

# **Storage Tank**

## سر فصل

فصل اول	[مخازن نفتی و استانداردهای آن]	4
فصل دوم	[خوردگی و روش پیشگیری. شناخت اتصالات]	17
فصل سوم	[اجزاء مخازن]	27
فصل چهارم	[تست‌ها و تله‌رانسها]	75

ایران دارای منابع بسیار زیاد طبیعی است، منابعی چون سنگ‌های معدنی، نفت و گاز و ... یکی از منابع ارزشمند که در چرخه اقتصادی کشور نقشی بسیار با اهمیت را ایفا می‌کند نفت است. در سال‌های اخیر کارهای فراوانی جهت پیشرفت صنعت استخراج، ذخیره و تصفیه نفت انجام پذیرفته است، البته باید بیان کنیم که برای برداشتن گام‌هایی بزرگ‌تر در این مسیر باید صنعت و دانشگاه دست به دست هم دهند تا کشور از نیازمندی به خارج مستغنی شود، به همین دلیل بر آن شدیم تا به بررسی گوشه کوچکی از این صنعت بزرگ یعنی بحث ذخیره بپردازیم.

یکی از تجهیزات مهم پالایشگاهی مخازن‌اند که بنا بر موقعیت جغرافیایی و خاک و سایر پارامترهای کاری طراحی آنها انجام می‌پذیرد.

البته باید دقت نمود که برای اینکه تجهیز سازی ساخته شود باید قبل از شروع کار از نظر انتخاب ماده و چگونگی اتصال آنها به یکدیگر اطلاعات درست و کافی در اختیار باشد که رشته تخصصی دانشجویان مواد و متالورژی می‌باشد ولی با این وجود در این مجموعه سعی شده است که اطلاعات عمومی در این باره نیز ارائه گردد.

در این مجموعه در فصل اول به استانداردهای مورد استفاده و مواد مصرفی در فصل دوم به خوردگی و اتصالات در فصل سوم به شناخت اجزاء اصلی مخزن و در پایان ، در فصل چهارم به تستهای عمده پرداخته شده است.

روشهای تست کردن صحیح مخزن باید به دقت بررسی شود تا مخزن ساخته شده مطابق استانداردهای جهانی باشد، گرچه این مجموعه جزئی بسیار کوچک از صنعت بزرگ نفت باشد اما امیدواریم که این مجموعه بتواند ایده اولیه را به خوانندگان عزیز بدهد تا شاهد عمری طولانی برای تجهیزات و نتیجتاً صرفه‌جویی و کمک به اقتصاد کشور باشیم.

## فصل اول

### مخازن نفتی و استانداردهای آن

## 1-1 مخازن

در حالت کلی می‌توان مخازن را به دو دسته عمده مخازن روی سطح زمین و مخازن زیرزمینی تقسیم‌بندی نمود. عموماً روش ساخت مخازن روی زمین از مخازن زیرزمینی ساده‌تر می‌باشد، در این نوع مخازن نیز بنابر اینکه جهت مواد نفتی استفاده می‌شوند یا خیر استانداردها، متفاوت می‌باشند. اگر از دیدگاه ذره‌بینی‌تر مخازن را تقسیم‌بندی نمائیم به صورت زیر است:

1) مخازن اتمسفریک (Atmospheric Tank)

2) مخازن با فشار کم (Low – pressure Tank)

3) مخازن تحت فشار (High – Pressure Tank)

مخازن مجموعه اول که به مخازن اتمسفریک شناخته می‌شوند در فشار 0 تا 5 psig کار و طراحی می‌شوند استاندارد این مجموعه API650 می‌باشد که توسط انجمن استاندارد آمریکا این استاندارد تهیه شده است و می‌توان گفت که معتبرترین استاندارد موجود برای ساخت ابتدایی این مخازن می‌باشد. از آنجا کلمه ابتدایی را بکار بردیم که برای تعمیرات این مخازن از این استاندارد استفاده نمی‌شود بلکه از استاندارد API653 استفاده می‌شود و آن هم به این علت است که با تعمیر کردن مخازنی که چندین سال کار می‌کردند مطابق استاندارد API650 دیده شد که مشکلاتی برای مخازن بوجود آمد و بعد از آن استاندارد API653 تدوین گردید.

