار باد که احتمال می رود در زمان تست مخزن اتفاق بیفتد.

Base Elevation:

ارتفاع محل قرارگیری کف مخزن است که اثر مستقیم بر روی فشار باد دارد.

Exposure Constant:

معیاری است از اینکه جسم چقدر در معرض وزش باد است که معمولا برای نواحی باز و بدون موانع فیزیکی مانند سایتهای پتروشیمی، Exposure C در نظر گرفته می شود.

Importance Factor:

ضریب اهمیت که از جدول 23-L کد UBC استفاده می شود. $1 \le I \le 1.15$

Beta:Operating/Empty/Full:

ضریب میرایی استراکچر. مقدار پیش فرض 0.01 است.

Wind Deflection

این مسئله بیشتر در برجهای فرآیندی و روی کارکرد Tray ها اثر می گذارد و در مورد Vessel ها اهمیت چندانی ندارد. محدوده آن معمولا" به صورت زیر تعیین می شود:

Max. Allowable Deflection = ℓ/200, 6in./100ft

در PVElite ، این حد مجاز را می توان در مسیر ذیل تنظیم کرد:

Tools ⟶ Configuration ⟶ Allowable Tower Deflection

LINING

این عمل جهت در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و همچنین خوردگی در محیطهای خورنده انجام می گیرد به این صورت که روی سطح داخلی ورقی از جنس فولاد کربنی لایه ای از مواد مقاوم در مقابل خوردگی و حرارت قرار می دهند و فقط در محاسبات وزن مخزن اثر می کند (ASME Sec.VIII, Div.I, Part UCL). ایجاد این لایه به سه روش انجام می گیرد:

الف- Clad

ورق مورد نظر از ابتدا در کارخانه سازنده (معمولا" با روش انفجاری) با لایه ای از .S.S یا Ti پوشانده می شود.

ب- Lining

ورقهایی با حداکثر ابعاد 15^{cm} x 15^{cm} از جنس .S.S روی دیواره جوش می دهند. برای پیشگیری از طبله کردن ورق حین جوشکاری، روی آنها سوراخهایی تعبیه شده تا هوای محبوس شده بین دیواره مخزن و ورق خارج شود و پس از جوشکاری این سوراخها را با الکترود پر می کنند.

ج- Weld Metal Overlay

در فلنجها و قطعاتی که نمی توان از روش Clad یا Lining در مورد آنها استفاده کرد، با الکترود .S.S روی سطوح مورد نظر لایه ای تشکیل می دهند.

Distance From "From" Node

فاصله محل شروع Lining از Node ابتدای المان است.

Height/Length of Lining

ارتفاع یا طولی از ورق است که تحت Lining قرار گرفته است.

Thickness/Density of Lining

چگالی و ضخامت Lining می باشد.

Full

چنانچه مد نظر باشد تمامی المان فعال Lining شود، می توان گزینه های Distance و Height/Length را رها کرد و با استفاده از این دکمه تمامی سطح المان را Lining کرد.

PACKING

برای مدل کردن Demister و Demister می توان از این ماژول استفاده نمود. گزینه های آن به شرح زیر هستند :

Distance From "From" Node

فاصله محل شروع Lining از Node ابتدای المان است.

Height/Density of Packed Section

ارتفاع Packing (به عبارتی ضخامت) و چگالی آن است.

Full

چنانچه تمام المان فعال با Packing پر شده باشد، نیازی به وارد کردن مقادیر دو گزینه فوق الذکر نیست.

Percent Volume Hold up %

درصدی از مایع که توسط Packing حبس می شود.

Liquid Specific Gravity

وزن مخصوص مایع محبوس در Packing است.

Add New Packing

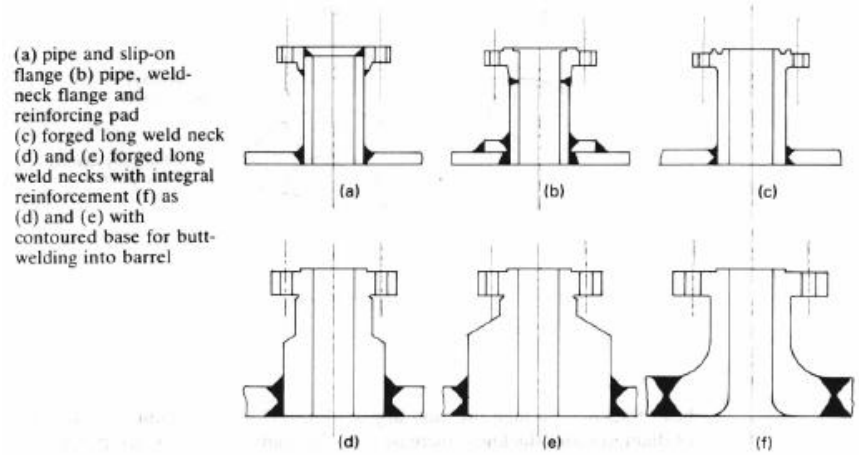
چنانچه در یک المان بخواهیم چند نوع Packing متفاوت مدل نماییم از آن استفاده می شود.

NOZZLE

انواع نازلها در این قسمت عبارتند از:

1. Insert Nozzle with Reinforcement Pad
2. Insert Nozzle without Reinforcement Pad
3. Abutting Nozzle without Reinforcement Pad
4. Abutting Nozzle with Reinforcement Pad
5. Integrally Reinforced Type
6. Hub Type Self-Reinforcing

* در مخازن پر فشار یا در شرایط بارگذاری Cyclic می توان از نازلهای Self-Reinforced استفاده کرد (موارد 5 و 6) یا چنانچه نیاز به استفاده از Studded Outlet یا Heavy Barrel باشد از دکمه FVC Catalogue استفاده می شود.



Just Like

زمانی که دو یا چند نازل مشابه در مخزن وجود دارد، پس از مدل کردن اولی می توان با استفاده از این دکمه و فقط با تغییر نام و محل قرارگیری، آنها را نیز مدل کرد.

Is this Nozzle Connected to Another Nozzle?

چنانچه در نازل Branch داشته باشیم ، از این گزینه استفاده می کنیم . ابتدا نازل اصلی مدل می شود و سپس نازل فرعی. پس از اتمام اطلاعات نازل فرعی، پس از انتخاب این گزینه از گزینه Parent Nozzle نام نازل اصلی را انتخاب می کنیم.

* در ASME نازلهای کوچک از محاسبات Reinforcement Area معاف هستند. چنانچه طراح بخواهد چنین معافیتی برای نازلهای کوچک نباشد، باید گزینه زیر را فعال کند.

Tools ⟶ Configuration ⟶ Compute and Print Areas for Small Nozzles

Distance From “From Node” / Elev.

در حالتی که نازل روی Shell قرار دارد، فاصله از ابتدای Node است و چنانچه روی عدسی قرار دارد، فاصله از مرکز عدسی است. (در صورتیکه بخواهیم با خط Datumn کار کنیم، از .Elev استفاده می کنیم)

Layout Angle

زاویه Orientation نازل روی Shell/Head است.

Hillside Offset Dimension L or Angle between Shell & Nozzle

گزینه هایی هستند که به کمک آنها می توان انواع افست نسبت به خط مرکز Shell/Head را تعیین کرد.

Hillside Nozzle Direction

به نمایش درست نازل مدل شده توسط دو گزینه فوق کمک می کند.

Diameter/Thk. Basis

D < 14" : Thickness Basis = Minimum ⟶ Diam. Basis = ID or OD
D ≥ 14" : Thickness Basis = Actual ⟶ Diam. Basis = OD

Actual Thk.

چنانچه از Thk. Basis گزینه Actual انتخاب شده باشد، در این گزینه مقدار ضخامت واقعی نازل را باید وارد کرد و در قسمت .Nozzle Sch گزینه None انتخاب می شود.

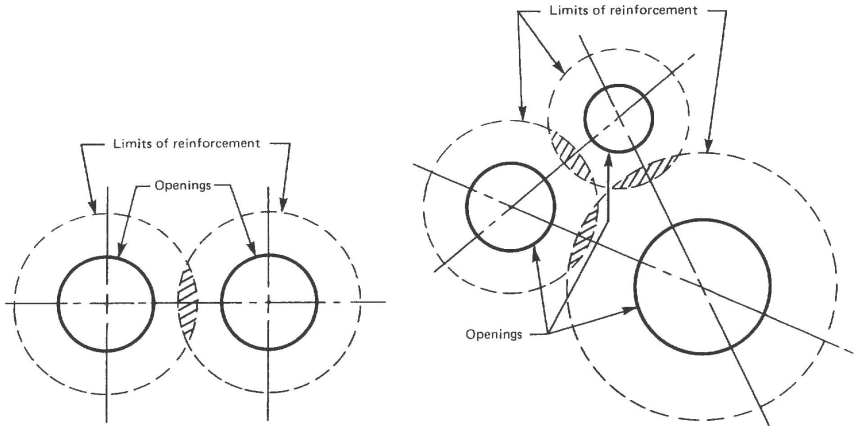
Proj. Outside/Inside

Projection نازل از سطح خارجی و داخلی مخزن را تعیین می کند.

Limits Diameter/Thk.

Limits Diameter زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که نیاز به تعیین محدوده تقویت اطراف یک نازل به انتخاب کاربر باشد (جهت برطرف کردن برخورد نازلهای مجاور) در این شرایط با کوچک شدن محدوده Reinforcement ، آن قسمتی از تقویت و مساحتها که بیرون ناحیه تعیین شده واقع می شوند، وارد محاسبات نمی شوند. به این وسیله می توان از 2 بار حساب کردن ناحیه مشترک A_1 بین دو نازل مجاور جلوگیری کرد. (UG-42)

Limits Thickness نیز وظیفه مشابه آنچه در بالا گفته شد برعهده دارد. به عنوان مثال محدوده ضخامت در نظر گرفته شده در محاسبات Reinforcement را در نازلهای Studded Outlet یا Couplings طبق نیاز کاربر تعیین می کند.



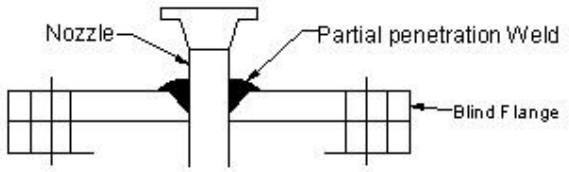
(a) Two Openings Spaced at Less Than Two Times Their Average Diameter

(b) More Than Two Openings Spaced at Less Than Two Times Their Average Diameter

Overriding Weight

با فشردن کلید روبروی این بخش، وزن نازل بطور خودکار محاسبه می شود. با این حال کاربر نیز می تواند وزن مورد نظر را خود بطور دستی وارد کند.

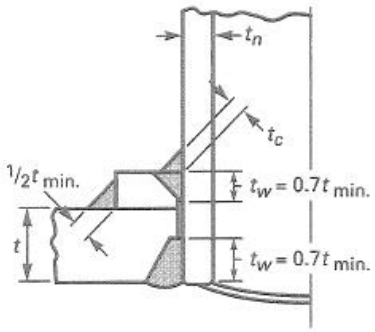
Groove Weld Depth



برای تعیین عمق جوش Groove مربوط به Pad و هم برای تعیین عمق جوش Groove بین نازل و پوسته است. چنانچه مدنظر باشد این جوش از نوع نفوذ کامل باشد (که عموما" همینطور است) عمق این جوش به اندازه ضخامت Pad یا Shell (بسته به محل کاربرد این گزینه) است. در مواقعی که ضخامت Shell یا Pad نسبت به دیواره نازل خیلی بالاست و احتمال صدمه دیدن بدنه نازل برای جوشکاری با نفوذ کامل وجود دارد، برای این گزینه طبق محدودیتهای کد و نظر طراح ضخامتی کمتر از ضخامت Pad یا Shell در نظر می گیرند. مثلا زمانی که نازل کوچکی را از میان نازل بزرگتر و Blind آن عبور دهیم و بدنه نازل کوچک باید به Blind جوش شود.

Weld Leg at Pad OD

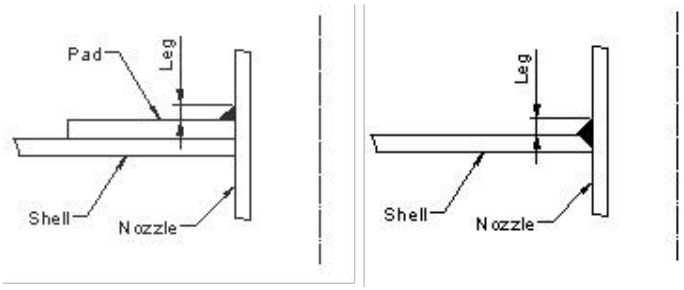
ساق جوش Fillet که جهت اتصال لبه بیرونی Pad به Shell می باشد.



Min Weld Leg Size = 0.7 t_{min} (UW-16)

Outside Fillet Weld Leg

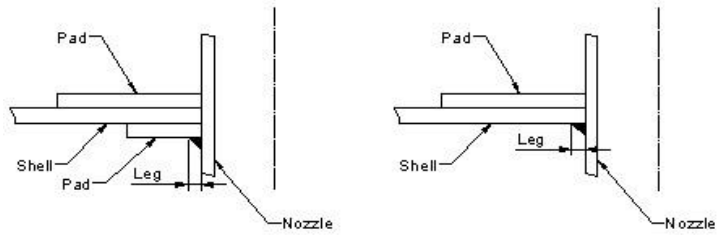
ساق جوش Fillet که بین نازل و Shell و یا نازل و Pad در قسمت Outside Projection قرار دارد.



Min Leg = 1.4 t_c (UW-16)

Inside Fillet Weld Leg

ساق جوش Fillet که بین نازل و Shell و یا نازل و Pad در قسمت Inside Projection قرار دارد.



Min Leg = 1.4 t_c (UW-16)

در حالتی که .Inside Proj داریم، بدلیل وجود خوردگی باید ساق جوش را بزرگتر در نظر بگیریم.

