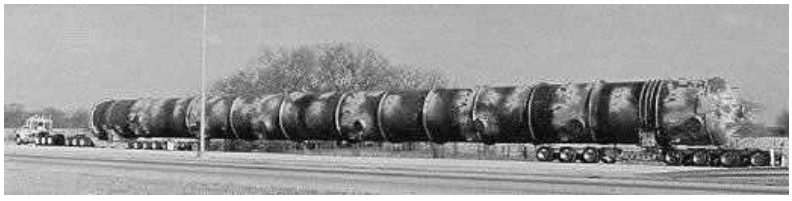
بسم الله الرحمن الرحیم

اصول طراحی و ساخت مخازن جدار نازک

آشنایی کلی با این درس:

- **کاربرد مخاذن تحت فشار در:**
  - **صنایع نفت و گاز**
  - **صنایع پتروشیمی**
  - **نیروگاهها**
  - **...**

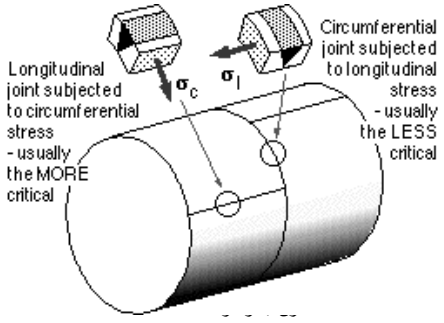


نیازمندی به این موضوع:

مشکلات اجرائی در ساخت سازه های جوشکاری شده

اهداف

- آموزش اصول طراحی و ساخت مخازن جدار نازک به مهندسین جوشکاری برای در نظر گرفتن نکات طراحی در ساخت
- آموزش اصول بازرسی و نظارت در ساخت مخازن جدار نازک و در نظر گرفتن نکات طراحی در بازرسی و نظارت



موضوعات مطرح در این درس:

- بحث مواد
- بحث تنش ها محاسبات مربوطه
- بررسی فرآیندهای ساخت

مراحل ساخت یک سازه صنعتی

- طراحی
- ساخت
- بهره برداری و تعمیر

طراحی

- مشخص کردن نیازها
- تعیین شرایط کاری
- ارائه ایده اولیه
- ارائه طرح اولیه
- انتخاب مواد
- آنالیز تنش
- اصلاح احتمالی طرح
- مستند سازی
- نقشه های کارگاهی
- ...

ساخت

- بررسی روش های مختلف ساخت
- اتخاب روش و ابزار
- کنترل مواد اولیه
- اجرای عملیات ساخت
- کنترل کیفیت مرحله ای
- انجام تست های مورد نیاز
- ...

بهره برداری و تعمیر

- بررسی رفتار سازه در حین کار
- بررسی مشکلات موجود
- ارائه راه حل برطرف کردن آن
- ...

سرفصل مباحث کلاسی

- مقدمه ای بر طراحی مخازن
  - آشنایی با رفتار های مواد
  - مروری بر تنش
  - آشنایی با معیار های تسلیم
  - بررسی و آنالیز تنش در قطعات
  - تحلیل برخی مسایل

سرفصل مباحث کلاسی (ادامه)

- **آشنایی با طراحی مخازن**
  - **آشنایی با انواع مخازن**
  - **آشنایی با طراحی مخازن استوانه ای**
  - **آشنایی با طراحی مخازن کروی**
  - **آشنایی با نکات طراحی مخازن خاص**
  - **بررسی چند نوع مخزن خاص**
  - **آشنایی با قسمت های مختلف یک مخزن**
  - **برخی نکات در طراحی قسمت های مختلف یک مخزن**

سرفصل مباحث کلاسی (ادامه)

- **مقدمه ای بر ساخت مخازن**
  - **بررسی روش های ساخت یک مخزن**
  - **بررسی روش های کنترل کیفیت یک مخزن**
  - **بررسی روش های تعمیر یک مخزن**
  - **بررسی استاندارد های مطرح در این زمینه**
  - **بررسی طراحی بر اساس استاندارد ها**
  - **معرفی نرم افزار های مورد استفاده در طراحی مخزن**

پیشنهاد:

عنوان مبحث:

مقدمه ای بر طراحی مخازن

آشنایی با رفتار های مواد

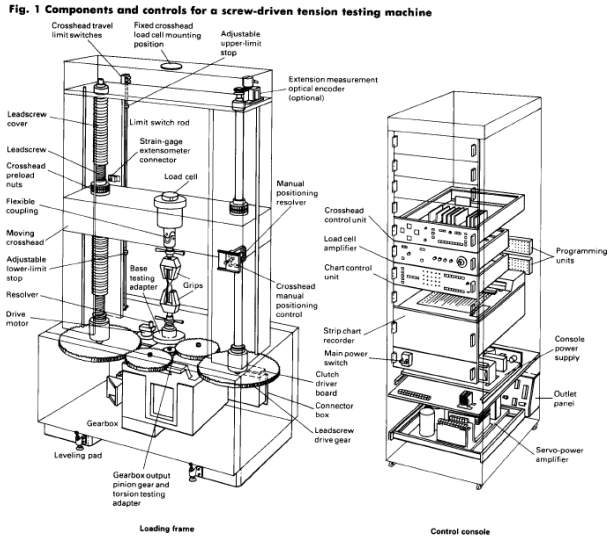
مواد مورد استفاده در ساخت مخزن چه رفتاری دارد؟
مواد مورد استفاده چقدر تحمل بار را داست؟
تحمل مواد در انواع بارگذاری ها چگونه است؟

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

دیاگرام تنش کرنش
رفتار ترد – رفتار نرم
خصوصیات مکانیکی مواد

دستگاه تست
کشش یک محوری

Fig. 1 Components and controls for a screw-driven tension testing machine



بررسی منحنی تنش - کرنش

Fig. 1 Engineering stress-strain curve
Intersection of the dashed line with the curve determines the offset yield strength. See also Fig. 2 and corresponding text.