دسته بعدی مخازن، مخازن با فشار پایین‌اند که در طراحی و عمل آن مخازن فشار در محدوده 0/5 تا 15 psig می‌باشد که استاندارد طراحی این مخازن API620 می‌باشد، البته این استاندارد بسیار نزدیک API650 می‌باشد و نکته اصلی آنها اختلاف نوع ماده مصرفی می‌باشد و همچنین تغییر ضرایب اطمینان به دلیل افزایش فشار است.

در گروه سوم که مجموعه بزرگی از مجموعه مخازن را در برمی‌گیرند مخازن تحت فشاراند که استاندارد طراحی این مخازن ASME SeE 8.Div 1 می‌باشد، در این نوع مخازن نوع ماده مصرفی باید دارای تحمل تنش بالاتری نسبت به دو حالت قبلی داشته باشند و همچنین تست‌های بیشتر و با محدوده تیرانس کمتری دارند، و آن هم به دلیل فشار کار مخازن می‌باشد که در صورت عدم ساخت مناسب ضررهای زیادی به- سیستم وارد می‌کنند.

همانطور که ابتدائاً ذکر کردیم در این مجموعه به بررسی مجموعهٔ اول مخازن یعنی مخازن اتمسفریک می‌پردازیم، استاندارد طراحی این مخازن همانطور که بیان شد API650 است، این استاندارد ماده، طراحی، ساخت و نصب و تست مخازن عمومی سیلندری، روی زمین، سرباز و سر بسته، جوشی را در حالت اتمسفریک می‌پوشاند البته باید متذکر شویم برای فشار کمی بالاتر در بخش اپن‌دیکس‌های آن اطلاعاتی آمده است. البته باید متذکر گردیم که در حالت اتمسفریک برای مخازن افقی استاندارد BS 2594 است که اینجا موضوع بحث نیست.

### 1-1-1 حدود قابل پذیرش

استاندارد API650 برای حالتی که کف مخزن یکنواخت باشد و سیال داخل آن یخ نزند و همچنین ماکزیمم دمای آن 200 درجه فارنهایت است مورد پذیرش است. باید بیان کنیم که این مخازن بنابر سائزهای خاص انتخاب نگردیده است بلکه طراحی آن حالت کلی دارد و از این نظر قابلیت مناسبی را داراست و در این استاندارد موارد زیر بطور خاصی آمده است:

❖ مخازنی که پوسته و ورق‌های تقویتی آن حداکثر  $\frac{1}{2}$  اینچ باشد.

❖ فونداسیون مخازن

❖ قانونهایی در مورد نوع‌های خاصی از سقف مخازن

❖ بررسی دقیق اثرات زلزله و باد

❖ محاسبات دقیق بدنه

❖ دیتاشیت صحیح که توسط کارفرما باید تکمیل گردد.

❖ یک بخش که اجازهٔ دمای طراحی تا 500 درجه فارنهایت را می‌دهد.

❖ بررسی دقیق کف مخزن

❖ بررسی نازل‌ها و بار ناشی از Piping

در بخش بعدی پیشنهادات آمده در مورد مواد مصرفی این مخازن را خواهیم دید.

## 2-1 مواد مصرفی در مخازن اتمسفریک

یک طراح می‌تواند با استفاده از این استاندارد طراحی کاملی را انجام دهد و مواد مناسب را نیز انتخاب کند البته ممکن است خریدار نظر دیگری داشته باشد و به همین دلیل باید هماهنگی با کارفرما نیز صورت پذیرد.

برخی از ورق‌ها را در گروه‌بندی‌های جلوتر خواهیم دید، عموماً ورق‌ها بر اساس ضخامت و یا وزن سفارش داده می‌شوند، باید دقت نمود که ضخامت ورق نباید حتی به مقدار خیلی کم، کمتر از ضخامت طراحی باشد و باید بیان کنیم ماکزیمم تیرانس 0/01 اینچ است و بیان می‌کنیم که ورق‌ها در کوره سرباز، کوره الکتریکی یا پروسه اکسیژنی اولیه، تولید می‌گردند.

باز هم متذکر می‌شویم که هم اکنون در ساخت مخازن ذخیره بیشتر از کربن استیل استفاده می‌گردد که حداقل استقامت کششی آنها 30 تا 60 کیلوپوند بر اینچ مربع باشد. برای سادگی انتخاب مواد جداولی تعیین شده است که بر اساس تست‌های مخرب نظیر تست کشش و تنش به بهترین نحو چیده شده‌اند.