Weld Type

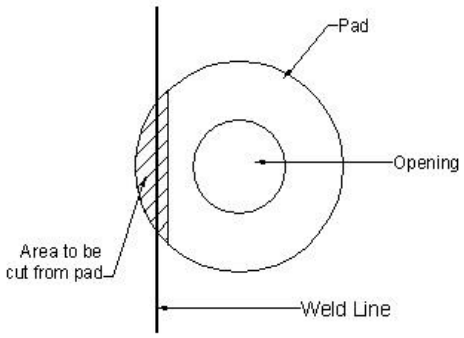
چنانچه برای این گزینه None انتخاب شود، محاسبات مقاومت جوش برای تمامی انواع جوش در Fig.UW16.1 انجام می گیرد. اما چنانچه نوع جوش از مواردی باشد که در UW-16 از این محاسبات معاف شده اند، می توان با تعیین نوع جوش از انجام محاسبات بیشتر جلوگیری نمود.

Neglect Areas

از ارزش سطوح تقویتی A_1 ، A_2 یا هر دو صرفنظر می شود.

Tapped Hole Area Loss

چنانچه به هر علتی بخشی از سطح تقویتی حذف شود، مقدار آنرا محاسبه و در این گزینه وارد می کنیم تا به این صورت مشخص شود که آیا تحت این شرایط سطح تقویتی کافی است یا نه؟

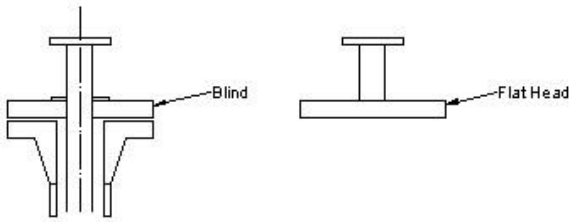


Local Shell Thickness

در صورتی که در محل اتصال نازل از Insert Plate استفاده شود، ضخامت آن در این گزینه تعیین می شود.

User Tr

چنانچه t_r غیر از آنچه برنامه محاسبه می کند مدنظر کاربر باشد، در این گزینه وارد می شود. به عنوان مثال جهت مدل کردن نازل روی Blind ، آنرا روی Flat Head مدل می کنند و در این گزینه به جای $t_{r\ Flat\ head}$ مقدار $t_{r\ Blind\ Flange}$ وارد می شود.



$$t_r\Big|_{\text{Flat head}} \neq t_r\Big|_{\text{Blind Flange}}$$

Blind Attached

چنانچه روی نازل مدنظر Blind Flange نصب شود این گزینه را تیک می زنیم.

Manway/Acc Opening

چنانچه نازل مدنظر ازنوع Manhole یا Handhole باشد، با انتخاب این گزینه، محاسبات UG-45 انجام نمی شود. در نتیجه بهتر است که از این گزینه استفاده نشود.

* چنانچه تقویت نازل تحت فشار داخلی کافی نباشد، می توان اقدامات زیر را انجام داد:

1- Sch. نازل افزایش یابد (در صورتیکه UG-45 ارضا شود، اقتصادی نیست)

2- استفاده از Internal Projection در صورتیکه مجاز باشد. به عنوان مثال در مورد Vent و Drain نباید از این راه استفاده شود.

3- چک کردن سایز جوشها
4- استفاده از تقویتی

* چنانچه تقویت نازل تحت فشار خارجی کفایت نکند، علاوه بر موارد فوق می توان (در صورتی که مجاز است) رینگ تقویتی را به نازل نزدیک کرد

محاسبات WRC برای نازلها

نازلهای Hillside را نمی توان به روش WRC تحلیل کرد و باید به روش المان محدود مدل شوند. برای اینکار از نرم افزاهایی مانند .Nozzle Pro یا ANSYS استفاده می شود.
مبنای انتخاب مواد در WRC براساس ASME Sec.VIII Div.II است بنابراین چنانچه مواد از Div.I انتخاب شوند در واقع ضریب اطمینان بالاتر می رود. در ماژول WRC 107 نیز در جدول بانک اطلاعاتی مواد گزینه ای برای تعیین کد مورد نظر برای انتخاب مواد وجود دارد. گزینه های ماژولWRC 107 عبارتند از:

Import Nozzle Data

می توان با کمک این دکمه نازلی را که در PVElite مدل شده است، با همان اطلاعات و هندسه وارد کرد.

Analysis Type

نوع آنالیز است که می توان WRC و یا FEA (به کمک نرم افزارهای المان محدود) انتخاب نمود.

Attachment Type

نحوه اتصال به بدنه است چنانچه غیر دایروی باشد ضرایب مربوطه را باید از جداول و شکلهای R. Moss موجود است.

Vessel Type

چنانچه محل اتصال نازل یک پوسته استوانه ای باشد، گزینه Cylinder و چنانچه نازل به عدسی متصل شده باشد، گزینه Spherical انتخاب می شود.

Diameter of Vessel

در صورتی که در گزینه بالا Cylinder انتخاب شود، قطر مخزن در این گزینه وارد می شود ودر صورتی که Spherical انتخاب شده باشد، قطر انحناء Crown را وارد می نمائیم.

Loads Tab

مشخصات بارگذاری ها وارد می شوند.

Input Loads in WRC 107 Convention

با انتخاب این گزینه نرم افزار اطلاعات مربوط به بارگذاری را با روش قدیمی WRC 107 دریافت می کند. با انتخاب این عملیات Stress Summation و .S.I انجام نمی شود.

Input Loads in Global Convention

با انتخاب این گزینه ، بارگذاری ها در سیستم مختصات سراسری دریافت می شود و .S.I , Stress Summation نیز انجام خواهد گرفت . در کادری که باز می شود بردار راستای مخزن و نازل دریافت می گردد. در PVElite در بخش WRC 107 نباید پوسته و نازل با هم موازی باشند. ضمنا" خط المرکزین مخزن و نازل باید به یکدیگر عمود باشند. چنانچه چنین حالتی برقرار نباشد، مثل زمانی که نازل روی عدسی قرار می گیرد، باید راستای مخزن را تغییر دهیم.

Input (SUS)/(EXP)/(OCC) Loadings

نیروها و ممانهای وارد در هریک از جهات Z, Y, X که از نوع Sustained (مانند بارهای تکیه گاهی) یا Expansion (بارهای ناشی از انبساط) یا Occasional (مانند بارهای باد و زلزله) هستند توسط نرم افزار دریافت می شود.

Additional Input Data

موارد ذیل در این قسمت وجود دارند:

WRC 107 Version

ویرایش مورد استفاده WRC را تعیین می کند که معمولا" March 1979 مورد استفاده قرار می گیرد.

Would you Like to Have Interactive Control?

در صورتی که علامت خورده باشد، هر زمان که پارامترهای ویژه منحنی از حدود مجاز فراتر روند و نرم افزار نیاز به برون یابی داشته باشد، از کاربر اجازه می گیرد. این گزینه معمولا" مورد استفاده قرار نمی گیرد، به این دلیل که نرم افزار در پاسخها هر جا که برون یابی انجام داده باشد با علامت (!) مشخص می کند.

* سایر گزینه ها نیز برای تنظیم آنالیز خستگی به کار می روند.

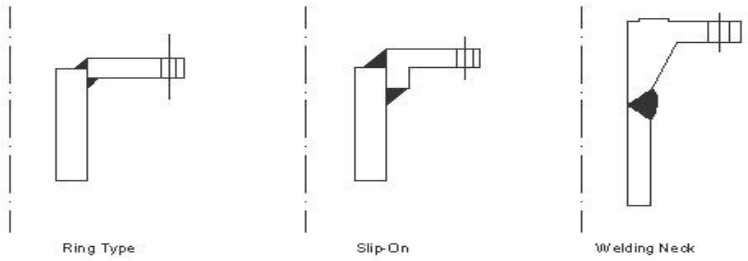
Body Flange

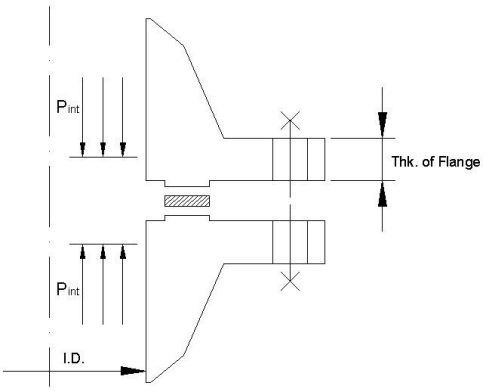
جهت انجام بازرسی و سرویس مخازن، دریچه هایی با نام Manhole یا Handhole (به طور کلیAccess Openings) تعبیه می شود. معمولا" سایز آنها بصورت زیر است :

Manhole: 16" < D < 24"
Handhole: 8" < D < 10"

چنانچه نیاز به نصب قطعه Internal با ابعاد بزرگ باشد (مانند Demister) و ابعاد مخزن اجازه استفاده از Manhole را ندهد، از Body Flange استفاده می شود.

Body Flange نیز مانند فلنجهای عادی انواع مختلفی دارد، اعم از: W.N.، Slip On و Ring Type





جهت آب بندی فلنج نیاز به استفاده از Gasket است که با توجه به شرایط فشار و دما، نوع و جنس آن معین می شود. محاسبات مربوط به فلنج طبق ASME Sec.VIII Div.I App.2 انجام می گیرند.

نیروهایی که Bolt ها باید تحمل کنند عبارتند از :

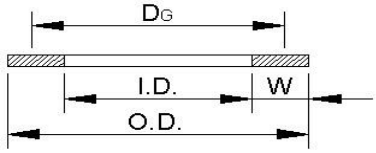
1- نیروی ناشی از فشار داخلی که تمایل به جدا کردن دو فلنج از هم دارد.
2- نیروی لازم برای آب بند شدن Gasket

Gasket: Material ⟶ m (ضریب ارتجاعی) و y (تنش آب بندی)

m و y از اطلاعات جدول 2.5.1 از App.2 استخراج می شود.

نیروی وارد شده به Bolt ها ناشی از فشار داخلی: $F_{int} = \frac{\pi}{4} D^2 P_{int}$

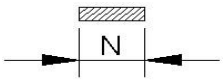
نیروی وارد شده ناشی از Gasket Seating: $F_{gasket\ seating} = \pi D_G W y$



D : قطر داخلی فلنج

D_G : محل نیروی عکس العمل Gasket

b_0 از اطلاعات جدول 2.5.2 از App.2 استخراج می شود.

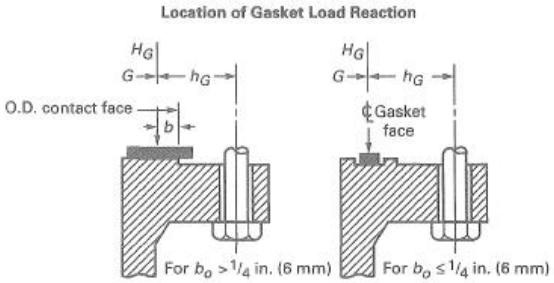


$b_0 = f(N) = N/2$ or N

b_0 = Basic Gasket Seating Width

b =Effective Gasket Seating Width

$$\begin{cases} b_0 \le \frac{1}{4} in. \Rightarrow b = b_0 \\ b_0 > \frac{1}{4} in. \Rightarrow b = \frac{\sqrt{b_0}}{2} \end{cases}$$



$$\begin{cases} b < 0.25\ in. \longrightarrow D_G = \text{Mean Dia. of Gasket} \\ b > 0.25\ in. \longrightarrow D_G = \text{Gasket OD} - 2b \end{cases}$$

نیروی فشاری کل سطح تماس اتصال

$F_{Gasket} = 2 \pi m D_G W P_{int}$

$A_{req} \Big|_{Bolt} = \frac{F_{Bolt}}{S_{all} \Big|_{Bolt}}$

$F_{Bolt} = \text{Max}\ (F_{Gasket\ Seating}, F_{int} + F_{Gasket})$, $A_{req} \Big|_{Bolt} = Max\left(\frac{F_{Gasket.seating}}{S_a}, \frac{F_{int} + F_{Gasket}}{S_b} \right)$

S_a : تنش مجاز Bolt در دمای محیط ، S_b : تنش مجاز Bolt در دمای کاری

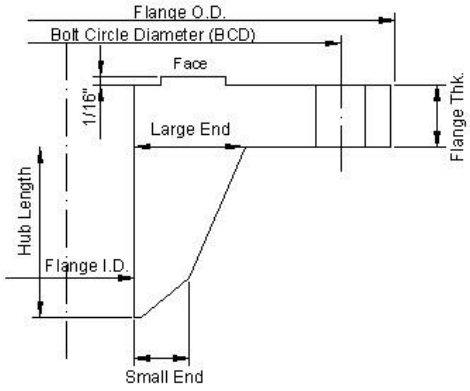
$A_{req\ Bolt} \Big|_{total} = n_{Bolt} \times A_{each\ Bolt}$

$F_{Bolt} = n_{Bolt} \times S_{all} \times A_{each\ Bolt}$

حداکثر نیروی مجاز برای Bolt ها:

n تعداد Bolt های مورد استفاده است که جهت قرار گرفتن آنها به صورت Straddle در دو طرف محورهای اصلی فلنج (افقی و عمودی) این عدد باید ضریبی از 4 باشد.

بعد از تعیین نیروی Bolt و سایز آنها، برای تعیین ضخامت فلنج فقط از همین نیرو استفاده می شود و سایز نیروهایی که تا این مرحله با آنها سروکار داشتیم نقشی مستقیم در تعیین ضخامت فلنج ندارند. برای طراحی بهینه باید سطح پیچ و ابعاد آن را طوری انتخاب کرد که حتی المقدور سطح مورد نیاز و سطح انتخاب شده نزدیک به هم باشند زیرا در غیر اینصورت ضخامت فلنج را بی دلیل افزایش می دهیم.



$A_{req} \approx A_{available} \longrightarrow$ Optimum Thk. of Flange

شکل روبرو نمایی شماتیک از یک فلنج را همراه با اسامی بخشهای مهم آن نشان می دهد:

Overall Flange Length

مجموع طول Hub و ضخامت فلنج است. باید دقت کرد با تغییرات ضخامت و طول Hub ، در پنجره Flange dialog ، این طول را باید به طور دستی تصحیح کرد.