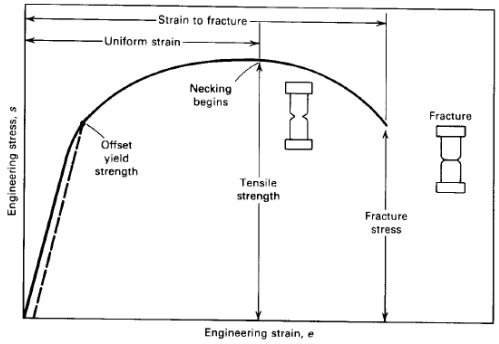
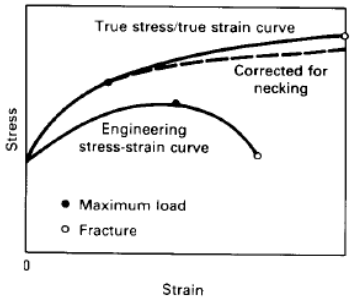


Fig. 6 Comparison of engineering and true stress/true strain curves



بررسی منحنی تنش - کرنش

$$\text{Elongation, \%} = \frac{(L_x - L_o)}{L_o} \cdot 100$$

$$e = \frac{\delta}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

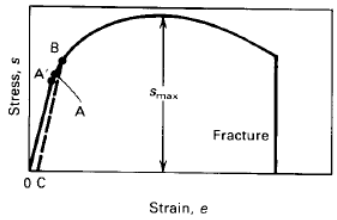
$$s = \frac{P}{A_0}$$

The tensile strength, or ultimate tensile strength, s_u, is the maximum load divided by the original cross-sectional area of the specimen:

$$s_u = \frac{P_{\max}}{A_0} \qquad \text{(Eq 3)}$$

Fig. 2 Typical tension stress-strain curve for ductile metal indicating yielding criteria

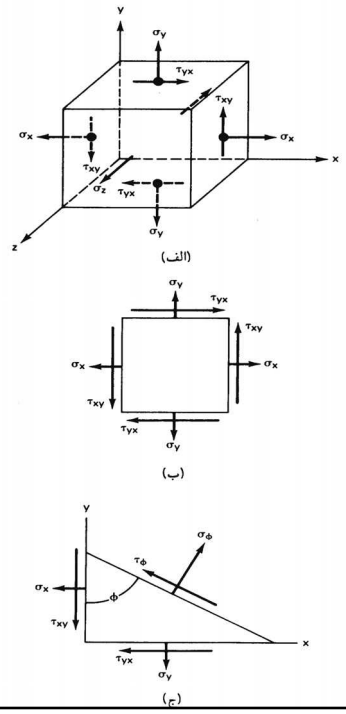
Point A, elastic limit; point A′, proportional limit; point B, yield strength; line C-B, offset yield strength; 0, intersection of the stress-strain curve with the strain axis

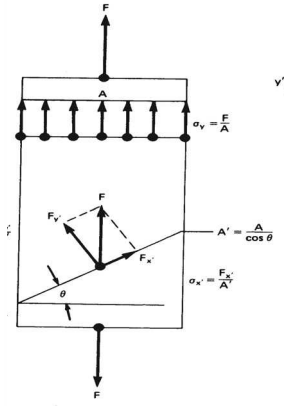


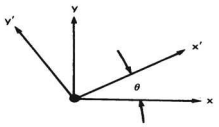
مروری بر تنش

- تنش نرمال
- تنش برشی
- المان تنش در قطعات
- دایره مور

المان تنش در قطعات







بررسی و آنالیز تنش در مخاذن تحت فشار

- **سازه های صنعتی مثل مخاذن تحت فشار دارای قسمت های مختلفی هستند.**
- **در هر مورد هر قسمت از سازه با توجه به شرایط بارگذاری می توان تنش های وارده را بدست آورد.**
- **با داشتن توزیع تنش ها در هر نقطه و مقایسه آن با شرایط بحرانی میتوان درباره آن قضاوت کرد.**

مفهوم معیار تسلیم

هر معیار تسلیم یک عبارت ریاضی اصل موضوعی برای حالتهای تنشی است که سبب تسلیم، یا آغاز تغییر شکل مومسان می‌شوند. کلیترین صورت این عبارتها چنین است

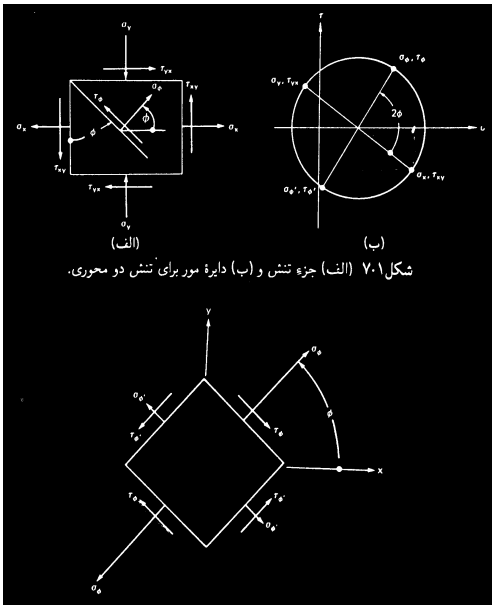
$$f(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}) = C \quad \text{مقدار ثابت} \qquad (۱۰۲)$$

یا، بر حسب تنشهای اصلی،

$$f(\sigma_۱, \sigma_۲, \sigma_۳) = C \qquad (۲۰۲)$$

دایره مور

- تنش های اصلی
- نیاز به تبدیل تنش ها



شکل۷.۱ (الف) جزء تنش و (ب) دایرهٔ مور برای تنش دو محوری.

آشنایی با معیار های تسلیم

- تئوری تنش ماکزیمم
- تئوری کرنش ماکزیمم
- تئوری برش ماکزیمم
- تئوری ماکزیمم انرژی کرنش
- تئوری ماکزیمم انرژی تغییر شکل

تئوری تنش ماکزیمم

- طبق این تئوری تسلیم وقتی اتفاق بوجود می آید که یکی از تنش های اصلی برابر تنش تسلیم کششی یا تنش تسلیم فشاری شود.