جدول 1-1 آنالیز مواد در گروههای مختلف [1]

Group	Specification	Grade	Composition										
			C <sub>max</sub>	Mn <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>	Si <sub>max</sub>	Cu <sub>max</sub>	Cr <sub>max</sub> <sup>1</sup>	Ni <sub>max</sub> <sup>2</sup>	Mo <sub>max</sub> <sup>3</sup>	V <sub>max</sub> <sup>4</sup>	Nb <sub>max</sub> <sup>5</sup>
I As rolled, semikilled	A 283	C	0.24	0.30	0.04	0.05	0.15	0.20*					
	A 285	C	0.26	0.30		0.04							
	A 181	A	0.26		0.05	0.05	0.05						
	A 36		0.25		0.04	0.05	0.05	.20†					
II As rolled, semikilled or killed	A 181	B	0.21	0.9-1.1	0.04	0.04	0.35						
	A 36	Modified	0.25	0.9-1.2	0.04	0.05	—						
	A 442	55	0.24*	0.8-1.1*	0.05	0.04	0.15-0.40						
		60	0.27*	0.8-1.1*	0.05	0.04	0.15-0.40						
III As rolled, killed, fine-grain practice	A 573	55	0.23	0.8-0.9*	0.04	0.05	0.10-0.35						
	A 616	55	0.20	0.8-1.2*	0.035	0.04	0.15-0.40						
	A 515	60	0.23	0.8-1.2*	0.035	0.04	0.15-0.40						
IIIA Normalized, killed, fine-grain practice	A 181	CS	0.16	1.0-1.35*	0.04	0.04	0.10-0.35						
	A 573	55	0.23	0.08-0.09*	0.04	0.05	0.10-0.35						
	A 515	55	0.20*	0.08-0.09*	0.035	0.04	0.15-0.40						
	A 515	60	0.23*	0.08-0.09*	0.035	0.04	0.15-0.40						
IV As rolled, killed, fine-grain practice	A 573	65	0.24	0.85-1.2	0.04	0.05	0.15-0.40						
	A 573	70	0.27	0.85-1.20	0.04	0.05	0.15-0.40						
	A 515	65	0.26	0.85-1.20	0.035	0.04	0.15-0.40						
	A 515	70	0.28	0.85-1.5	0.035	0.04	0.15-0.40						
	A 662	B	0.19	0.85-1.5	0.035	0.04	0.15-0.40						
IVA As rolled, killed, fine-grain practice	A 682	C	0.20	1.0-1.3	0.035	0.04	0.15-0.50						
	A 573	70	0.28*	0.85-1.2	0.04	0.05	0.15-0.40						
V Normalized, killed, fine-grain practice	A 573	70	0.28	0.85-1.2	0.04	0.05	0.15-0.40						
	A 515	65	0.26	0.85-1.20	0.035	0.04	0.15-0.40						
	A 515	70	0.31	0.85-1.25	0.035	0.04	0.15-0.40						

VI Normalized, quenched and tempered, killed, fine-grain practice, reduced C	A 181	BH 93	0.13	0.8-1.6	0.04	0.04	1-5	.35	.25	.40	.05	.1	0.05
	A 633	C	0.20	1.15-1.5	—	0.04	0.05	—	—	—	—	—	—
	A 633	D	0.20	0.7-1.6	—	0.04	0.05	0.25	0.25	0.25	0.08	0.15	—
	A 537	I	0.24	0.7-1.6	0.035	0.04	0.15-0.5	0.35	0.25	0.25	0.08	0.5	—
	A 207	II	0.24	0.7-1.6	0.035	0.04	0.15-0.5	0.35	0.25	0.25	0.08	—	—
	A 678	A	0.15	0.9-10.5	0.04	0.05	0.15-0.5	0.20 <sup>†</sup>					
	A 678	B	0.20	0.9-10.5	0.04	0.05	0.15-0.5	0.20 <sup>†</sup>					
	A 737	B	0.20	1.15-1.5	0.035	1.20	0.15-0.5						

Maximum Permissible Alloy Content		
Alloy	Heat analysis, %	Notes
Columbium	0.05	1, 2, 3
Vanadium	0.10	1, 2, 4
Columbium (20.05%) plus vanadium	0.10	1, 2, 3
Nitrogen plus vanadium	0.015	1, 2, 4
Copper	0.35	1, 3
Nickel	0.50	1, 2
Chromium	0.25	1, 2
Molybdenum	0.08	1, 2