Finished Thickness

ضخامت فلنج (طبق شکل)

ANSI B16.5/B16.47 Grade, ANSI B16.5/B16.47 Class, Flange Weight

چنانچه نیاز به انجام محاسبات ضخامت و سایر محاسبات فلنج نباشد، وزن محاسبه شده توسط کاربر و Grade و Class مورد نظر وی در گزینه های مربوطه تعیین می شوند.

Flange/Face/Gasket ID/OD

قطر داخلی و خارجی فلنج و سطح و گسکت آن

Hub Thk. Large/Small

ضخامت Hub در قسمت ضخیم و نازکتر (مطابق شکل)

Hub Length

طول Hub (مطابق شکل)

Nominal Bolt Diameter

قطر اسمی پیچها (چنانچه سری رزوه UNC باشد قطر اسمی اینچی و چنانچه TEMA باشد، میلیمتری خواهد بود)

Sketch/Column

بر اساس جدول 2.5.2 از App.2 معین می شود.

Nubbin or RTJ Width

چنانچه Sketch انتخاب شده از نوع "1c" ,"1d", "2" یا "6" طبق جدول 2.5.2 از App. 2 باشد، عرض Nubbin در این گزینه تعیین می شود.

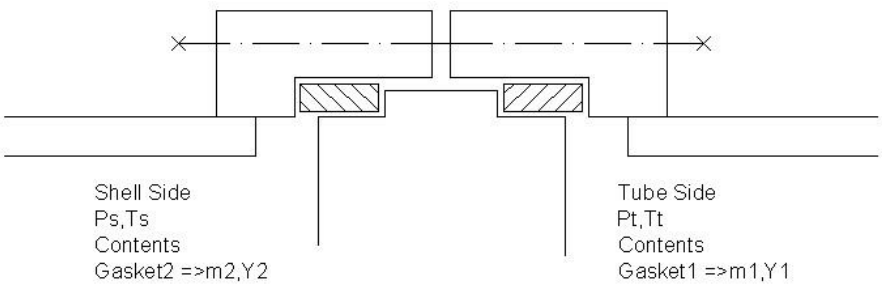
Base Required Thickness on Rigidity

فلنجهایی که تنها براساس محدوده های تنش مجاز طراحی می شوند، ممکن است به اندازه کافی برای جلوگیری از نشتی صلب نباشند. با انتخاب این گزینه ضخامت از این نظر نیز چک می شود.

ANSI Dimension Lookup

برای استفاده از فلنج استاندارد (طبق ANSI). با تعیین Class و قطر اسمی به کمک دکمه "ANSI Dim Lookup" تمامی ابعاد و اندازه ها توسط نرم افزار تعیین می شوند و فقط مشخصات Gasket و Sketch بر عهده کاربر خواهد بود.

* گزینه های مربوط به Mating Flange زمانی مورد استفاده قرار می گیرند که دو فلنج تحت شرایط متفاوت فشاری و دمایی کار می کنند یا محتویات و یا جنس Gasket آنها متفاوت است مانند آنچه در Shell Side/Tube Side مبدلها اتفاق می افتد.



در این شرایط چون پارامترهای طراحی برای دو فلنج متفاوت خواهند بود، ضخامتها و یا تعداد و ابعاد Bolt متفاوتی برای آنها محاسبه خواهد شد. برای اینکه تعداد و ابعاد Bolt برای دو فلنج یکسان باشد باید نیروهای Design, Seating, Operating آن فلنج را روی فلنج دیگر نیز وارد کرد. این امر در گزینه های Mat. Flange Load… انجام پذیر است. مقادیر این نیروها را باید از پاسخهای PVElite استخراج نمود.

Axial Force/Bending Moment

نیروی محوری / ممان خمشی خارجی که روی Flange عمل می کند.

Partition Gasket Properties

مشخصات مربوط به Partition Gasket مانند ضرایب m و y وارد می شود.

* در صورتی که فلنج از نوع Blind انتخاب شود، چند گزینه به گزینه های فوق الذکر اضافه می شود که عبارتند از :

Diameter Long /Short Span

در صورتی که فلنج بیضوی باشد، اقطار بزرگ و کوچک آن در گزینه مربوطه تعیین می شوند.در صورتی که دایروی باشد این دو عدد مساوی خواهند بود.

Allowed Cover Deflection

چنانچه فلنج از نوع TEMA Cover باشد، با تعیین قطر نامی بدنه حداکثر Deflection مجاز تعیین می گردد.

Perimeter along B.C.D.

محیط خط گذرنده از مرکز Boltها که در حالت دایروی برابر است با $\pi \times B.C.D$

نکات

* درکد محدودیتی در مورد حداقل عرض Gasket تعیین نشده ولی در کتاب "Process Equipment Design" تالیف " Brownell & Young" محاسباتی انجام شده و در PVElite نیز برهمین اساس حداقل عرض تعیین می شود.
* چنانچه در بین نیروهایی که به عنوان معیار طراحی Bolting و ضخامت فلنج مورد استفاده قرار می گیرند، $F_{Gasket\ seating}$ غالب باشد، بین فشار طراحی و MAWP فاصله زیادی ایجاد می شود، به این علت که ضخامت فلنج براساس نیروی Gasket Seating تعیین می شود و تا زمانی که $F_{int} + F_{Gasket}$ به مقدار $F_{Gasket\ seating}$ نرسد، فلنج مقاومت می کند.
* بر اساس UCS-66(a)(3) ضخامتی که در تعیین MDMT در منحنی های UCS-66 و UCS-66.1 بکار میرود t/4 خواهد بود.

پاسخهای PVElite در قسمت Flange Calculations

طبق ASME رابطه یا جدول خاصی برای فواصل Bolt ها ارائه نشده است.
اما در TEMA در جداول D-5M و D-5 اطلاعاتی در این زمینه ارائه شده است. در پاسخهای PVElite این اطلاعات در جدولی در قسمت Bolting Information for UNC (or TEMA) Thread Series ارائه می گردد.

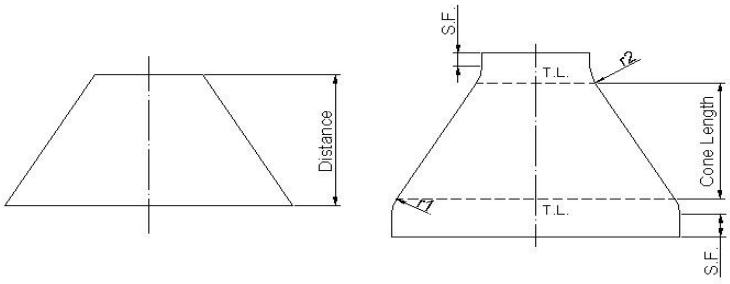
CONE

"To" End Inside Diameter

قطر داخلی مقطع بالایی مخروط را دریافت می کند.

Cone Length

در مورد مقطع Conical، با طول Distance یکی است، اما در مقطع Toriconical فاصله بین دو خط مماس (T.L.) را دریافت می کند.



Half Apex. Angle

زاویه نصف راس مخروط : توسط نرم افزار محاسبه می شود.

Line of Support Options

با انتخاب این گزینه، نرم افزار می تواند در محاسبات فشار خارجی مقطع مخروطی را Line of Support فرض کند.

Toriconical

چنانچه این گزینه علامت بخورد، مقطع Toriconical مدل خواهدشد و نرم افزار مقادیر شعاع و ضخامت Knuckle در دو سر مخروط را از کاربر دریافت می کند.

Concentric

چنانچه علامت بخورد، مخروطی مستدیر مدل می گردد که دوایر مقاطع بالا و پائین آن هم مرکز هستند. در صورتی که نیاز باشد مخروط مایل مدل گردد (مانند مبدلهای حرارتی "Kettle Type") این گزینه نباید تیک بخورد.

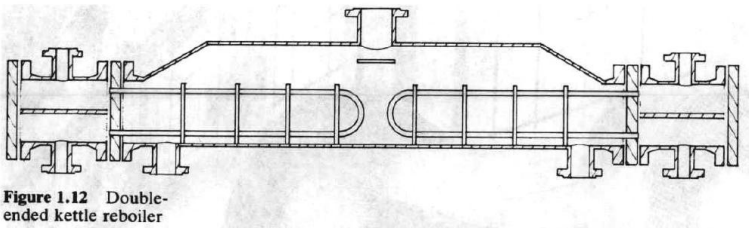


Figure 1.12 Double-ended kettle reboiler

Shell Section

اگر از المان مخروطی بعنوان هد در مخزن استفاده نشود و بخشی از Shell باشد، این گزینه انتخاب می شود.

STIFFENING RING

Cone to Shell Junction Ring?

در صورتی که برای تقویت لبه های مقطع مخروطی نیاز به رینگ تقویتی باشد، چنانچه این گزینه علامت بخورد، نرم افزار فاصله مجاز تقویتی از لبه مخروط را به طور خودکار محاسبه و در آنجا اعلام می کند.

توجه: یکی از شرایطی که نرم افزار اجازه نمی دهد گزینه فوق الذکر انتخاب شود و مقطع مخروطی را Line of Support می گیرد، این است که ضخامت مخروط بیشتر از پوسته استوانه ای مجاورش باشد.

* چنانچه در نرم افزار، ضخامت مخزن خیلی کم داده شده باشد و گزینه مربوط به انتخاب خودکار رینگ تقویتی (در قسمت Design Constraints) علامت خورده باشد، نرم افزار تحت شرایطی خاص پیغام خطا می دهد و رینگی اضافه نمی کند. چون فاصله رینگها آنقدر کم می شود که به هم می چسبند.

* در قسمت Results for Max. Stiffened Length (SLEN) در ستون SLEN حداکثر طول ساپورت نشده را مشخص کرده که در صورت نیاز به استفاده از رینگ تقویتی، فاصله بین آنها نباید از مقدار SLEN بیشتر باشد. برای محاسبه تعداد رینگها فاصله $TTL + 1/3H_{head1} + 1/3H_{head2}$ را بر SLEN تقسیم می کنیم.

Ring Attachment Parameters

در این قسمت می توان نوع و اندازه جوش رینگ تقویتی را تعیین کرد. طبق کد شرایط زیر باید برقرار باشد (به شکل فصل چهارم رجوع شود):

UG-30:

t: ضخامت بدنه در محل اتصال رینگ

$S \leq 8t$ ⟵ External Rings

$S \leq 12t$ ⟵ Internal Rings

حداقل سایز جوش Fillet برابر است با:

(1) ¼ in. (6 mm);
(2) vessel thickness at the weld location;
(3) stiffener thickness at weld location.

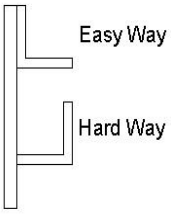
شرایط ذیل برای طول کلی جوش رینگ تقویتی عبارتست از:

(1) not less than one-half the outside circumference of the vessel for rings on the outside; and
(2) not less than one-third the circumference of the vessel for rings on the inside.

* در PVElite می توان مجموعه عملیات طراحی رینگ را به طور اتوماتیک انجام داد.

Design Constraints
Design Modification
Select Wall Thickness for Internal Pressure
Select Wall Thickness for External Pressure
Select Stiffening Rings for External Pressure
Select Wall Thickness for Axial Stress

چنانچه گزینه سوم انتخاب شود در پنجره Equipment Installation and Miscellaneous Options و در قسمت Stiffener Type to Meet Inertia Requirements می توان نوع پروفیل مورد نظر را برای ساخت رینگ تقویتی تعیین کرد. چنانچه پروفیلی غیر از نوع Bar انتخاب شود در گزینه:



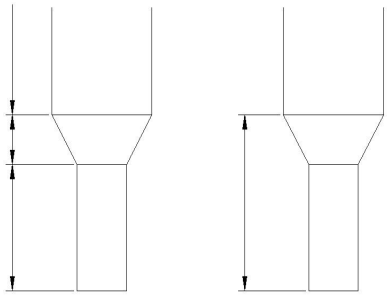
از کاربر سوال می کند که آیا پروفیل در حالت Hard Way نورد می شود یا Easy Way ؟

لازم به ذکر است که یک پروفیل در حالت Hard Way ممان اینرسی بیشتری نسبت به حالت Easy Way دارد.

* چنانچه پروفیل Bar انتخاب شود می توان ضخامت آن را وارد کرد. باید توجه داشت که به دلیل اینچی بودن جداول پروفیلهای PVElite، ضخامت وارد شده توسط کاربر در زمان محاسبات به

اولین پروفیل استاندارد اینچی بزرگتر تبدیل خواهد شد.

* گزینه دیگر Select from Standard Bar Ring List نیز در صورتی که انتخاب شود به نرم افزار اجازه می دهد به صورت سعی و خطا اولین پروفیل استانداردی که شرایط مورد نظر کد را برآورده کند، از بانک اطلاعاتی خود انتخاب کند. لازم به توضیح است که پس از هر بار Run کردن برنامه گزینه .Select Stiffening Rings for Ext. Press خاموش می شود و جهت استفاده از آن باید مجددا" آن را انتخاب کرد.

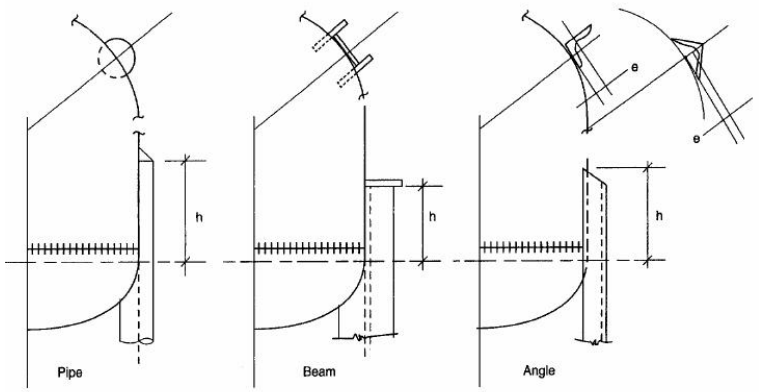


نکته :

در مقطع Conical چنانچه گزینه Line of Support انتخاب شده باشد، قسمت مخروطی را به عنوان یک طول موثر جداگانه فرض می کند (طبق App.1-8 محاسبات مربوط به آن را با فرضLine of Support بودن انجام می دهد). چنانچه این گزینه علامت نخورده باشد، مقطع مخروطی را با یکی از پوسته های استوانه ای مجاورش، مجموعا" یک طول موثر حساب می کند.