تئوری کرنش ماکزیمم

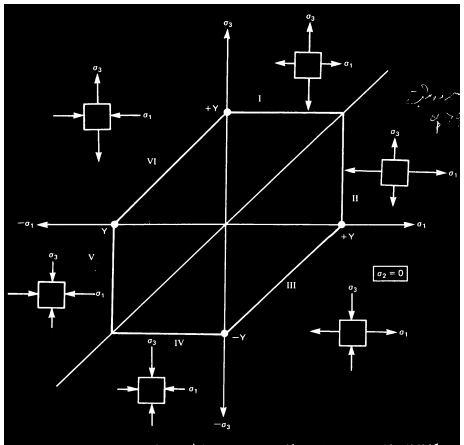
- **طبق این تئوری تسلیم وقتی اتفاق بوجود می آید که ماکزیمم مقدار کرنش اصلی برابر مقدار کرنش تسلیم در حالت کشش یا فشار شود.**

تئوری برش ماکزیمم یا Tresca

- **طبق این تئوری تسلیم وقتی اتفاق بوجود می آید که ماکزیمم تنش برشی به مقدار تحمل تنش برشی در قطعه تحت تنش کششی یا فشار ساده به هنگام تسلیم برسد.**

- **ماکزیمم تنش برشی در قطعه تحت تنش کششی ساده (تست کشش) برابر نصف تنش عمودی متناظر است.**

تئوری برش ماکزیمم یا Tresca



شکل۲۰۲ مکان هندسی تسلیم ترسکا. در شش بخش شرایط زیر برقرارند:

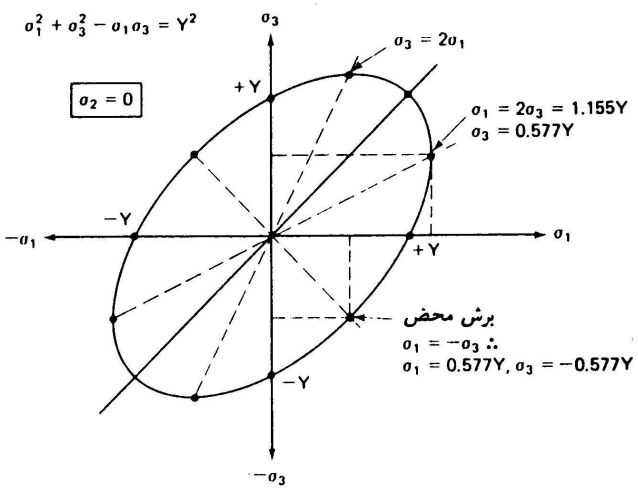
I $\sigma_3 = +Y$، پس $\sigma_3 > \sigma_1 > 0$	IV $\sigma_3 = -Y$، پس $0 > \sigma_1 > \sigma_3$
II $\sigma_1 = +Y$، پس $\sigma_1 > \sigma_2 > 0$	V $\sigma_1 = -Y$، پس $0 > \sigma_2 > \sigma_1$
III $\sigma_1 - \sigma_2 = +Y$، پس $\sigma_1 > 0 > \sigma_2$	VI $\sigma_3 - \sigma_1 = +Y$، پس $\sigma_3 > 0 > \sigma_1$

تئوری ماکزیمم انرژی کرنش

- **طبق این تئوری تسلیم وقتی اتفاق بوجود می آید که مجموع انرژی کرنش در واحد حجم برابر مجموع انرژی کرنش در واحد حجم نمونه تحت تنش کشش یا فشار ساده به هنگام تسلیم باشد.**

تئوری انرژی تغییر شکل یا Von Mises

- طبق این تئوری تسلیم وقتی اتفاق بوجود می آید که انرژی تغییر شکل برابر انرژی تغییر شکل نمونه تحت تنش کشش ساده به هنگام تسلیم باشد.

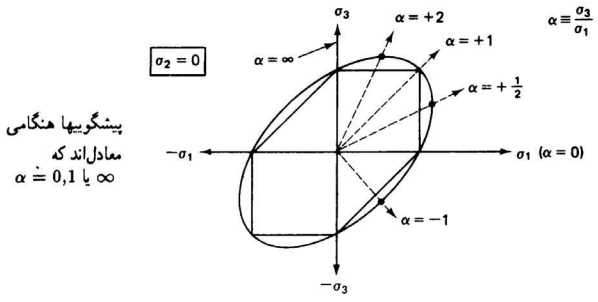


شکل۳.۲ مکان هندسی تسلیم فون میزز.

کدام تئوری را استفاده کنیم؟

- تئوری برش ماکزیمم یا Tresca
- تئوری انرژی تغییر شکل یا Von Mises

مقایسه تئوری Tresca با تئوری Von Mises



تحلیل برخی مسایل ساده

سوال:

عنوان مبحث بعدی:

آشنایی با طراحی مخازن

مخزن جدار نازک

- در این مخازن تنش ها در سطح مقطع یکنواخت است.
- در این مخازن خمش وجود ندارد.
- در این مخازن نسبت ضخامت به قطر کمتر از 0.1 است.