Notes

- When not included in the material specification, the use of these alloys, or combinations of them, shall be at the option of the plate producer, subject to the approval of the purchaser. These elements shall be reported when requested by the purchaser.
  - On product analysis, the material shall conform to these requirements, subject to the product analysis tolerances of the specification.
  - When columbium is added either singly or in combination with vanadium, it shall be restricted to plates of 0.50-in. max. thickness, unless combined with 0.18% minimum niobium.
  - When nitrogen (20.015%) is added as a supplement to vanadium, it shall be reported, and the minimum ratio of vanadium to nitrogen shall be 4:1.
- \*Limiting values vary with plate thickness. Maxima listed here are based on maximum plate thickness shown in Table 2.1.
- †Applicable only if copper bearing steel specified.
- ‡Upper limit of Mn may be exceeded provided C + Mn ≤ 0.4%
- §These elements may not be reported on the mill sheet unless intentionally added.



علاوه بر مقاومت مناسب کششی در انتخاب مواد مصرفی اجزاء مخزن، مسئله خوردگی بسیار مهم است زیرا در ایران خصوصاً در مناطق نفت خیز جنوب میزان رطوبت بالاست و علاوه بر رطوبت محیط اثرات خوردگی سیالی که در مخزن ذخیره می گردد باید مدنظر قرار گیرد. مسائلی نظیر میزان انبساط و انقباض ماده انتخاب شده جهت مخزن نیز برای تغییرات دمایی زیاد باید مدنظر گرفته شود تا اتصالات مخزن از هم گسسته نشوند.

همچنین باید به تغییرات تنش تحت شرایط دمایی نیز توجه بسزایی نمود. در جدول زیر نمایی از این تغییرات آمده است.

جدول 1-2 تغییرات تنش در اثر تغییر دما [1]

Maximum Operating Temperature		Modulus of Elasticity	
°C	°F	MPa	lb/in. <sup>2</sup>
90	200	199,000	28,800,000
150	300	195,000	28,300,000
200	400	191,000	27,700,000
260	500	188,000	27,300,000

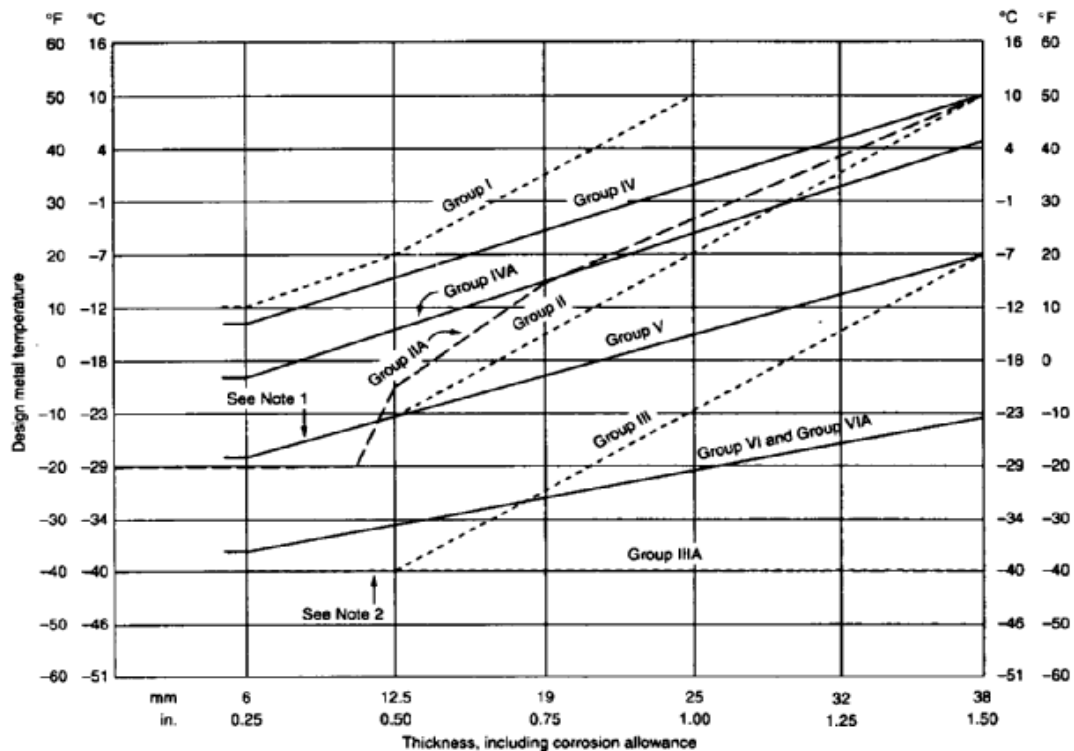
با تمام نکات و تذکراتی که بیان کردیم هم اکنون با انجام عملیات حرارتی می توان عمل تنش مطلوب را در ورق ها بوجود آورد. انتخاب ماده و دمای کارکرد آن اولین و مهمترین بخش طراحی است که به MDMT (Or : DMT) معروف است، مطابق استاندارد بر اساس LOD MAT (پایین ترین دمای متوسط محیط) انتخاب می گردد.