LEG

بهتر است Leg در قسمت پوسته به مخزن متصل شوند، زیرا در صورتی که در Head متصل شوند Local Load بالایی در آن محدوده ایجاد می شود.



Distance from "From" Node

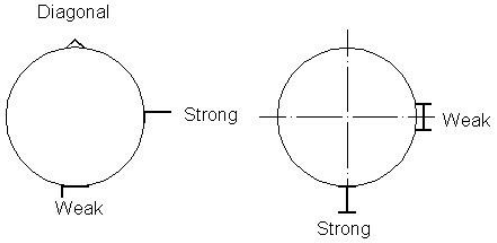
فاصله بالای Leg تا Node ابتدای المان انتخاب شده.

Leg Centerline Diameter

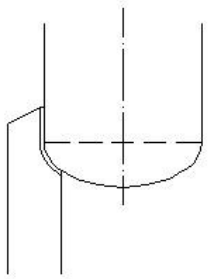
قطر دایره ای است که از خط مرکزی تمامی Leg ها عبور می کند.

Leg Orientation

نحوه اتصال پروفیل Leg به بدنه مخزن است:



به طور کلی اتصال Strong بیشترین ممان اینرسی را داراست و بیشترین مقاومت را در برابر خمش و کمانش از خود نشان می دهد. اتصال Weak ضعیفترین نوع اتصال است و اتصال Diagonal حالتی بینابین دارد، اما مزیت آن این است که جوشکاری آن بهتر و راحت تر است و سطح جوش کافی ایجاد می شود.



* چنانچه در Spec منع نشده باشد، می توان Leg را شکل بر کرد تا طول جوش و کانتور مناسبی ایجاد شود.

Length of Legs

طول Leg از محل اتصال تا فونداسیون می باشد.

Section Identifier

پروفیل مدنظر از این جدول بر اساس AISC انتخاب می گردد.

Effective End Condition "k"

در واقع همان ضریب طول موثر در مبحث کمانش است. پیشنهاد نرم افزار برای Leg انتخاب عدد 1 یا 1.5 است . ضمنا" با زدن کلید F1 جدولی ارائه می شود که در آن دو مقدار برای K ارائه شده، یکی تئوری و دیگری پیشنهادی. مقدار پیشنهادی تجربی است و پاسخهای واقعیتری بدست می دهد.

Perform WRC 107 Analysis

با انتخاب این گزینه و وارد کردن طول و عرض و ضخامت ورق تقویتی در محلهای مربوطه ، محاسبات WRC برای تعیین مقاومت مخزن در مقابل بارهای موضعی ناشی از Leg انجام می گیرد.

Are the Legs Cross Braced

چنانچه برای Leg از Bracing (بادبند) استفاده شود این گزینه انتخاب می گردد. معمولا" در پروژه های نفتی به این علت که Bracing محدودیتها و مشکلاتی برای لوله کشی مخزن ایجاد می کند از آن استفاده نمی شود. در هر صورت چنانچه نیاز به مدل کردن Brace باشد، محاسبات مربوط به مقطع پروفیل آنرا نرم افزار انجام نمی دهد و باید به صورت دستی طبق کتاب R. Moss انجام گیرد.

* اگر ارتفاع Leg بیش از 7 ft باشد، بهتر است از Cross Bracing استفاده شود.

Are These Pipe Legs

چنانچه پایه ها از نوع Pipe باشند، می توان با انتخاب این گزینه وسپس تعیین ID/OD لوله به صورت دستی یا انتخاب از جدول، مشخصات آنرا به نرم افزار داد. به این علت که جوشکاری Pipe به بدنه مخزن مشکل است، معمولا" بیشتر برای مخازن کروی از Pipe استفاده می کنند.

Base Plate Parameters

در این قسمت می توان مشخصات Base Plate را برای Leg ها تعیین نمود. البته پاسخهای نرم افزار چندان قابل اعتماد نیستند، چون آرایشی که برای Anchor Bolt ها در نظر می گیرد، مطابق با آرایشی نیست که معمولا" استفاده می کنیم.

بررسی پاسخهای PVElite برای LEG

باید توجه کرد که طبق AISC ضریب S_{all} تحت نیروی باد و زلزله برای تکیه گاهها و Non-Pressure Parts، 1.33 در نظر گرفته می شود. (درASME برای اجزای تحت فشار ضریب 1.2 در نظر گرفته می شود) در نهایت معیار طراحی Leg به صورت زیر است :

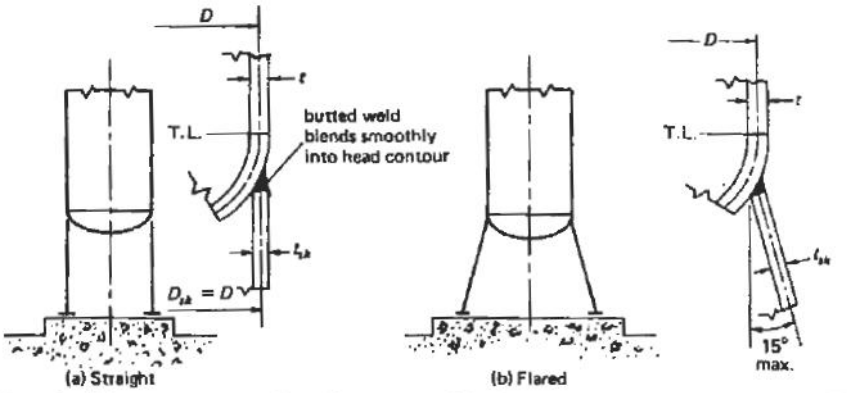
$$\sigma_b/S_b + \sigma_x \text{ خمشی}/S_{all} + \sigma_y \text{ خمشی}/S_{all} < 1$$

S_b : تنش مجاز کمانش و S_{all} : تنش مجاز فشاری

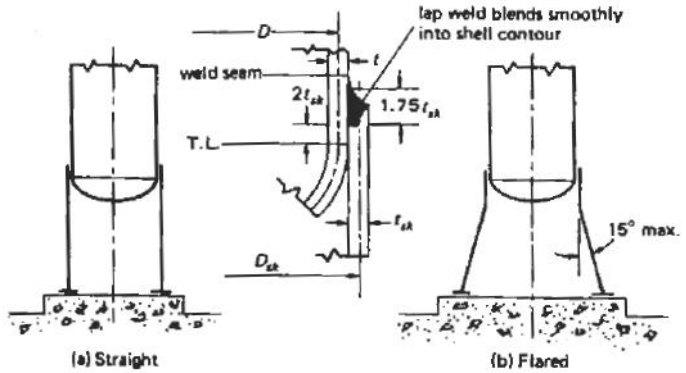
* در قسمت پایانی محاسبات Leg، محاسبات WRC 107 ارائه شده است. با توجه به نوع و نحوه اتصال Leg به پوسته و ابعاد تقویتی دو ضریب C12, C11 طبق جداول کتاب R. Moss تعیین می شوند و سپس محاسبات WRC براساس این دو ضریب انجام می گیرد. در جدولی که برای (Type of Stress Int.) تشکیل شده است تنش دومی مربوط به ضخامت تقویتی و تنش سومی مربوط به ابعاد آن است . هر کدام که Fail کرده بود باید اعداد مربوط به همان ابعاد را تصحیح نمود. البته باید دقت شود ضخامت تقویتی نباید از 2 برابر ضخامت پوسته بیشتر شود.

SKIRT

این نوع تکیه گاه برای مخازن بزرگ عمودی استفاده می شود که به دو حالت Straight و Flared (Conical) می باشد.
می توان Skirt را با Fillet Weld به پوسته یا عدسی متصل نمود و یا آنرا به کمک Butt Weld به عدسی متصل کرد. اما بهترین حالت توزیع تنش در محل اتصال در Skirt و مخزن زمانی ایجاد می شود که قطر متوسط Shell و Skirt مساوی باشد. البته در بعضی Spec ها نیز خواسته می شود که OD مساوی در نظر گرفته شود. معمولا" Skirt رادیوگرافی نمی شود و $J.E_{skirt}= 0.7$ است.
پارامترهای مجهول در طراحی Skirt عبارتند از: ضخامت Gussets, Top Ring, Base Ring, Skirt ، ابعاد و تعداد Anchor Bolts و بررسی تنش در محل اتصال Skirt به Anchor Chair.
به علت تماس نداشتن Skirt با محتویات مخزن و نیز رنگ شدن آن از دو طرف، C.A. برای Skirt در نظر نمی گیرند.
برای Skirt می توان از فولادهای کربنی ارزان مانند SA-283 استفاده نمود، اما در Spec ها برای جلوگیری از ایجاد Discontinuity Stress ناشی از تفاوت مواد و خوردگی های احتمالی در محل اتصال Skirt به عدسی ذکر می شود که بخشی از بالای Skirt از جنس ورق مخزن استفاده شود، به خصوص در مورد مخازن با جنس S.S.



Type 1. Skirt butted to the knuckle portion of the head. Weld joint efficiency $E = 0.55$, based on the weld leg equal to t_{sk}.



Type 2. Skirt lapped to the cylindrical portion of the shell. Weld joint efficiency $E = 0.80$ based on the weld leg equal to t_{sk}.

Skirt Diameter at Base

قطر Skirt در پایین . چنانچه Skirt از نوع مخروطی باشد مقدار این گزینه از Inside Diameter که در قسمت بالا برای نرم افزار تعیین شد بزرگتر خواهد بود. مقدار آنرا باید طوری تعیین کرد که زاویه نصف راس مخروط از 15^{o} کمتر باشد.

Perform Base Ring Analysis

در صورتی که بخواهیم Base Ring را مدل نمائیم ، باید این گزینه را انتخاب نماییم.

Base Ring Type

نوع Base Ring است که از چپ به راست توانایی تحمل بار آن بالا می رود.

1. Simple Basering
2. Basring with Gussets
3. Anchor Chair Cap Type Basering
4. Continuous Top Plate

اطلاعات لازم را می بایست از Std. Drawing پروژه استخراج کرد.

* نرم افزار دقیقا" مانند روشی که برای Body Flange داشت، تمام ممانها و نیروهای غالب را محاسبه و به کمک آنها سطح مورد نیاز Bolt را حساب می کند، سپس با استفاده از نیروی Bolt ضخامت Base/Top Ring را محاسبه می نماید. به همین دلیل در نظر گرفتن Bolt ها با تعدادی بیش از نیاز و یا بیشتر از اندازه مورد نیاز باعث افزایش غیر ضروری ضخامت Base/Top Ring و همچنین Gusset ها می شود.

Concrete Strength F'c/Fc

تنش فشاری اسمی بتن فونداسیون است که طبق جداول کتاب Jawad & Farr تعیین می شود.

Design Temperature

دمای طراحی Base Ring است که معمولا" برابر دمای محیط یا دمای فلز در معرض تابش آفتاب در محل نصب تجهیز است.

Base Ring Design Option

روش طراحی Base Ring را تعیین می کند.

Analyze

با انتخاب این گزینه ، نرم افزار با روشهای معمول مقاومت مصالح محاسبات را انجام می دهد و در زمان حل چنانچه ضخامتها کمتر از مقدار مورد نیاز باشد، با پیغامهای خطا کاربر را متوجه می سازد.

Design

روشی مشابه روش فوق الذکر است، با این تفاوت که چنانچه ابعاد و ضخامتهای تعیین شده جوابگو نباشند، آنها را براساس محاسبات خود به طور اتوماتیک تا حداقل مورد نیاز افزایش می دهد.

Brn. & Young Analyze

توضیحات مانند گزینه Analyze است با این تفاوت که روش مورد استفاده طبق کتاب Brownell & Young خواهد بود.

Brn. & Young Design

توضیحات مانند گزینه Design است با این تفاوت که روش مورد استفاده طبق کتاب Brownell & Young خواهد بود.

Method for Basering Thickness Calc.

روش محاسبه ضخامت basering را تعیین می کند.

Neutral Axis Shift Method

با روشهای مقاومت مصالح (تار خنثی معادل مجموعه ای متشکل از چند جنس) ضخامت را تعیین می کند.

Simplified Method

نسبت به روش فوق مطمئن تر است و ضخامتهای بیشتری بدست می آورد. چنانچه مخزن روی سازه فولادی نصب شود، بهتر است از این روش استفاده گردد.

S_y/E for Plates

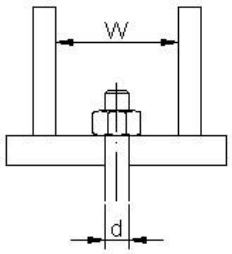
مدول الاستیسیته و تنش تسلیم جنس ورقهای مورد استفاده در مجموعه Anchor Chair است که باید به طور دستی تعیین شود.

Gusset Thickness

ضخامت ورق مورد استفاده در گاست ها

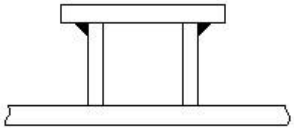
Dist. Between Gussets

فاصله بین ورقهای گاست است چنانچه از نوعی Anchor Chair استفاده کنیم که Top Plate ندارند، مطابق شکل زیر باید فاصله آچارخور برای بستن مهره روی Anchor Bolt در نظر گرفته شود. در این شرایط رابطه زیر برقرار است:



$W > 4d$

Top Plate Width



این گزینه در صورتی روشن می شود که Base Ring از نوعی انتخاب شود که دارای Top Plate ناپیوسته است. در این گزینه عرض ورق Top Plate وارد می شود که باید طوری تعیین شود که بتوان گاست ها را به Top Plate جوش داد.

Radial Top Plate Width

عرض ورق Top Plate در جهت شعاعی است .

Use EIL Spec.?

چنانچه این گزینه انتخاب شود، برای طراحی Base Ring از استاندارد EIL استفاده می شود که راه کارهایی برای انتخاب تعداد خاصی Bolt به ازاء هر قطر Skirt دارد. باید دقت کرد چنانچه Base Ring تحت Analyze قرار می گیرد تعداد Boltها از جداول انتخاب نخواهد شد و این امر تنها در صورتی امکان پذیر است که در حالت Design تحلیل کنیم.