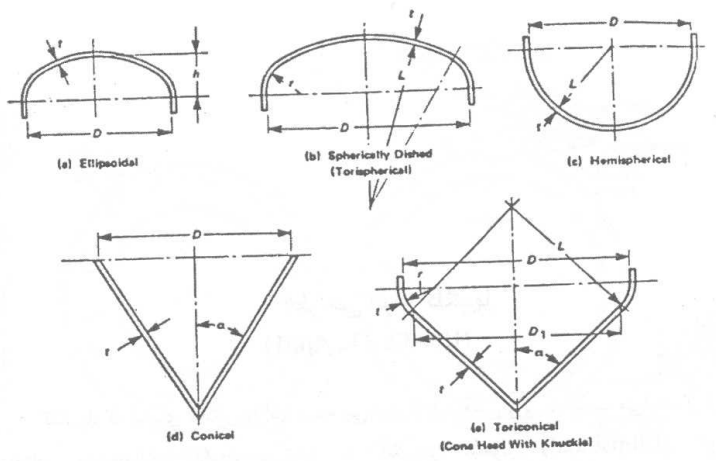
آشنایی با انواع مخازن

آشنایی با طراحی مخازن استوانه ای

آشنایی با طراحی مخازن کروی

آشنایی با نکات طراحی مخازن خاص

بررسی چند نوع مخزن خاص



برخی نکات در طراحی قسمت های مختلف یک مخزن

مقدمه ای بر ساخت مخازن

بررسی فرآیند ساخت مخزن

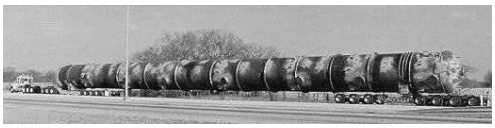
- طراحی مخزن
- تهیه نقشه های کارگاهی
- تحویل مواد اولیه
- کنترل کیفیت مواد اولیه
- برش کاری مواد طبق نقشه های کارگاه
- آماده سازی مواد
- فرم دهی مواد
- ساخت کلگی
- ساخت پوسته

بررسی فرآیند ساخت مخزن

جوشکاری و مونتاژ

- WPS و PQR
- تست جوشکار ها

- انجام تست های NDT
- عملیات حرارتی
- کنترل ابعادی
- هیدرو تست
- شتشو
- بسته بندی
- تهیه مدارک ساخت
- حمل و نقل



بررسی انواع کنترل کیفیت یک مخزن

- **کنترل کیفیت مواد اولیه**
  - **کنترل خواص متالورژیک**
  - **کنترل خواص مکانیک**
  - **کنترل خواص خوردگی**
- **کنترل کیفیت ساخت**
  - **کنترل کیفیت جوشکاری**
  - **کنترل کیفیت عملیات های دیگر**
- **کنترل ابعادی**
- **کنترل نهایی**

بررسی استاندارد های مطرح در زمینه طراحی مخازن تحت فشار

معرفی استانداردهای طراحی مخازن تحت فشار

استانداردهای مختلفی در طراحی مخازن تحت فشار وجود دارد. ضوابط و رابطه‌های این استانداردها به صورت یک قانون برای طراحی درآمده است. به طوری که استناد به این استانداردها و استفاده از آنها ناگزیر شده است.

بعضی از استانداردهای شناخته شده‌ای که در زمینهٔ طراحی مخازن تحت فشار و مخازن ذخیره موجودند به قرار زیرند :

- ASME Boiler And Pressure Vessel Code
- BS 5500
- AD-MARK BLATT (DIN)
- API 620 , API 650

استاندارد ASME، استاندارد کامل و شناخته شده در مخازن تحت فشار و انواع بویلرها می‌باشد. این استاندارد آمریکایی که در چندین جلد مختلف موجود می‌باشد دربارهٔ انواع موارد مربوط به مخازن از جمله طراحی، انواع جنس مخازن، نوع ساخت، روشهای اتصال و موارد دیگر بحث کرده است.

بخشهای مختلف استاندارد ASME به قرار زیرند:

Sections	Topic
I	Rules for Construction of Power Boiler
II	Material Part A - Ferrous Material Specification Part B- Nonferrous Material Specification Part C - Specifications for Welding Rods, Electrodes and Fillet Materials Part D - Properties
III	Subsection NCA - General Requirements for Division1 and Division2
III	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
III	Division 2 - Code for Concerete Reactor Vessels and Containments
III	Division 3 - Containment Systems for Storage and Transport Packagings 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 Boiler
VII	Recommended Guidelines for the Care or Power Boiler
VIII	Rules for Construction of Pressure Vessels Division 1 Division 2 - Alternative Rules Division 3 - Alternative Rules for Construction of High Presure Vessels
IX	Welding and Brazing Qualifications
X	Fiber-Reinforced Plastic Pressure Vessels
XI	Rules for Inservice Inspection of Nonclear Power Plant Components

بخش های مختلف استاندارد

ASME

مقایسه قسمتهای مختلف بخش II استاندارد طراحی مخازن تحت فشار

این استاندارد در سه قسمت[1] موجود می‌باشد. در قسمت اول (Div1) این استاندارد، طراحی مخازن تحت فشار، به وسیله کدها و رابطه‌های موجود بیان شده است و معیار مورد استفاده در این قسمت، حداکثر تنش نرمال می‌باشد که با ضریب اطمینان ۳/۵ در نظر گرفته شده است. در قسمت دوم (Div2) این استاندارد، بحث طراحی مخازن تحت فشار با توجه به دسته‌بندی کردن تنشهای مختلف در نظر گرفته شده است. معیار مورد استفاده در این قسمت، معیار حداکثر تنش برشی می‌باشد که با ضریب اطمینان سه، در نظر گرفته شده است. در قسمت دوم استاندارد ASME با توجه به این که چه تنشی، کدام گسیختگی را به وجود می‌آورد، تنشها دسته‌بندی می‌شوند و برای هر کدام از آنها حدی تعریف می‌شود که مقدار مجاز آن تنش می‌باشد. پنج نوع تنش مختلف که باعث گسیختگی انواع سازه‌ها می‌شود و در قسمت دوم استاندارد وجود دارند به شرح زیرند:

P_m : تنش غشایی (General Primary Membrane Stress)

P_L : تنش محلی (Primary Local Stress)

P_b : تنش خمشی (Primary Bending Stress)

G : تنش ثانویه (Secondary Stress)

F : تنش لحظه‌ای (Peak Stress)

مهمترین مسأله در کار با قسمت دوم، تشخیص بین تنشهای اولیه و ثانویه است.