## 1-2-1 مواد در استاندارد مرجع برای طراحی مخازن نفتی اتمسفریک روی زمین

استاندارد API650 بعنوان استاندارد مرجع اکثر کشورهای دنیاست، این استاندارد که توسط کارشناسان نفت آمریکا گردآوری شده است شامل انتخاب ماده، طراحی، روش ساخت و تست مخزن می‌باشد.

در این استاندارد مواد به شش گروه اصلی تقسیم می‌شوند که در زیر آنها را نمایش داده‌ایم.

### نمودار 1-1 گروه‌های مختلف استاندارد API650 [2]



#### Notes:

1. The Group II and Group V lines coincide at thicknesses less than 12.5 mm ( $1/2$  in.).
2. The Group III and Group III A lines coincide at thicknesses less than 12.5 mm ( $1/2$  in.).
3. The materials in each group are listed in Table 2-3.
4. This figure is not applicable to controlled-rolled plates (see 2.2.7.4).
5. Use the Group II A and Group VI A curves for pipe and flanges (see 2.5.5.2 and 2.5.5.3).

Minimum Permissible Design Metal Temperature for Materials Used in Tank Shells  
Without Impact Testing

جدول 3-1 گروه‌های مختلف استاندارد API650 [2]

Material Groups, SI Units

Group I As Rolled, Semikilled		Group II As Rolled, Killed or Semikilled		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A 283M C	2	A 131M B	7	A 573M-400		A 131M CS	
A 285M C	2	A 36M	2, 6	A 516M-380		A 573M-400	10
A 131M A	2	G40.21M-260W		A 516M-415		A 516M-380	10
A 36M	2, 3	Grade 41	5, 8	G40.21M-260W	9	A 516M-415	10
Grade 37	3, 5			Grade 41	5, 9	G40.21M-260W	9, 10
Grade 41	6					Grade 41	5, 9, 10
Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A 573M-450		A 662M C		A 573M-485	10	A 131M EH 36	
A 573M-485		A 573M-485	11	A 516M-450	10	A 633M C	
A 516M-450		G40.21M-300W	9, 11	A 516M-485	10	A 633M D	
A 516M-485		G40.21M-350W	9, 11	G40.21M-300W	9, 10	A 537M I	
A 662M B				G40.21M-350W	9, 10	A 537M II	13
G40.21M-300W	9					A 678M A	
G40.21M-350W	9					A 678M B	13
E 275	4, 9					A 737M B	
E 355	9					A 841	12, 13
Grade 44	5, 9						

Notes:

- 98 | 1. Most of the listed material specification numbers refer to ASTM specifications (including Grade or Class); there are, however, some exceptions: G40.21M (including Grade) is a CSA specification; Grades E 275 and E 355 (including Quality) are contained in ISO 630; and Grade 37, Grade 41, and Grade 44 are related to national standards (see 2.2.5).
2. Must be semikilled or killed.
3. Thickness  $\leq 12.5$  mm.
4. Maximum manganese content of 1.5%.
5. Thickness 20 mm maximum when controlled-rolled steel is used in place of normalized steel.
6. Manganese content shall be 0.80–1.2% by heat analysis for thicknesses greater than 20 mm, except that for each reduction of 0.01% below the specified carbon maximum, an increase of 0.06% manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35%. Thicknesses  $\leq 12.5$  mm shall have a manganese content of 0.8–1.2% by heat analysis.
7. Thickness  $\leq 25$  mm.
8. Must be killed.
9. Must be killed and made to fine-grain practice.
10. Must be normalized.
11. Must have chemistry (heat) modified to a maximum carbon content of 0.20% and a maximum manganese content of 1.60% (see 2.2.6.4).
12. Produced by the thermo-mechanical control process (TMCP).
13. See 3.7.4.6 for tests on simulated test coupons for material used in stress-relieved assemblies.