Consider 2/3 Yield for Base Ring /Top Plate Allowables

تنش مجاز را برای ورقهای Top Plate, Base Ring تا 0.66 Sy بالا می برد.

LUG

برای مخازن کوچک (D < 24in.) معمولا" از 2 عدد Lug استفاده می شود وبرای مخازن بزرگتر معمولا" 4 عدد. به این علت که Lug مستقیما" به بدنه متصل می شود و حرارت مخزن به آن منتقل می شود و دمای آن بسیار نزدیک و حتی مساوی دمای مخزن است، وجود یا عدم وجود Insulation روی ابعاد آن تاثیر محسوسی دارد.

گزینه های Lug مشابه گزینه هایی است که در Base Ring نیز توضیح داده شد. به علاوه ابعاد و اندازه هایی که برای تحلیلها مورد نیاز نرم افزار است، روی شکلی که در کادر Lug ارائه شده به خوبی مشخص شده اند و نیاز به توضیح بیشتری در این مورد نیست. ضمنا" می توان با انتخاب گزینه .Perform WRC 107 Calc تحلیل WRC نیز برای اتصال Lug به بدنه مخزن انجام داد. در بعضی شرایط چنانچه Lug طبق محاسبات WRC جواب ندهد، یکی از راههای حل این مشکل در نظر گرفتن Lug به صورت Ring است.

SADDLE

برای مدل کردن تکیه گاه مخازن تحت فشار افقی به کار می رود. محاسبات بر مبنای تنشهای Zick است و فرض بر این است که مخزن روی 2 ساپورت قرار بگیرد. بنابراین چنانچه بیش از 2 ساپورت مدل شود، نرم افزار پاسخهای قابل قبولی نخواهد داد.

Centerline Dim.B

فاصله مرکز مخزن تا پایین ساپورت

Saddle Contact Angle

زاویه تماس ساپورت با مخزن است این زاویه حداقل 120^{o} است.

Width/Thickness of Wear Plate

عرض و ضخامت ورق تقویتی می باشد.

Wear Plate Contact Angle

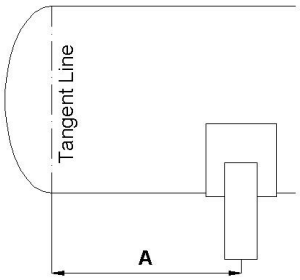
زاویه تماس Wear Plate است . برای ساپورت 120^{o} ، این زاویه معمولا" حدود130^{o} است.

Height of Section Ring

ارتفاع رینگ تقویت کننده از سطح خارجی پوسته مخزن تا بالای رینگ می باشد. چنانچه زیر سدل رینگ تقویتی نداشته باشیم یا رینگ از پروفیلهای استاندارد موجود در بانک اطلاعاتی AISC انتخاب شده باشد، در این گزینه عدد صفر وارد می شود و نرم افزار PVElite به طور خودکار از بانک اطلاعاتی ارتفاع رینگ را در صورت وجود خواهد خواند.

Saddle Dimension A

فاصله مرکزساپورت تا نزدیکترین خط مماس (Tangent Line) است.



معمولا" $A < 0.2 \times (T.L./T.L.)$

Friction Coefficient Mu

ضریب اصطکاک ساپورت با فونداسیون و یا Sliding Plate است. یکی از ساپورتها ثابت و یکی لغزنده است. Mu برای ساپورت ثابت صفر است و برای ساپورت لغزنده به صورت زیر تعیین می شود:

$$\mu_{steel} \Big|_{steel} = 0.3 \qquad \mu_{steel} \Big|_{Concrete} = 0.4$$

همانطور که مشاهده می شود، ضریب اصطکاک فولاد- فولاد کمتر از ضریب اصطکاک فولاد- بتن است وبه همین علت چنانچه مخزن روی سازه فولادی نصب نشود وروی بتن قرار گیرد، زیر آن ورق لغزنده Sliding Plate از جنس فولاد تعبیه می کنند تا نیروی مقاوم در برابر انبساط و انقباض مخزن کاهش یابد.

Perform Saddle Check

چنانچه از این دکمه استفاده نشود برای این گزینه ها از مقادیر پیش فرض استفاده می شود و در نتیجه وزن محاسبه شده برای ساپورتها غیر واقعی خواهد بود.

Material Yield Stress

تنش تسلیم جنس سدل در دمای سدل در شرایط کاری و طراحی مخزن است که با کمک جدول بانک اطلاعاتی مواد در PV-Elite که قبلا" توضیح داده شده، می توان مقدار آن را تعیین کرد.

E for Plates

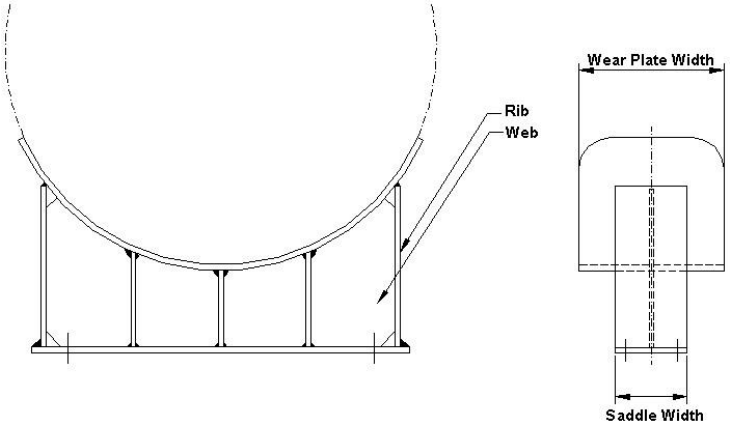
مدول الاستیسیته ورقها در دمای کاری و طراحی سدل است. چنانچه نیاز باشد در درجه حرارت خاصی (بالاتر از دمای محیط) مقدار E تعیین شود، در PVElite تنها محلی که در مورد هر جنس در هر دمایی E را محاسبه می نماید و در پاسخها ارائه می کند، Conical Section است. بنابراین در صورت نیاز به تعیین E در مورد جنس و در درجه حرارتی خاص ، باید یک Cone در آن درجه حرارت و با همان جنس مدل نمود و از پاسخها مقدار E را استخراج نمود.

Height of Web

ارتفاع Web در وسط به علاوه ضخامت پوسته مخزن است.

Same as First

چنانچه در نظر باشد روی المان فعال ساپورتی مشابه آنچه قبلا" مدل شده در نظر بگیریم با کلیک این دکمه تمامی گزینه ها طبق ساپورت اول تنظیم می شوند..



بررسی نتایج محاسبات Saddle

چنانچه سدل Fail کند معمولا" در اثر تنشهای Compressive است و دراین شرایط برای حل مشکل می توان عرض سدل یا زاویه تماس را افزایش داد. چنانچه با این روش مشکل حل نشد، می توان برای تقویت مخزن، رینگ تقویتی نصب نمود. دراین حالت PVElite تنش را در رینگ تقویتی نیز محاسبه می نماید.

رینگ به اولین Rib جوش می شود. چنانچه قبل از رسیدن به Rib با Web برخورد کند آنرا شکل بر می کنند و تا Rib ادامه می دهند.

چنانچه ضریب اصطکاک نیز برای سدل در نظر گرفته شده باشد، یک تنش طولی محاسبه می گردد. بین این تنش وتنشهای ناشی از باد و زلزله، هر کدام غالب باشد، ملاک طراحی خواهد بود.

AISC Unity Check

معیار طراحی براساس استاندارد AISC است که نتیجه حاصله باید کمتر از 1 باشد، در غیر این صورت باید ضخامت Web و Rib افزایش یابد.

نکته :چنانچه سدل در هیدروتست جواب نداد، نباید ضخامتهای Web وRib را افزایش داد، زیرا یکی از باگهای نرم افزار این است که در حالت هیدروتست نیز S_y و S_{all} را با درجه حرارت کاری حساب می کند و به همین علت تنشهای مجاز کمتری خواهیم داشت.

TRAY

Tray Spacing

فاصله بین Tray هاست.

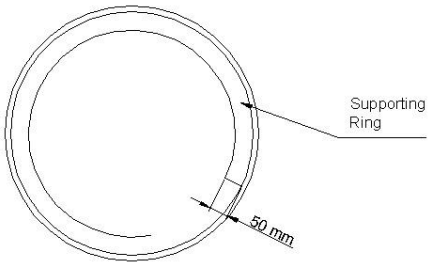
Tray Weight per Unit Area

وزن واحد سطح Tray هاست.

Support Ring and Bolting Bar Weight

وزن مجموعه رینگ و پیچ و مهره های تکیه گاه Tray است که باید به طور دستی محاسبه و در این گزینه وارد شود.

معمولا" عرض Supporting Ring برابر 50mm است و باید کمانی که در بر می گیرد و ضخامت آن مشخص شود تا بتوان وزن آنها را محاسبه نمود.



Height/Density of Liquid on Tray

ارتفاع و چگالی مایعی که روی هر Tray می ایستد.

* چنانچه مدنظر باشد در یک المان دو یا چند نوع Tray مختلف مدل شود می توان از دکمه های Next و Prev استفاده کرد.

PLATFORM

Distance From "From" Node

فاصله محل اتصال سکو از Node ابتدای المان فعال است .

Platform Start/End Angle

زاویه شروع و پایان سکو است .

Platform Railing Weight

وزن واحد طول سازه و نرده های اطراف سکو است که در تعیین وزن نهایی مجموعه تاثیر دارد.

Platform Grating Weight

وزن واحد سطح ورقهای مشبک کف سکوست که در تعیین وزن نهایی مجموعه سکو تاثیر دارد. معمولا" سعی می کنند عددی وارد کنند که وزن سازه سکو هم در آن لحاظ شده باشد و به این ترتیب گزینه قبلی صفر باقی می ماند.

Platform Width

عرض سکو است که طبق Spec ها و یا نقشه های مکانیکی حداقل باید 800mm باشد.

Platform Height

ارتفاع نرده های اطراف سکو است که جهت حفاظ برای بازرسین نصب می شود که حداقل باید 1100mm باشد.

Clearance

فاصله لبه داخلی سکو از بدنه مخزن است. طبق نقشه های مکانیکی حداقل برابر .50mm + Insulation Thk است.

Force Coefficient C_f

ضریب C_f طبق استاندارد ASCE است که برای محاسبه نیروی باد بکار می رود. این ضریب معمولا" بین 1.2 تا 1.8 است.

Platform Wind Area

سطح موثر در مقابل باد است که طبق ضرایب و مقادیر گزینه های فوق الذکر و طبق فرمول گزینه Load cases ⟶ Misc. Options | Installation تعیین می شود. در حالت پیش فرض، مجموعه سکو به صورت یک ورق صلب و بدون سوراخ محاسبه می شود که در مورد سکوهای متداول فرضی ناصحیح ونیروی باد محاسبه شده Overestimate خواهد بود. فرمولی که پاسخهای آن بیشتر به واقعیت نزدیک است به صورت زیر می باشد.

Wind Area = 1/3 Height * Width * Force Coef (Cf)

* باید دقت کرد زمانی که زاویه کمان سکو از 180^o کمتر باشد ، نرم افزار در محاسبات، فرمول تعیین شده بالا (یا روابط مشابه آن) را با ضریب 1 در نظر می گیرد و فقط یک بار عرض سکو را در مقابل باد می بیند . اما چنانچه زاویه کمان سکو از 180^o بیشتر باشد ضریب 2 برای فرمول ها در نظر می گیرد و دو عرض سکو را در دو طرف در نظر می گیرد.

Ladder Layout Angle

زاویه ایست که نردبان در آن نصب می شود.

Ladder Start/Stop Elevation

PVElite فرض می کند بالای نردبان به سکو متصل شده است و دو مقدار بالا جهت تعیین طول کلی نردبان به کار می روند.

Ladder Unit Weight

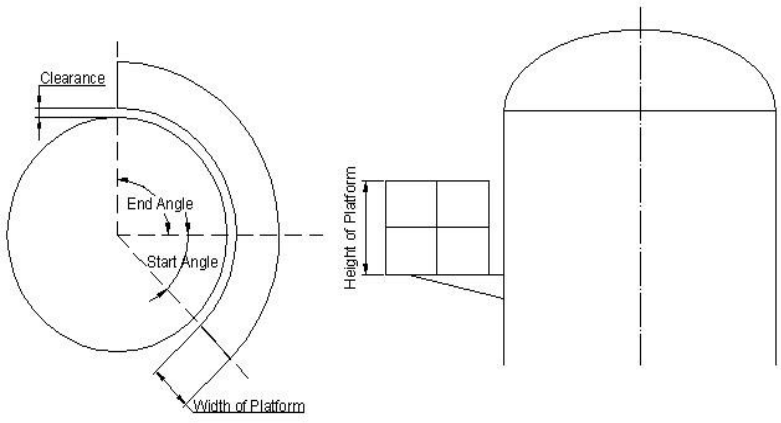
وزن واحد طول نردبان است چنانچه نردبان دارای حفاظ (Cage) نیز باشد باید وزن آن نیز در وزن واحد طول لحاظ شود.

Is This a Caged Ladder?

این گزینه باعث می شود که نرم افزار در نمایش 3D و2D نردبان را با حفاظ نشان دهد و تاثیر محاسباتی نخواهد داشت .

Platform & Ladder Weight

وزن کل سکو و نردبان است که پس از وارد کردن گزینه های مربوطه به طور خودکار محاسبه می گردد. چنانچه وزن خاصی مدنظر کاربر باشد می تواند در این گزینه آن را وارد کند .



WEIGHT

آیتمهایی که امکان مدل کردن آنها در PVElite وجود ندارد و برای آنها ماژول یا منوی خاصی در نظر گرفته نشده است، توسط Weight می توان وزن آنها را در محل دقیقشان مدل کرد.