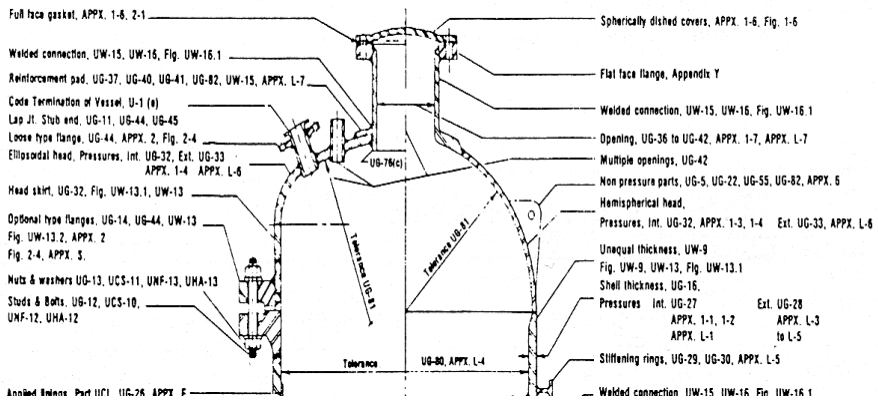
روابط و ضابطه‌های طراحی در قسمت دوم این استاندارد، می‌تواند برای طراحی انواع سازه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. کار با این قسمت از استاندارد نسبت به قسمت اول سختتر است و اکثر طراحیها در ایران بر اساس قسمت اول صورت می‌گیرد.

استاندارد BS 5500، استاندارد بریتانیایی است که در طراحی مخازن وجود دارد.

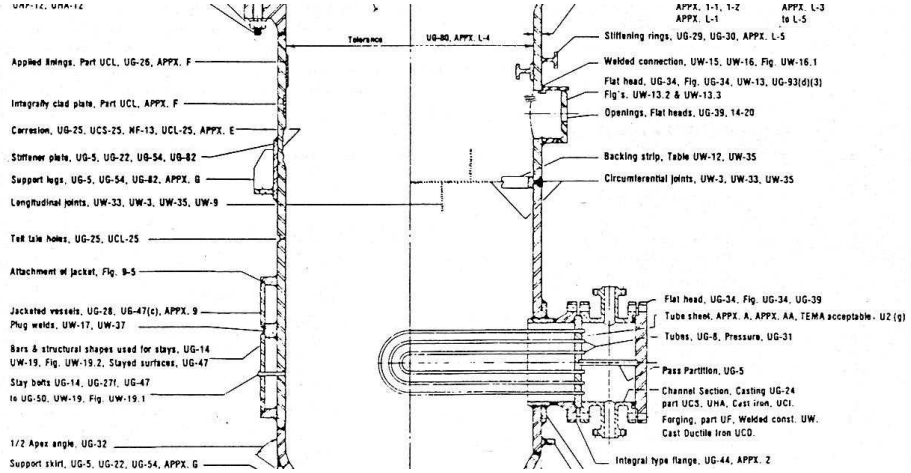
استاندارد DIN نیز استاندارد کشور آلمان برای طراحی مخازن تحت فشار است که در آن ضریب اطمینان ۲ در نظر گرفته شده است.

استاندارد API، استاندارد موجود در طراحی مخازن ذخیره است که دو نسخه API 620 و API 650 در این زمینه کاربرد بیشتری دارند.

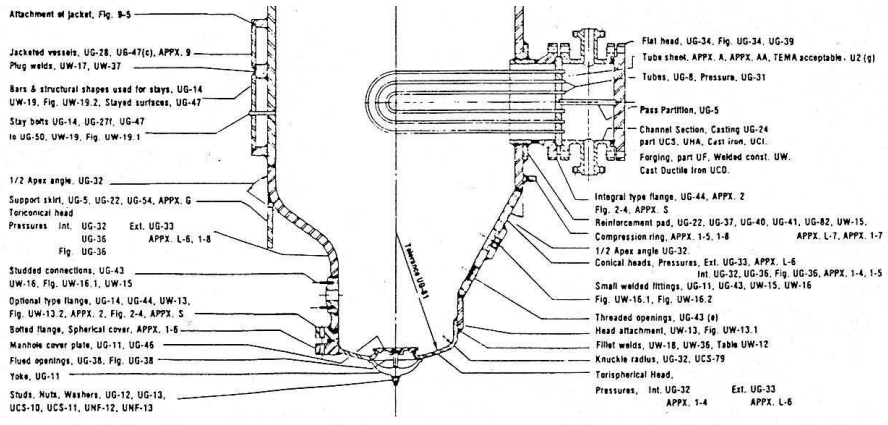
آشنایی با قسمت های مختلف یک مخزن : قسمت اول



آشنایی با قسمت های مختلف یک مخزن : قسمت دوم



آشنایی با قسمت های مختلف یک مخزن : قسمت سوم



معرفی بخش های مربوط از استاندارد

GENERAL NOTES

HEAT TREATMENT UG-85, UW-10, UW-40, UF-31, UCS-56, TABLE UCS-56, UCS-79(d) UCS-85, UNF-56, UHA-32, UHA-105, UCL-34
INSPECTION UG-90 THRU UG-97, U-1 (j)
INSPECTION OPENINGS UG-46
JOINT EFFICIENCY UW-12, & TABLE UW-12
LETHAL SERVICE UW-2(a), UCD-2, & UCI-2
LOADINGS UG-22
LOW TEMPERATURE UG-84, UW-2(b), NF-6, UCS-65, UCS-66, UCS-67, UNF-65, UCL-27, & PART ULT
MATERIALS UG-4 THRU UG-15, UG-18, UG-77, UCL-11 & UW-5 TABLES NF-1 THRU NF-5
PRESSURE, DESIGN UG-19, & UG-21 MAX. ALLOWABLE WORKING UG-98
TEMPERATURE, DESIGN UG-19, UG-20
PRESSURE VESSELS SUBJECT TO
DIRECT FIRING UW-2(c), U-1(h)
RADIOGRAPHIC EXAM UW-11, UW-51, UCS-57, UNF-57, UHA-33, & UCL-35 SPOT EXAM OF WELDED JOINT UW-52 NO RADIOGRAPH UW-11(c)
RELIEF DEVICES UG-125 THROUGH UG-136, APPX. 11
REPAIRS UG-78, UW-38, UW-40(d), UF-37, UCI-78
STRESS MAX. ALLOW., VALUE UG-23, UW-12(c), UCS-23, UNF-23, UHA-23, UCL-23
TESTING
HYDROSTATIC UG-99, UCI-99, UCL-52, APPX. 3
PNEUMATIC UW-50 & UG-100
PROOF UG-101
NON-DESTRUCTIVE MAG. PART. APPX. 6, UW-42, UW-50 LIQ.PENE. APPX. 8, UNF-58, UHA-34, UW-42, UW-50 ULTRASONIC APPX. 12, UW-11(a)(7), UW-53 IMPACT UG-84, UCS-66, UHA-51, NF-6
STAMPING & REPORTS UG-115 THRU UG-120
STANDARDS U-3
UNFIRED STEAM BOILERS UW-2(c), U-1(g)
QUALITY CONTROL SYSTEM APPENDIX 10, UW-26