هدف از این تقسیم‌بندی‌ها این است که بنابر مقاومت کششی ورق و مقاومت دمایی آنها نوع گروه‌شان تعیین می‌گردد.

گروه‌های یک تا سه کربن استیل هستند و گروه‌های چهار و پنج مواد مقاومت بالاند و در هر دو گروه با افزایش شماره آنها مقاومت‌شان بالا می‌رود. بعنوان مثال گروه سوم از گروه دوم سخت‌تراند. گروه ششم ترکیبی است از مقاومت بالا در آلیاژهای استیل که برخی موارد احتیاج به کارهای سختی‌گیری دارد. چند متد برای افزایش مقاومت مواد وجود دارد نظیر Killed کردن، Normalized کردن، Quenching.

### : Killed

در استاندارد آمده است که مواد کاملاً کشته شده (fully killed) جزء مواد آلومینیوم دارند که آلومینیوم عمل اکسیژن‌زدایی را بعهده می‌گیرد و سرانجام اکسید آلومینیوم پراکنده می‌گردد و طی این عمل مقاومت بالا می‌رود.

## : Normalized

این عمل شامل عملیات حرارتی است که بعد از عملیات، فلز با گذر هوا خنک می‌شود و ذرات ساختار بطور مناسب می‌نشینند و سبب افزایش مقاومت می‌گردد.

## : Quenching

در این عملیات، ورق‌ها گرم می‌شوند و با خنک‌سازی مناسب سختی بالا می‌رود، این روش عموماً برای مواد ترد بکار می‌رود و قابلیت چکش‌خواری را بهبود می‌بخشد.

مواد سایر اجزاء مخزن

برای نازل‌ها عموماً از لوله‌های A106 GRB استفاده می‌شود البته در نازل‌ها با سایز بزرگتر از 12" از ورق نورد شده جهت ساخت مخزن کمک گرفته می‌شود. برای تأیید گرفتن استاندارد برای فلنج‌ها عموماً از مواد A105 که طبق روش فورجینگ تولید شده‌اند، استفاده می‌شود.

البته برای راهنمایی کلی می‌تواند گفت که با افزایش کربن مقاومت کاهش می‌یابد و با افزایش منگنز مقاومت افزایش می‌یابد البته همانطور که گفته شد بنابر ماده‌ای که داخل مخزن نگهداری می‌شود باید بهترین ترکیب را انتخاب کنیم.

در زیر به بررسی استاندارد ASTM می‌پردازیم.

### ASTM 1-2-2 استاندارد

در این استاندارد موارد زیر و ضخامتهای مجاز برای استفاده در مخازن توصیه شده‌اند:

#### A36 structural steel –

با ضخامت کمتر یا برابر 1/5 اینچ می‌باشد.

#### A131 structural steel for ships –

گروه‌های این فلز بصورت زیراند:

Grade A: با ضخامت مساوی و یا کمتر از 0/5 اینچ

Grade B: با ضخامت مساوی و یا کمتر از 1 اینچ

Grade C: با ضخامت مساوی و یا کمتر از 1/5 اینچ

Grade EH 36: با ضخامت مساوی و یا کمتر از 1/76 اینچ (برای فلنچ‌ها تا 2 اینچ بکار می‌رود).

#### **- ورق پر کاربرد A 283**

فلز A 283 که جزء گروه پایین و متوسط استرس کربن استیل‌ها بحساب می‌آید و گروه‌بندی این فلز بصورت زیر می‌باشد:

Grade C: با ضخامت مساوی و کمتر از 1 اینچ

#### **- فلز A285**

این فلز می‌تواند برای مخازنی با کمی فشار بکار رود، این ورق کربن استیل است و در گروه مقاومت کم و متوسط است.

#### **- ورق A516**

ورق مخزن تحت فشار است، کربن استیل است با مقاومتی مناسب و در دمای پایین با گریدهای 55، 60 و 65 و همچنین 70 و ضخامت کمتر و یا برابر با 1/5 اینچ (برای فلنچ تا 4 اینچ) بکار می‌رود.