Offset from Element Centerline

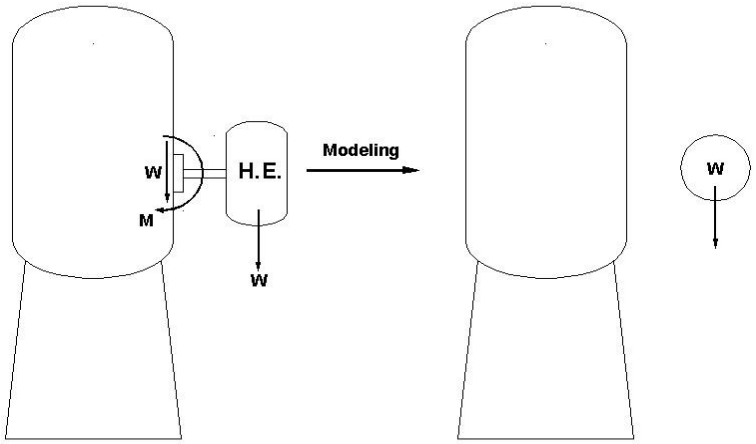
افست وزنه را نسبت به خط مرکزی المان دریافت می کند. وظیفه کاربر این است که افست مرکز جرم آیتم مورد نظر را در بدترین شرایط (بیشترین فاصله نسبت به خط مرکزی) محاسبه کرده و در این قسمت مشخص نماید.

Miscellaneous Weight

مقدار وزن آیتم را دریافت می کند.

Is This a Welded Internal

چنانچه این گزینه انتخاب نشود ، وزن مدل شده در شرایط Shipping/Shop Test/Fabricated در نظر گرفته نمی شود و در پاسخهای نرم افزار در قسمت Element & Detail Weights در پاراگراف Weight Details به طور جداگانه وزن آن با عبارت Total Weight of Weights مشخص می شود. اما اگر این گزینه انتخاب شده باشد وزن آن، آنطور که در بالا توضیح داده شد، جداگانه اعلام نمی شود و فقط در تمامی شرایط Hydrtotest, Empty, Operating و... وزن آن با وزن مخزن و سایر اجزاء آن جمع زده شده و حاصل اعلام می گردد.



FORCE/MOMENT

گاهی به علت وجود اتصالات خارجی بارها و ممانهایی در جهات X ,Y یا Z به مخزن وارد می شود که توسط Force/Moment می توان این بارها و ممانهای خارجی را نیز در طراحی مد نظر قرار داد.

Applied Forces/Moment

نیروها و ممانهای وارده به المان مذکور در جهات مثبت و منفی X, Y, Z هستند.

Force/Moment Combination Method

PVElite دو روش برای ترکیب نیروها و ممانهای فوق الذکر با نیرو وممان وارد به مخزن ناشی از باد و زلزله و غیره دارد. روش SRSS مطمئن تر است و بدون در نظر گرفتن علامت جبری که در گزینه های بالا تعیین شده ، نیروها و ممانهای فوق

را با نیروها وممانهای ناشی از عوامل دیگر جمع می کند و نتیجه برای کنترل ضخامت مخزن مورد استفاده قرار می گیرد.
روش Algebraic علامتهای جبری را لحاظ می کند و به این ترتیب پاسخها به آنچه در عمل اتفاق می افتد، نزدیکترند.
یکی دیگر از کاربردهای این دو گزینه در برجهای خیلی مرتفع است که معمولا" فاکتور غالب در آنها Wind Deflection می باشد. در بعضی شرایط ممکن است طراح بدون ساپورت خارجی مجبور باشد ضخامت کورس های پایین را تا $160\text{-}170^{mm}$ بالا ببرد زیرا:

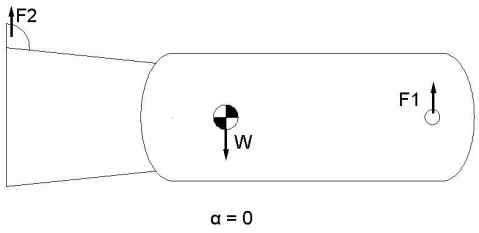
Wind Def. ⟶ I مقطع ↑ ⟶ { I= f (D, t) ⟶ t ↑ ; D = Const.

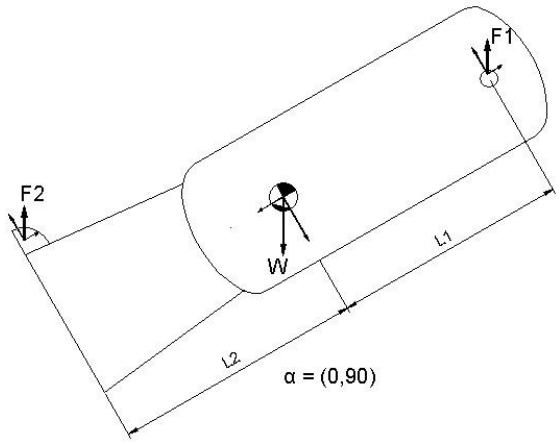
در این شرایط، برای جلوگیری از افزایش ضخامت کورسهای پایین، سازه ای فلزی دور برج نصب می شود تا به کمک آن ، برج را مهار کنند. در این شرایط باید اثر نیروی ساپورتها در مقابل باد مدل شود. محاسبه نیروهای تکیه گاهی در نرم افزاری مانند SAP صورت می گیرد و سپس این نیروها با کمک ماژول Force/Moment روی مخزن مدل می شوند.

Compute Longitudinal Stresses BW Normally Added to the Wind Case
Compute Longitudinal Stresses BW Normally the Seismic Case
چنانچه نیرو یا ممان مدل شده ناشی از باد یا زلزله باشند از دو گزینه فوق فقط گزینه مربوطه باید انتخاب شود.

طراحی Lifting Lug

مواردی که در طراحی Lifting Lug باید بررسی شوند عبارتند از: قطر پین و جنس آن ، ورق Lug و ضخامت و ابعاد آن، جوشهای متصل کننده Lug به بدنه و سایز پایه جوش و مقاومت آن، بدنه مخزن در محل اتصال Lug جهت اطمینان از عدم تغییر شکل و Fail به صورت موضعی.
روش کار به این صورت است که ابتدا با سعی و خطا بحرانی ترین زاویه مشخص می شود که در آن بیشترین نیرو نسبت به حالات دیگر به Lug وارد می شود. سپس محاسبات زیر صورت می گیرد:





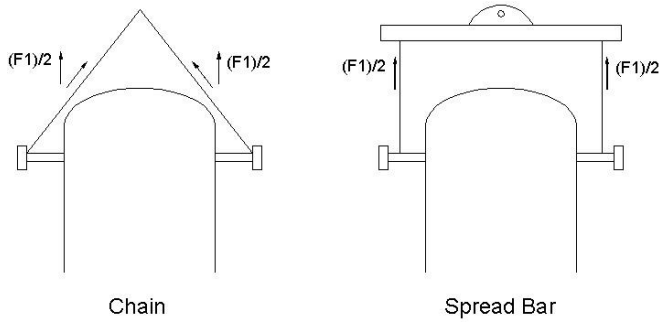
$$\sum M_A = 0 \longrightarrow W\,Cos.\alpha\,L_1 = F_2\,Cos.\alpha\,(L_1 + L_2) + F_2\,Sin.\,\alpha\,R$$

$$F_2 = \frac{WCos.\alpha L_1}{(L_1 + L_2)Cos.\alpha + RSin.\alpha}$$ نیروی طراحی Tailing Lug

$$F_1 + F_2 = W \longrightarrow F_1 = W - F_2$$

$$F_1 = W - \frac{WCos.\alpha L_1}{(L_1 + L_2)Cos.\alpha + RSin.\alpha}$$ نیروی طراحی ترنیون ها

لازم به ذکر است که دو روش برای اتصال ترنیون ها به جرثقیل وجود دارد. یکی استفاده از زنجیر و اتصال آنها به جرثقیل و دیگری استفاده از Spread Bar.



با توجه به اشکال فوق، ملاحظه می شود که استفاده از Spread Bar نسبت به زنجیر ارجحیت دارد. زیرا هنگام استفاده از زنجیر نیروی زنجیرها به طور ناخواسته باعث ایجاد یک مولفه عمودی روی ترنیون ها می شود و تنش را در پوسته مخزن در محل اتصال با ترنیون افزایش می دهد که این امر می تواند عامل تغییر شکلهای پلاستیک موضعی شود.

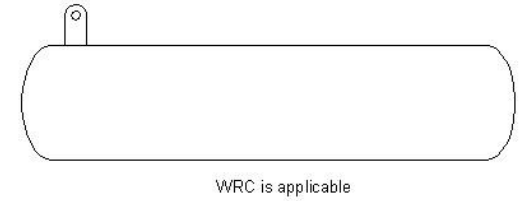
محاسبات مربوط به نیروها تا این مرحله بصورت دستی انجام می شود و نتایج آن در Code Calc و در بخش Legs & Lugs وارد می شود.

Type of Analysis

در این گزینه می توان تعیین نمود Lug مورد نظر از نوع Support, Lifting و یا Trunnion است. پس از انتخاب نوع Lug ، کادر مربوط به آن باز می شود تا اطلاعاتی در مورد هندسه Lug و نیروهای وارد برآن را از کاربر دریافت کند. در مورد هر یک از گزینه ها چنانچه روی آن کلیک کنید و سپس کلید F1 را فشار دهید. Help مربوط به آن گزینه با توضیحات مکفی ارائه می گردد.

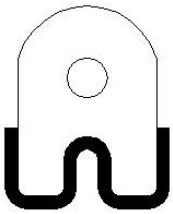
لازم به توضیح است که در مورد Support Lug و ترنیون نرم افزار به طور یکجا و Integral امکان انجام محاسبات WRC را نیز فراهم آورده است. در صورتی که در مورد Lifting Lug باید نتایج محاسبات را به طور دستی وارد ماژول WRC107/FEA نرم افزار نمود و امکان WRC به طور Integral برای این نوع Lug وجود ندارد. چنانچه شکل مستطیلی باشد مقادیر C11 و C22 را می توان از جداول کتاب R.moss استخراج نمود.

ضمنا" باید دقت شود زمانی WRC تاثیر دارد که محور اصلی Lug و جهت نیروی وارده عمود بر محور اصلی مخزن باشند، در غیر این صورت WRC پاسخ درستی نخواهد داد.


WRC is applicable

WRC is not applicable

* چنانچه طول خط جوش Lifting Lug برای تحمل بار وارده کفایت نکند می توان از اشکال نامنظمی مثل شکل زیر استفاده نمود تا طول خط جوش افزایش یابد.



** گزینه های دیگر در نرم افزار عبارتند از:

Insert Element

برای اضافه کردن المانی جدید در فضای بین المانهای قبلی است.

Delete Element

المان فعال را حذف می کند.

Update Element

تغییرات انجام شده در گزینه ها را درون المان اعمال می نماید.

Share

این امکان را به کاربر می دهد که خواصی از قبیل قطر، ضخامت، .J.E و غیره را از المان فعال به سایر المانهایی که در محدوده تعیین شده توسط From "From "Node و to "From" Node قرار دارند، اعمال نماید.

Flip Orientation

جهت المان فعال را تغییر می دهد. به عنوان مثال چنانچه در نظر باشد مخزنی افقی مدل شود، پس از تعیین عدسی اول که به صورت پیش فرض افقی قرار می گیرد، با کلیک این آیکون عدسی مزبور عمودی می شود. باید دقت نمود که این امر تا زمانی امکان پذیر است که المان دوم اضافه نشده باشد.

Select Material

جدول انتخاب مواد را در اختیار کاربر قرارمی دهد.

Zoom

در حالت نمایش 2D روی المان فعال Zoom می کند.

View Element

المان فعال را به صورت گسترده و با نازلهایی که روی آن قرار دارند، ترسیم می کند.

Pipe Properties

زمانی که المان Cylindrical مدل می شود، چنانچه در عمل بخواهیم در پوسته به جای ورق از لوله استفاده کنیم، با استفاده از این آیکون و در کادر مربوطه می توان قطر و .Sch لوله مورد نظر را تعیین نمود.

List Dialog

مشخصات اجزائی را مانند نازلها ,Packing, Force/Moment, Weight و Ring که در مخزن مدل شده اند، به صورت صفحه گسترده (Spread Sheet) با ظاهری شبیه بهExcel به طور جداگانه ارائه می کند که قابل چاپ نیز می باشد.

Write Foundation 3D File

اطلاعات خروجی بارهای فونداسیون را در فایلی برای استفاده برنامه Foundation 3D ثبت می کند.

Export to DXF File

نقشه ای اولیه از مخزن همراه با "Bill of Material" در یک فایل DXF ذخیره می کند. البته این ویژگی در PV-Elite هنوز کامل نشده و فایل حاصله ارزش کاربردی ندارد.

Flip to 3D View

حالت نمایش از دو بعدی را به سه بعدی و بالعکس تغییر می دهد.

Rigging Results

در صورتی که اطلاعات مربوط به Rigging Data در قسمت:

Load cases ⟶ Installation | Misc. Options

تکمیل شود، پس از یک بار Run گرفتن این آیکون فعال می شود و با کلیک روی آن ، گرافهای ممانهای خمش و تنس خمشی و نیروها و تنشهای برشی و در نهایت گراف ترکیب خمش/ برش در دسترس کاربر قرار می گیرند.

Create Database

با انتخاب این گزینه و Run گرفتن مشخصات اجزاء مخزن به صورت یک فایل Access ساماندهی شده و ذخیره می گردند.

نکات :

* چنانچه نیازی به ثبت معادلات و فرمولهای محاسباتی در خروجی نباشد وصرفا" اعداد و نتایج مدنظر باشد با برداشتن تیک گزینه زیر ، این امر صورت می پذیرد.

Tools ⟶ Configuration ⟶ Print Equations and Substitutions

* سیستم واحدهایی که به طور پیش فرض در PVElite موجود است، در بعضی موارد با واحدهای معمول و مورد استفاده در جداول و استانداردها تفاوت دارند و این مسئله باعث وقت گیر شدن محاسبات می شود. برای رفع این مشکل می توان با استفاده از گزینه زیر در کادر مربوطه سیستم آحادی به دلخواه کاربر تعیین کرد.

Tools ⟶ Create/ Review Unit….

در نهایت باید فایل تهیه شده را در مسیر PVElite\System با اسم دلخواهی ذخیره نمود.