روابط طراحی بر اساس استاندارد ASME

General Vessel Formulas

Part	Stress Formula	Thickness, t I.D.	Thickness, t O.D.	Pressure, P I.D.	Pressure, P O.D.	Stress, S I.D.	Stress, S O.D.
Shell							
Longitudinal [1, Section UG-27(c)(2)]	$\sigma_x = \frac{PR_m}{2t}$	$\frac{PR_i}{2SE + .4P}$	$\frac{PR_o}{2SE + 1.4P}$	$\frac{2SEt}{R_i - .4t}$	$\frac{2SEt}{R_o - 1.4t}$	$\frac{P(R_i - .4t)}{2Et}$	$\frac{P(R_o - 1.4t)}{2Et}$
Circumferential [1, Section UG-27(c)(1); Section 1-1(a)(1)]	$\sigma_\phi = \frac{PR_m}{t}$	$\frac{PR_i}{SE - .6P}$	$\frac{PR_o}{SE + .4P}$	$\frac{SEt}{R_i + .6t}$	$\frac{SEt}{R_o - .4t}$	$\frac{P(R_i + .6t)}{Et}$	$\frac{P(R_o - .4t)}{Et}$
Heads							
Hemi-sphere [1, Section 1-1(a)(2); Section UG-27(d)]	$\sigma_x = \sigma_\phi = \frac{PR_m}{2t}$	$\frac{PR_i}{2SE - .2P}$	$\frac{PR_o}{2SE + .8P}$ #	$\frac{2SEt}{R_i + .2t}$	$\frac{2SEt}{R_o - .8t}$	$\frac{P(R_i + .2t)}{2Et}$	$\frac{P(R_o - .8t)}{2Et}$
Ellipsoidal [1, Section 1-4(c)]	See PROCEDURE 2-2	$\frac{PD_iK}{2SE - .2P}$	$\frac{PD_oK}{2SE + 2P(K - .1)}$	$\frac{2SEt}{KD_i + .2t}$	$\frac{2SEt}{KD_o - 2t(K - .1)}$	See PROCEDURE 2-2	
2:1 S.E. [1, Section UG-32d]	"	$\frac{PD_i}{2SE - .2P}$	$\frac{PD_o}{2SE + 1.8P}$	$\frac{2SEt}{D_i + .2t}$	$\frac{2SEt}{D_o - 1.8t}$	"	
100%–6% Torispherical [1, Section UG-32(e)]	"	$\frac{.885PL_i}{SE - .1P}$	$\frac{.885PL_o}{SE + .8P}$	$\frac{SEt}{.885L_i + .1t}$	$\frac{SEt}{.885L_o - .8t}$	"	
Torispherical $L_i/r < 16.66$ [1, Section 1-4(d)]	"	$\frac{PL_iM}{2SE - .2P}$	$\frac{PL_oM}{2SE + P(M - .2)}$	$\frac{2SEt}{L_iM + .2t}$	$\frac{2SEt}{L_oM - t(M - .2)}$	"	
Cone							
Longitudinal	$\sigma_x = \frac{PR_m}{2t\cos\alpha}$	$\frac{PD_i}{4\cos\alpha(SE + .4P)}$	$\frac{PD_o}{4\cos\alpha(SE + 1.4P)}$	$\frac{4SEt\cos\alpha}{D_i - .8t\cos\alpha}$	$\frac{4SEt\cos\alpha}{D_o - 2.8t\cos\alpha}$	$\frac{P(D_i - .8t\cos\alpha)}{4Et\cos\alpha}$	$\frac{P(D_o - 2.8t\cos\alpha)}{4Et\cos\alpha}$
Circumferential [1, Section 1-4(e); Section UG-32(g)]	$\sigma_\phi = \frac{PR_m}{2t\cos\alpha}$	$\frac{PD_i}{2\cos\alpha(SE - .6P)}$	$\frac{PD_o}{2\cos\alpha(SE + .4P)}$	$\frac{2SEt\cos\alpha}{D_i + 1.2t\cos\alpha}$	$\frac{2SEt\cos\alpha}{D_o - .8t\cos\alpha}$	$\frac{P(D_i + 1.2t\cos\alpha)}{2Et\cos\alpha}$	$\frac{P(D_o - .8t\cos\alpha)}{2Et\cos\alpha}$

طراحی جوش مخزن با استفاده از استاندارد

JOINT EFFICIENCIES (ASME CODE) [3]

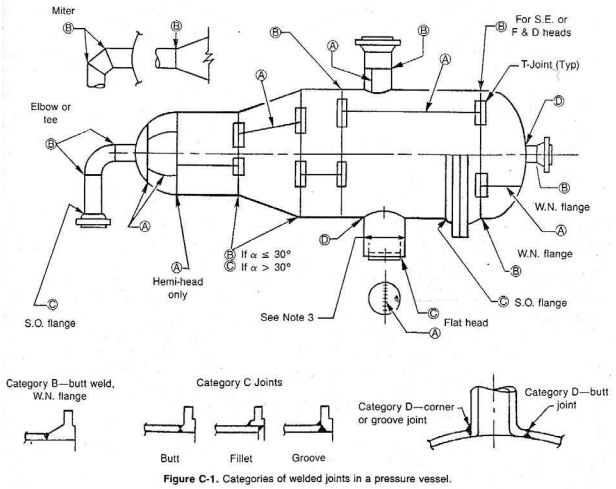


Figure C-1. Categories of welded joints in a pressure vessel.