#### **- ورق A537**

ورق ضخامت تحت فشار است، کربن، منگنز، سیلکون، عملیات حرارتی شده و کلاس‌بندیهای زیر را دارد:

Class 1: با ضخامت مساوی و یا کمتر از 1/75 اینچ (برای ورق تقویتی تا 4 اینچ)

Class 2: با ضخامت مساوی و یا کمتر از 1/75 اینچ (برای ورق تقویتی تا 4 اینچ)

#### **- A537 structural**

در گروه‌های 58، 65 و 70 با ضخامت کمتر و یا برابر با 1/5 اینچ (ورق تقویتی تا 4 اینچ)

#### **- A662**

برای مخازن تحت فشار، کربن، منگنز، برای دماهای متوسط و پایین مناسب است و با گروه‌های B و C می‌تواند در ضخامت برابر و کمتر از 1/5 اینچ بکار رود.

#### **- A678**

کربن استیل تمپره شده است و برای استراکچر عموماً بکار می‌رود.

گروه A آن با ضخامت مساوی و یا کمتر از 1/5 اینچ (ورق تقویتی تا 2/5 اینچ) و در گروه B آن با ضخامت مساوی و یا کمتر از 1/75 اینچ (ورق تقویتی تا 2/5 اینچ).

#### **- ورق A737**

این ورق جهت مخازن تحت فشار است و با قدرت تحمل کششی بالا.

گروه B با ضخامت کمتر و یا مساوی با 1/5 اینچ.

استانداردهای نظیر CSA که استاندارد کانادایی است و همچنین استاندارد ISO STANDARDS نیز که استاندارد آمریکایی است و استاندارد National Standards نیز وجود دارند که توضیحات مناسبی در ارتباط با مواد آورده‌اند که می‌توانیم از آنها بهره‌بریم.

هنگامیکه برای رساندن مواد به سازنده در مضیقه نباشیم بهتر است از موادی که در بالا متذکر شدیم بهره‌گیریم، این مواد برای ترکیب مناسب انتخاب شود، تمامی جوش‌ها که هنگام تعمیر سطح بکار می‌روند با الکتروود هیدروژن پایین‌اند که با توجه به صنعت موردنظر، مقاومت و کیفیت ماده انتخاب می‌شوند.

#### **دیدنی کلی بر سائرت کننده‌ها**

استراکچرها عموماً از گروه‌های زیر پیروی می‌کنند:

**- ASTM A36**

**- ASTM A131**

**- CSA G40/24 – M Grade 260w, 300w, 350w, 260wT, 300wT, 350wT**

**- ISO 630 Grade Fe42, Fe44, (B, C, D)**

1-2-3 استاندارد بین الملل نیز پیشنهاداتی ارائه کرده است که مطابق جدول زیر می باشد.

جدول 1-4 پیشنهاد مواد در استاندارد بیل الملل [1]

Grade <sup>b</sup>	Mechanical Properties							
	Tensile Strength				Minimum Yield Strength <sup>c</sup>		Maximum Thickness	
	Minimum <sup>c</sup>		Maximum					
	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	mm	in.
37 <sup>d</sup>	360	52	485	70	205	30	12.5	0.5
41	400	58	510	74	235	34	40	1.5
44	425	62	540	78	250	36	40	1.5

1-3 لوله ها و اتصالات (Piping and Forging)

مطابق زیر می توان مواد گفته شده را دسته بندی کرد:

API spec 5 L Grade A,B, X42 -

ASTM A53 Grade A, B -

ASTM A106 Grade A, B -

ASTM A333 Grade1, 6 -

ASTM A334 Grade1, 6 -

ASTM A524 Grade1, 11 -

ASTM A671 -

و برای مواد فرج شده:

ASTM A105 -

ASTM A0.81 -

ASTM A350 Grade LF1 , LF2-

بجز ASTM 671 سایر مواد بکار رفته برای نازل باید بدون درز باشند و یا در صورت بکار بردن ورق

برای منهول باید مطابق نکات ذکر شده برای ورق ها باشند.



## فلنج

در مورد ASME B16.5 Welding – Neck , Welding , Slipon , Hub می توان استاندارد ASME B16.47 سری B ممکن است برای فلنج های کربن استیل فرج شده رجوع کرد. برای لوله ها با سایز بالای 24 اینچ، فلنج مطابق استاندارد ASME B16.47 سری B ممکن است استفاده شود.

## پیچ

پیچ می تواند مطابق استاندارد A193 یا ASTM A307 باشد. البته خریدار می تواند پیشنهاد پیچ با شکل های دیگر و یا ضخامت بیشتر را بدهد که البته باید حتماً توسط طراح بررسی گردد.