DIMENSIONS OF WELDED AND SEAMLESS PIPE

Nominal Pipe Size, in.	Outside Diameter	Nominal Wall Thickness (in.) for						
		Schedule 5S	Schedule 10S	Schedule 10	Schedule 20	Schedule 30	Schedule Standard	Schedule 40
⅛	0.405	---	0.049	---	---	---	0.068	0.068
¼	0.540	---	0.065	---	---	---	0.088	0.088
⅜	0.675	---	0.065	---	---	---	0.091	0.091
½	0.840	0.065	0.083	---	---	---	0.109	0.109
¾	1.050	0.065	0.083	---	---	---	0.113	0.113
1	1.315	0.065	0.109	---	---	---	0.133	0.133
1¼	1.660	0.065	0.109	---	---	---	0.140	0.140
1½	1.900	0.065	0.109	---	---	---	0.145	0.145
2	2.375	0.065	0.109	---	---	---	0.154	0.154
2½	2.875	0.083	0.120	---	---	---	0.203	0.203
3	3.5	0.083	0.120	---	---	---	0.216	0.216
3½	4.0	0.083	0.120	---	---	---	0.226	0.226
4	4.5	0.083	0.120	---	---	---	0.237	0.237
5	5.563	0.109	0.134	---	---	---	0.258	0.258
6	6.625	0.109	0.134	---	---	---	0.280	0.280
8	8.625	0.109	0.148	---	0.250	0.277	0.322	0.322
10	10.75	0.134	0.165	---	0.250	0.307	0.365	0.365
12	12.75	0.156	0.180	---	0.250	0.330	0.375	0.406
14 OD	14.0	0.156	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.438
16 OD	16.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.500
18 OD	18.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.438	0.375	0.562
20 OD	20.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	0.594
22 OD	22.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	---
24 OD	24.0	0.218	0.250	0.250	0.375	0.562	0.375	0.688
26 OD	26.0	---	---	0.312	0.500	---	0.375	---
28 OD	28.0	---	---	0.312	0.500	0.625	0.375	---
30 OD	30.0	0.250	0.312	0.312	0.500	0.625	0.375	---
32 OD	32.0	---	---	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688
34 OD	34.0	---	---	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688
36 OD	36.0	---	---	0.312	0.500	0.625	0.375	0.750
42 OD	42.0	---	---	---	---	---	0.375	---

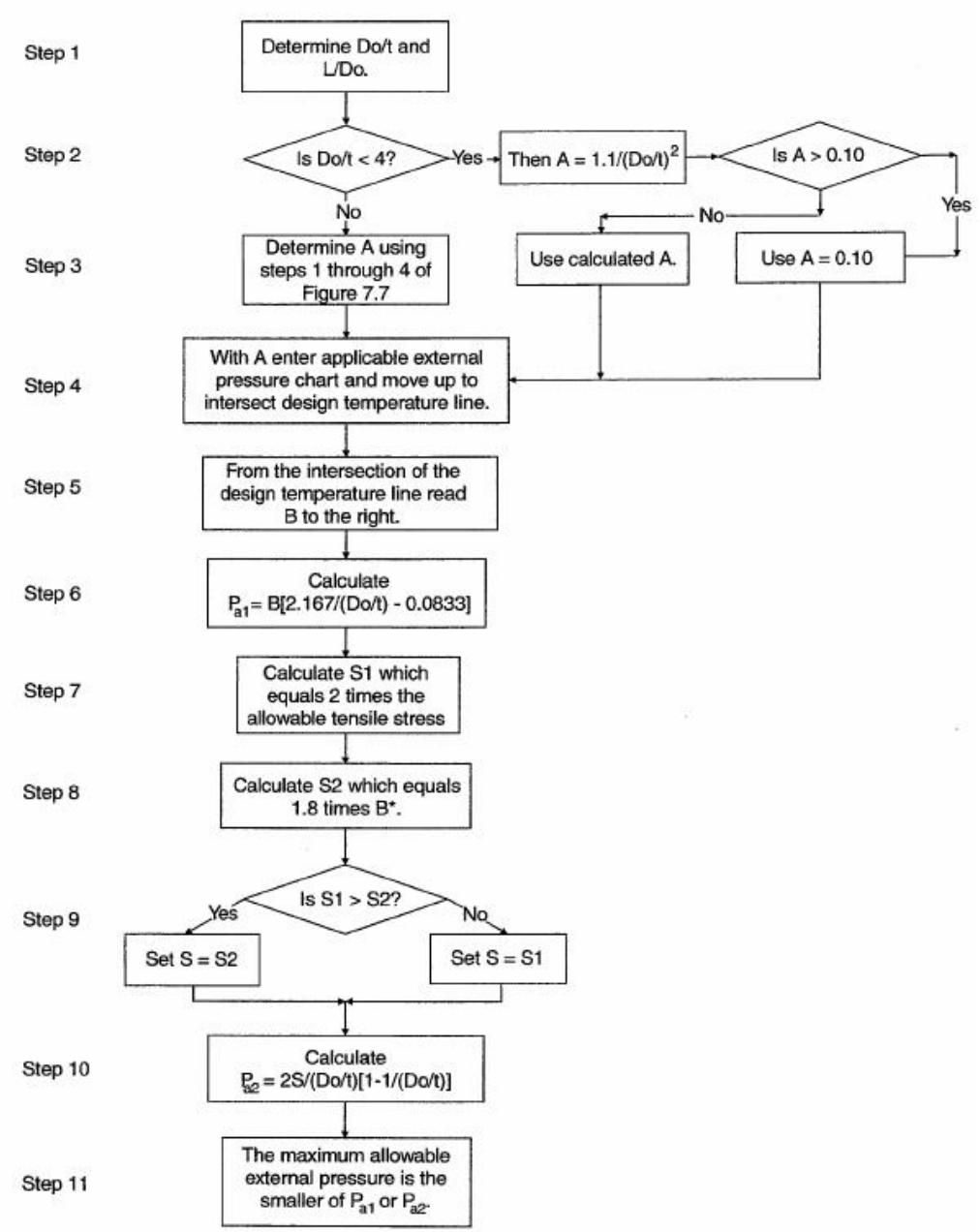
DIMENSIONS OF WELDED AND SEAMLESS PIPE

Nominal Pipe Size, in.	Outside Diameter	Nominal Wall Thickness (in.) for							
		Schedule 60	Extra Strong	Schedule 80	Schedule 100	Schedule 120	Schedule 140	Schedule 160	XX Strong
⅛	0.405	---	0.095	0.095	---	---	---	---	---
¼	0.540	---	0.119	0.119	---	---	---	---	---
⅜	0.675	---	0.126	0.126	---	---	---	---	---
½	0.840	---	0.147	0.147	---	---	---	0.188	0.294
¾	1.050	---	0.154	0.154	---	---	---	0.219	0.308
1	1.315	---	0.179	0.179	---	---	---	0.250	0.358
1¼	1.660	---	0.191	0.191	---	---	---	0.250	0.382
1½	1.900	---	0.200	0.200	---	---	---	0.281	0.400
2	2.375	---	0.218	0.218	---	---	---	0.344	0.436
2½	2.875	---	0.276	0.276	---	---	---	0.375	0.552
3	3.5	---	0.300	0.300	---	---	---	0.438	0.600
3½	4.0	---	0.318	0.318	---	---	---	---	---
4	4.5	---	0.337	0.337	---	0.438	---	0.531	0.674
5	5.563	---	0.375	0.375	---	0.500	---	0.625	0.750
6	6.625	---	0.432	0.432	---	0.562	---	0.719	0.864
8	8.625	0.406	0.500	0.500	0.594	0.719	0.812	0.906	0.875
10	10.75	0.500	0.500	0.594	0.719	0.844	1.000	1.125	1.000
12	12.75	0.562	0.500	0.688	0.844	1.000	1.125	1.312	1.000
14 OD	14.0	0.594	0.500	0.750	0.938	1.094	1.250	1.406	---
16 OD	16.0	0.656	0.500	0.844	1.031	1.219	1.438	1.594	---
18 OD	18.0	0.750	0.500	0.938	1.156	1.375	1.562	1.781	---
20 OD	20.0	0.812	0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.969	---
22 OD	22.0	0.875	0.500	1.125	1.375	1.625	1.875	2.125	---
24 OD	24.0	0.969	0.500	1.218	1.531	1.812	2.062	2.344	---
26 OD	26.0	---	0.500	---	---	---	---	---	---
28 OD	28.0	---	0.500	---	---	---	---	---	---
30 OD	30.0	---	0.500	---	---	---	---	---	---
32 OD	32.0	---	0.500	---	---	---	---	---	---
34 OD	34.0	---	0.500	---	---	---	---	---	---
36 OD	36.0	---	0.500	---	---	---	---	---	---
42 OD	42.0	---	0.500	---	---	---	---	---	---

All units are inches.

MODULI OF ELASTICITY FOR FERROUS MATERIALS

Materials	Million psi, for Temperature °F. of:										
	−100	70	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Carbon steels with C ≤ 0.30%	30.2	29.5	28.8	28.3	27.7	27.3	26.7	25.5	24.2	22.4	20.4
Carbon steels with C > 0.30%	30.0	29.3	28.6	28.1	27.5	27.1	26.5	25.3	24.0	22.3	20.2



Calculation of external pressure for cylinders with D_O/t less than 10.

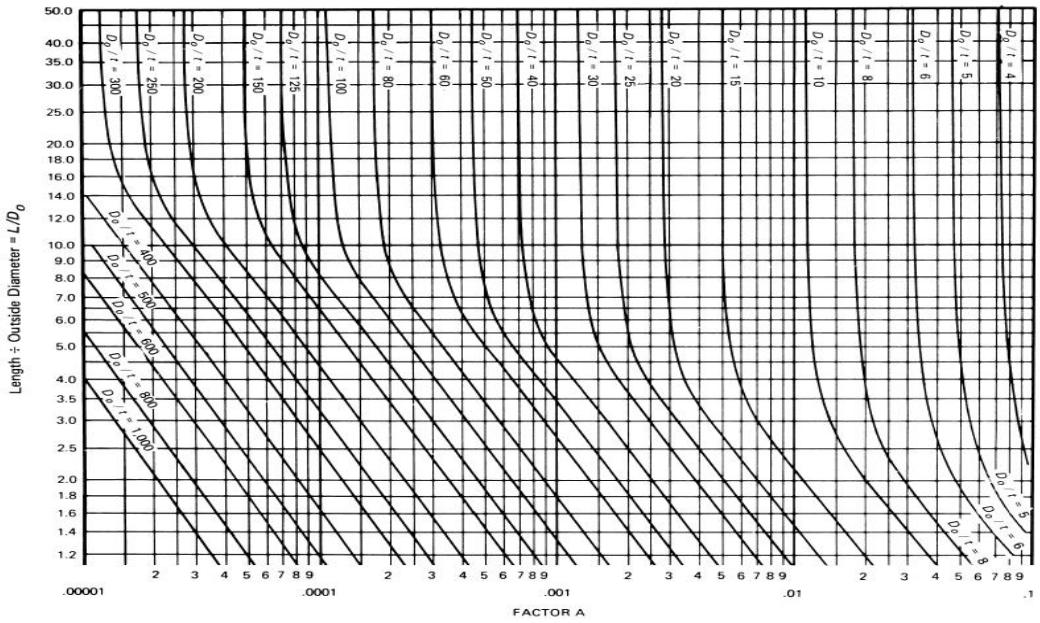
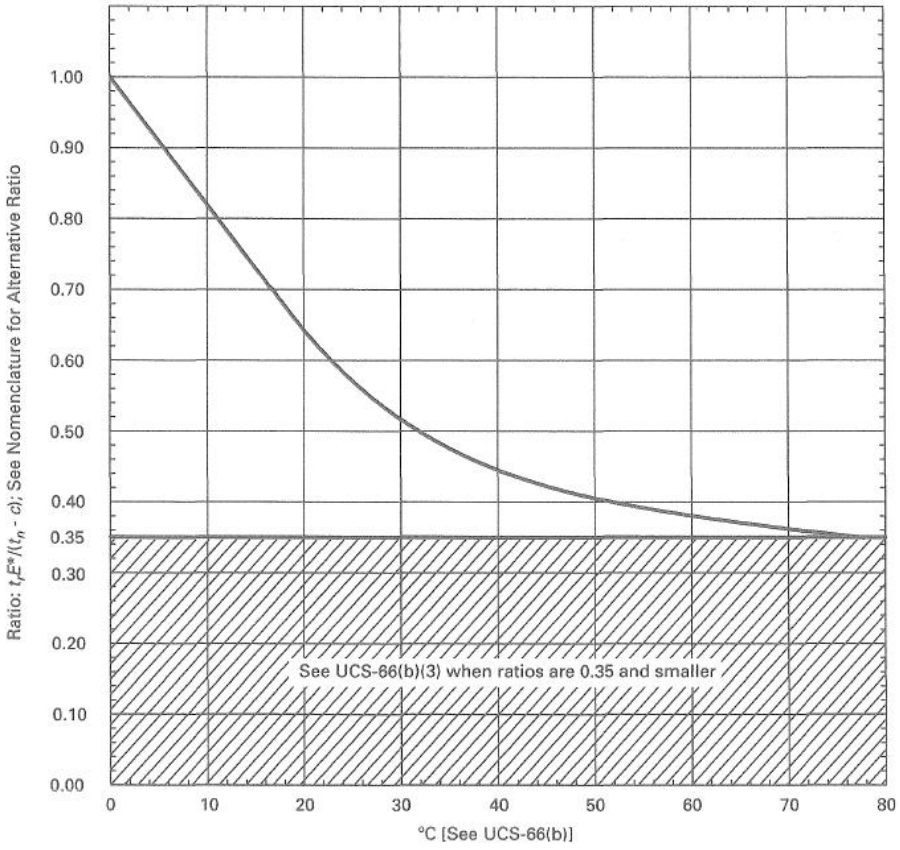