مقادیر ضریب جوش و ماده در شرایط مختلف تستRT

Values of Joint Efficiency, E, and Allowable Stress, S

Extent of Radiography	Case 1				Case 2				Case 3				Case 4			
	Seamless Head		Seamless Shell		Seamless Head		Welded Shell		Welded Head		Seamless Shell		Welded Head		Welded Shell	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Full (RT-1)	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%
Spot (RT-3)	1.0	85%	1.0	85%	1.0	85%	.85	100%	.85	100%	1.0	85%	.85	100%	.85	100%
Partial	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	.85	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	.85	100%
None	1.0	80%	1.0	80%	1.0	80%	.7	100%	.7	100%	1.0	80%	.7	100%	.7	100%

Table C-2
Joint Efficiencies

	Types of Joints		Full	X-Ray Spot	None
1		Single and double butt joints	1.0	.85	.7
2		Single butt joint with backing strip	.9	.8	.65
3		Single butt joint without backing strip	~	~	.6
4		Double full fillet lap joint	~	~	.55
5		Single full fillet lap with plugs	~	~	.5
6		Single full fillet lap joint	~	~	.45

Notes

1. In Table C-1 joint efficiencies and allowable stresses for shells are for longitudinal seams only! All joints are assumed as Type 1 only! Where partial radiography is shown it is assumed that all requirements for partial radiography have been met for head, and shell is spot R.T.
2. *Partial radiography:* Applies to vessels *not* fully radiographed where the designer wishes to apply a joint efficiency of 1.0 per ASME Code, Table UW-12, Column 1, for only a specific part of a vessel. Any x-rays that fulfill this requirement must be interpreted per ASME Code, Section UW-51, kept for a minimum of five years, and the locations of spots selected by the authorized inspector.
   Specifically for any part to meet the requirements of partial R.T., you must meet the following:
   - *(ASME Code, Section UW-11(5)):* Fully X-ray any Cat. A or D *butt* welds
   - *(ASME Code, Section UW-11(5)(b)):* X-ray any T-junctions and at least 6 in. of any Category B or C *butt* welds attaching the part
   - *(ASME Code, Section UW-11(5)(a)):* All butt joints must be Type 1
3. Any Category B or C butt weld in a nozzle or communicating chamber of a vessel or vessel part which is to have a joint efficiency of 1.0 and exceeds either 10 in. nominal pipe size or 1⅛ in. in wall thickness shall be fully radiographed. See ASME Code, Sections UW-11(a)(4) and UW-11(a)(5)(b).

انتخاب مواد برای ساخت مخازن تحت فشار

MATERIAL SELECTION GUIDE

	Design Temperature, °F	Material	Plate	Pipe	Forgings	Fittings	Bolting
Cryogenic	– 425 to – 321	Stainless steel	SA-240-304, 304L, 347, 316, 316L	SA-312-304, 304L, 347, 316, 316L	SA-182-304, 304L, 347, 316, 316L	SA-403 304, 304L, 347, 316, 316L	SA-320-B8 with SA-194-8
	– 320 to – 151	9 nickel	SA-353	SA-333-8	SA-522-I	SA-420-WPL8	
Low temperature	– 150 to – 76	3½ nickel	SA-203-D	SA-333-3	SA-350-LF63	SA-420-WPL3	SA-320-L7 with SA-194-4
	– 75 to – 51	2½ nickel	SA-203-A				
	– 50 to – 21	Carbon steel	SA-516-55, 60 to SA-20	SA-333-6	SA-350-LF2	SA-420-WPL6	
	– 20 to 4		SA-516-All	SA-333-1 or 6			SA-193-B7 with SA-194-2H
	5 to 32		SA-285-C	SA-53-B SA-106-B	SA-105 SA-181-60,70	SA-234-WPB	
Intermediate	33 to 60		SA-516-All SA-515-All SA-455-II				
	61 to 775						
Temperature	776 to 875	C-½Mo	SA-204-B	SA-335-P1	SA-182-F1	SA-234-WP1	
	876 to 1000	1Cr-½Mo	SA-387-12-1	SA-335-P12	SA-182-F12	SA-234-WP12	
		1¼Cr-½Mo	SA-387-11-2	SA-335-P11	SA-182-F11	SA-234-WP11	
	1001 to 1100	2¼Cr-1Mo	SA-387-22-1	SA-335-P22	SA-182-F22	SA-234-WP22	with SA-193-B5 SA-194-3
Elevated	1101 to 1500	Stainless steel	SA-240-347H	SA-312-347H	SA-182-347H	SA-403-347H	SA-193-B8 with SA-194-8
		Incoloy	SB-424	SB-423	SB-425	SB-366	
	Above 1500	Inconel	SB-443	SB-444	SB-446	SB-366	

From Bednar, H. H., *Pressure Vessel Design Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., 1981.

اندازه‌های بهینه برای مخزنهای با حجم معلوم

برای ساختن مخازن با حجم معلوم و استفاده از حداقل مواد، طول و قطر، یک اندازه مشخص دارد. البته این اندازه‌ها زمانی به کار می‌روند که محدودیتی از لحاظ انتخاب اندازه‌ها وجود نداشته باشد. به عنوان مثال طبق پروسه زیر می‌توان اندازه بهینه را برای مخازن با حداکثر فشار ۱۰۰۰psi و کلگیهای بیضوی به دست آورد.

مقدار F از فرمول زیر به دست آورده می‌شود:

$$F = \frac{P}{CSE}$$

که در آن:

P(psi): فشار طراحی برای مخزن است.

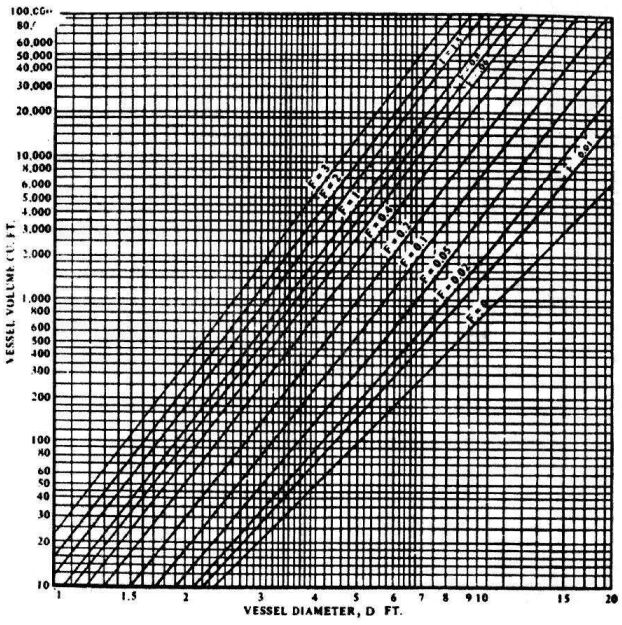
C(in): خوردگی مجاز می‌باشد.

S(psi): تنش مجاز مادهٔ مخزن است.

E: بازده اتصالات است.

با مقدار به دست آمده برای F و داشتن حجم مخزن، اندازه قطر بهینه از نمودار شکل زیر به دست می‌آید. و طول مخزن نیز از فرمول زیر به دست آورده می‌شود:

$$L = \frac{4V}{\pi D^2}$$



نمودار تعیین فاکتور F

شکل ۷-۱: فاکتور F برای به دست آوردن حجم بهینه مخزن

برگ طراحی مخزن طبق استاندارد ASME

DESIGN DATA SHEET FOR VESSELS

1 Customer/Client					
2 Customer Order No.					
3 Shop Order No.					
4 Design Drawing					
5 Specifications					
6 Vessel Name					
7 Equipment/Item Number					
8 Design Code & Addenda					
9 Design Pressure & Temperature	Internal		External		
10 Operating Pressure & Temperature					
11 Vessel Diameter					
12 Volume					
13 Design Liquid Level					
14 Contents & Specific Gravity					
15 Service					
16 MAWP (Corrosion at Design Temperature)			Limited by		
17 MAP (N & C)					
18 Test pressures	Shop		Field		
19 Heat treatment					
20 Joint efficiencies	Shell				
	Heads				
21 *Corrosion allowance	Shell		22 Flange ratings		
	Heads		MAP:	psig at Ambient	
	Nozzles		MAWP:	psig at D.T.	
	Boot		Hydro:	psig	

23 Materials		24 Allowable Stress	Ambient	D.T.
Shell				
Heads				
Nozzles				
Flanges				
Bolting				
Supports				
25 Weights	Fabricated	Operating		
	Empty	Test		
26 Notes/remarks				

مخزن جدار نازک

61

SUMMARY OF REQUIREMENTS FOR 100% X-RAY AND PWHT*

P No.	GRP. No.	Material Description	PWHT	Temperature °F	100% R.T.
1	1	Carbon steel : SA-36, SA-285-C, SA-515/-516 Grades 55, 60, 65	> 1.5"	1100°	> 1.25"
	2	Carbon steel : SA-515/-516 Grade 70, SA-455-I or II	> 1.5"	1100°	> 1.25"
3	1	Low alloy : C-½Mo(SA-204-B)	> .625"	1100°	> .75"
	2	Low alloy : ½Cr-½Mo (SA-387-2-2)	> .625"	1100°	> .75"
	3	Low alloy : Mn-Mo (SA-302-B)	All	1100°	> .75"
4	1	Low alloy : 1Cr-½Mo (SA-387-12-2) 1¼Cr-½Mo (SA-387-11-2)	(1)	1100°	> .625"
5	1	Low alloy : 2¼Cr-1Mo (SA-387-22-2) 3Cr-1Mo (SA-387-21-2)	All	1250°	All
	2	Low alloy : 5,7,9Cr-½Mo	All	1250°	All
6	1	13Cr (410) Martensitic SST	(2)	1250°	(2)
7	1	13Cr (405,410S) Martensitic SST	(2)	1350°	(2)
	2	17Cr (430) Ferritic SST	All	1350°	(2)
8	1	(304,316,321,347) Austenitic SST	–	1950°	> 1.5"
	2	(309,310) Austenitic SST	–	1950°	> 1.5"
9A	1	Low alloy : 2½Ni (SA-203-A,B)	> .625"	1100°	> .625
9B	1	Low alloy : 3½Ni (SA-203-D,E)	> .625"	1100°	> .625
41	–	Nickel 200	–	–	> 1.5"
42	–	Monel 400	–	–	> 1.5"
43	–	Inconel 600, 625	–	–	> .375"
45	–	Incoloy 800, 825	–	–	> .375"

* Per ASME Code, Section VIII, Div. 1 for commonly used materials.

Notes:

1. See ASME Code, Section VIII, Div. 1, Table UCS-56, for concessions/restrictions.
2. PWHT or radiography depends upon carbon content, grade of material, type of welding, thickness, preheat and interpass temperatures, and types of electrodes. See ASME Code, Section VIII, Div. 1, Table UHA-32, and paragraphs UHA 32 and 33 for concessions/restrictions.
3. Radiography shall be performed after PWHT when required. 100% R.T. is required for all vessels in lethal service (ASME Code UW-2(a)). Materials requiring impact testing for low temperature service shall be PWHT (ASME Code, UCS-67(c)).
4. Radiography applies to category A and B, type 1 or 2 joints only. Thicknesses refer to thinner of two materials being joined.

تست RT
عملیات PWHT

62

سوال؟

پایان