FIG. UCS-66.1M REDUCTION IN MINIMUM DESIGN METAL TEMPERATURE WITHOUT IMPACT TESTING



c = corrosion allowance, mm
E^* = as defined in General Note (c) of Fig. UCS-66.2
t_n = nominal thickness of the component under consideration before corrosion allowance is deducted, mm
t_r = required thickness of the component under consideration in the corroded condition for all applicable loadings [General Note (b) of Fig. UCS-66.2], based on the applicable joint efficiency E [General Note (c) of Fig. UCS-66.2], mm
Alternative Ratio = $S^* E^*$ divided by the product of the maximum allowable stress value from Table UCS-23 times E, where S^* is the applied general primary membrane tensile stress and E and E^* are as defined in General Note (c) of Fig. UCS-66.2

FIG. UCS-66.2 DIAGRAM OF UCS-66 RULES FOR DETERMINING LOWEST MINIMUM DESIGN METAL TEMPERATURE (MDMT) WITHOUT IMPACT TESTING

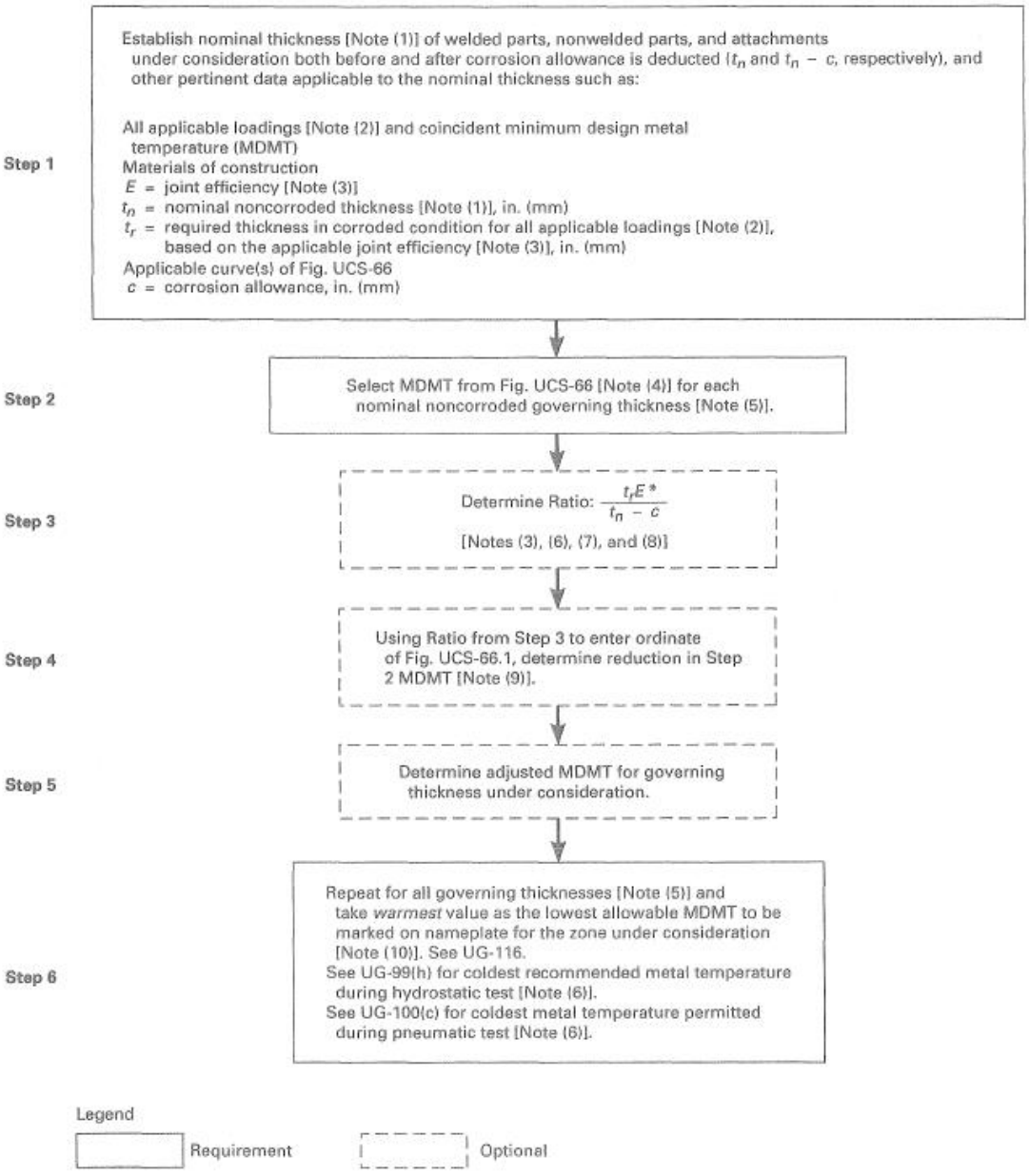
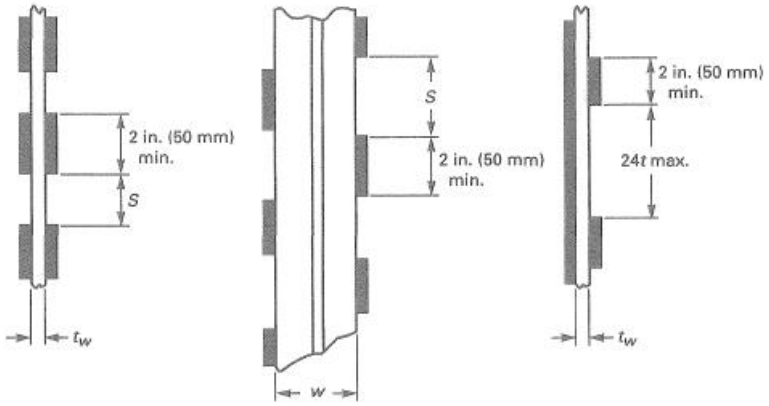
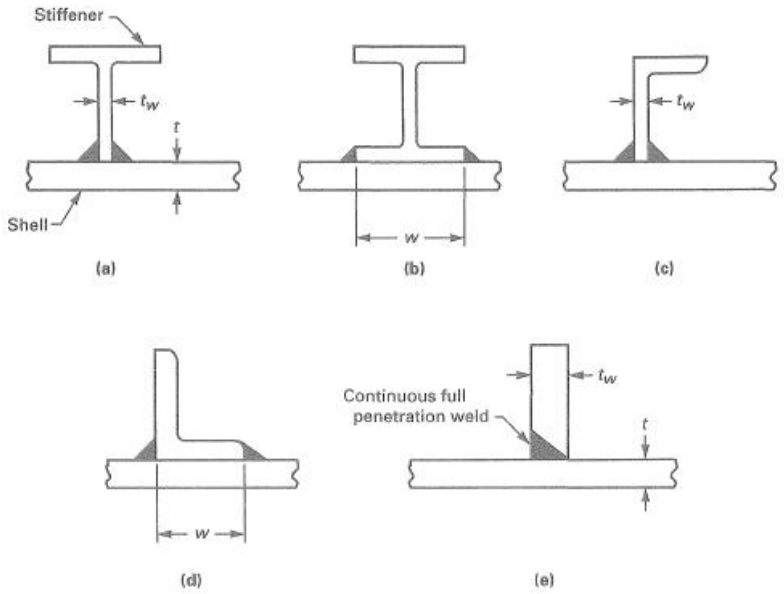


FIG. UG-30 SOME ACCEPTABLE METHODS OF ATTACHING STIFFENING RINGS



In-line Intermittent Weld | **Staggered Intermittent Weld** | **Continuous Fillet Weld One Side, Intermittent Other Side**

$S \leq 8t$ external stiffeners
$S \leq 12t$ internal stiffeners



Anchor Chair:
Gussets and plates welded to base plate and skirt to provide for anchor bolt attachment.

As-Rolled Plate:
It refers to the unit plate rolled from a slab or directly from an ingot. It does not refer to the condition of the plate.

B/SD @ 60ºF:
Barrels per Stream Day: This is the throughput during a 24-hour period when a unit is operating at its design capacity.
Throughput: The volume of feed stock charged to process equipment per unit of time.
Stream Day: A 24-hour operating day of a refinery process unit.

Backing Strip:
A thin strip of metal placed on the backside of 2 plates to be butt welded, where a full penetration butt weld is required & access is available to one side only.

Brittle Fracture:
It is the tensile failure of a material showing little deformation or yielding. It is so important in material selection considerations.

Charpy V-Notch Impact Test:
CVN Test is a dynamic test in which a notched specimen is struck & broken by a single blow in a specially designed testing machine. The measured test values may be the energy absorbed, the percentage shear fracture, the lateral expansion opposite the notch, or a combination thereof.

Chimney Tray:
A tray composed of chimneys extending above the liquid level of the tray, permitting passage of vapors upward. The tray collects and removes all liquid products from a specific portion of the vessel.

Chipping:
One method of removing surface defects such as small fissures or seams from partially worked metal. If not eliminated, the defects might carry through to the finished material. If the defects are removed by means of a gas torch the term “deseaming”or “scarfing” is used.

Clad Vessel:
A vessel made from a base material having a corrosion resistant material integrally bonded or weld metal overlaid to the base of less resistant material.

Communicating Chambers:
Appurtenances to the vessel which intersect the shell or heads of a vessel & form an integral part of the pressure containing enclosure, e.g., Sumps.

Corrosion Rate:
It is specified as mils per year of metal loss and is applied to both pitting & general thinning. Typical corrosion problems are controlled by additional corrosion allowance & by coatings (i.e. pitting rates for crude oil tanks can be as high as 50 mpy). High temperature accelerate the corrosion rate.

Distributor Tray:
A perforated tray that provides equal distribution of liquid over the vessel area. Risers on the tray extend above the liquid level to permit passage of vapors rising upward.

Downcomers:
Rectangular flat plates bolted, welded or clamped to shell and trays inside of fractionation columns, Used to direct process liquid and to prevent bypassing of vapor.

Elevation above Sea Level:
It directly affects the true vapor pressure limitation placed on stocks stored in atmospheric tankage. At sea level, the max. allowable true vapor pressure is 13 psia. For each 1,000 ft elevation above sea level, this value must be reduced by 0.5 psi.

Fatigue:
Tendency of materials to fracture under many repetitions of a stress considerably less than the ultimate static strength.

Flash Point:
The min. temperature at which there is sufficient vapor generated to allow ignition of the air-vapor mixture near the surface of the liquid.

Fractionating Trays:
Circular flat plates bolted, welded or clamped to rings on the inside of fractionation columns, Used to obtain vapor liquid contact, which results in fractionation.

Full Vacuum:
A condition where the internal absolute pressure is 0 psi & the external absolute pressure on the vessel is 15 psi.

High-Alloy Steel:
Steel containing large percentages of elements other than carbon.

Internal Pressure:
The difference in pressure between the liquid vapor pressure & Atmospheric Pressure. When this difference is negative, it is simply called a “vacuum”.
The pressure is measured at the top of the liquid in the tank because the liquid itself exerts hydrostatic pressure.
Internal pressure is caused by several potential sources such as vapor pressure, inert gas blanketing system,…

Killed Steel:
Steel deoxidized (i.e. by vacuum treatment) to reduce the content in order to omit any reaction between oxygen & carbon during solidification.

Lined Vessel:
A vessel having a corrosion resistant lining attached intermittently to the vessel wall. (Code UA-60)

Low Temp. Service:

Service in which the fluid temp. during normal contingency operation is below the lowest 1-day mean ambient temp. for a particular location.

Membrane Stress:
The Component of normal stress which is uniformly distributed and equal to the average value of stress across the thickness of the section under consideration.

Metal Test Report:
A document on which the material manufacturer records the results of tests examinations, repairs, or treatments required by the basic material specification to be reported. (Code UA-60)

Mist Eliminator (Demister):
A wire mesh pad held in place between tow light grids. The mist eliminator disengages liquids contained in the vapor.

MTBE:
Methyl Tertiary Butyl Ether.

Normalizing:
A heat treating process in which a steel plate is reheated to uniform temperature above the upper critical temperature & then cooled in air to below the transformation range.

Plug Weld:
A weld made in a circular hole in one member of a lap joint. The hole may or may not be partially or completely filled with weld metal.

Porosity:
Gas pockets or voids in metal. (Code UA-60).

Pressure Relief Valve:
A valve which relieves pressure beyond a specified limit and recloses upon return to normal operating conditions.

Quench Annealing:
Annealing an austenitic ferrous alloy by heating followed by quenching from solution temperatures. Liquids used for quenching are oil, fused salt or water, into which a material is plunged.

Resistance Welding:
A pressure welding process wherein the heat is produced by the resistance to the flow of an electric current.

Seal Pans:
Flat plates bolted, welded or clamped to rings inside of fractionation column shell below downcomer of lowest tray, used to prevent vapor from bypassing up through the downcomer by creating a liquid seal.

Section Modulus:
The term pertains to the cross section of a beam. The section modulus with respect to either principal central axis is the moment of inertia with respect to that axis divided by the distance from that axis to the most remote point of the section. The section modulus largely determines the flexural strength of a beam of given material.

Set Pressure:
Pressure at which the pressure relief device first opens.

Skirt Access Opening:
Circular holes in the skirt to allow workmen to clean, inspect, etc., inside of skirt.

Skirt Fireproofing:
Brick or concrete applied inside and outside of skirt to prevent damage to skirt in case of fire.

Skirt Vents:
Small circular holes in the skirt to prevent collection of dangerous gases within the skirt.

Slag:
A result of the action of a flux on nonmetallic constituents of a processed ore, or on the oxidized metallic constituents that are undesirable. Usually consist of combinations of acid oxides and basic oxides with neutral oxides added to aid fusibility.

Support Grid:
Grating or some other types of support through which vapor or liquid can pass, Used to support tower packing (catalyst, rasching rings, etc.).

Undercut:
A groove melted into the base metal to the toe of a weld and left unfilled by weld metal.

Vapor Pressure:
The pressure of the vapor space above the liquid in a closed container. It increases with increasing temperature.

Vortex breaker:
A device located inside a vessel at the outlet connection. Generally consisting of plates welded together to form the shape of a cross. The vortex breaker prevents cavitation in the liquid passing through the outlet connection.

Wrought Iron:
Iron refined to a plastic state in a pudding furnace. It is characterized by the presence of about 3 per cent of slag irregularly mixed with pure iron and about 0.5 per cent carbon.