## الکتروود جوشکاری

برای جوشکاری مواد با مقاومت کمتر از 80 kips در اینچ مربع، استانداردها E60 و E70 را با کلاسه های مربوط پیشنهاد می دهند ولی برای سایر می توان به AWS A5.10 رجوع کرد. برای مواد با مینیمم مقاومت 80 تا 85 kips در اینچ مربع، پیشنهاد E 80XX-CX با کلاس بندی و توضیحات AWS5.5 رجوع کرد.

## فصل دوم

خوردگی و روش پیشگیری. شناخت اتصالات

## 2-1 خوردگی

همانطوریکه بدیهی است خوردگی به شرایط سایت محل نصب، طراحی، فونداسیون و سایر شرایط ساخت بستگی دارد و از عوامل کاهش عمر مخزن میباشد.

کنترل خوردگی روش‌های مختلفی دارد، که انتخاب روش بهینه به شرایط ساخت هر پروژه بستگی دارد، روشهایی نظیر Lining کردن، حفاظت کاتدی، حفاظت آندیک، بهره‌گیری از آلیاژ قوی، بکار بردن ورق با ضخامت بالاتر، با میزان در نظر گرفتن میزان خوردگی، بکار بردن طراحی صحیح از جمله روشهایی هستند که اثر خوردگی را تقریباً از بین خواهند برد.

برای دید بهتر چند ماده مختلف و خوردگی ناشی از آن را در جدول زیر می‌بینیم.

جدول 2-1 خوردگی در چند نقطه بحرانی [1]

	Block side*	Vapor space†	Bottom pitting
Black oil, crude oil	1	1	20-30
Light oily >500°F	1	1	4-8
Light oily 370-500°F	1	~ 1.5	4-8
Light nonoily	2	2	4-8

\*General or uniform corrosion rate applies to shell and bottom.

†Only applies to cone-roof tanks.

## نفت خام

نفت خام به همراه آب و نمک است که میزان خوردگی بالایی دارد، بهترین راه برای کنترل مقاومت مخزن بکار بردن ضریب خوردگی (C.A) می باشد و اغلب از روش حفاظت کاتدیک استفاده می‌شود.

## برخی از مشکلات خاص

برخی موارد یک لایه سنگین اکسید روی، روی دیواره و کف مخازن ایجاد می‌گردد، بخصوص هنگامیکه مخزن در دمای بالا و در تماس با هوا باشند. البته با سند بلاست کردن می‌توان در زمان خرابی ورق تأخیر ایجاد کرد.

## 2-2 کنترل خوردگی

### 2-2-1 پوشش داخلی مخزن

هنگامیکه تصمیم‌گیری می‌شود تا سطح داخلی مخزن پوشیده گردد در بخش کف مخزن برخی مواد خورنده و غیرخالص جمع می‌شوند. در اینصورت فقط پوشاندن کامل کف و بخشی از پوسته (shell) کافی می‌باشد، این پوشش می‌تواند تا 10 سال افزایش عمر مخزن را سبب شود، در مخازن عموماً در بخش پوسته به علت حالت عمودی آن و همچنین در گذر سیال بودن زیاد خوردگی به چشم می‌خورد، در بخش سقف به علت وجود بخارات ناشی از تبخیر ماده داخل مخزن خوردگی نظیر کف زیاد به چشم می‌خورد، هنگامیکه تصمیم می‌گیریم سقف دارای پوشش شود چند شکل بوجود می‌آید. اول اینکه در سقف و در بخش ساپرت‌های آن پوشش گذاری بسیار سخت و به طبع آن گران می‌شود و برای حل این مشکل سعی می‌گردد پیشنهاد می‌شود که ساپرتها موادی مقاوم در مقابل بخارات انتخاب شوند و شکلی برای آنها در نظر گرفته شود که براحتی قابل نظافت باشند.

برخی از مواد پیشنهادی جهت پوشش داخل مخزن

در جدول صفحه بعد برخی مواد جهت پوشش داخل مخزن و ضخامت فیلم آن پیشنهاد شده است.

جدول 2-3 چند نمونه از پوشش داخل مخزن [ 1 ]

Attribute	Thin film	Thick film	
		Glass flake	Laminate
Dry film thickness (mils)	10-20	30-40 (sprayed)	80-125
Application in tank	Roof, Shell, bottom	Shell, bottom	Bottom
Life expectancy, yr	10	10-15	20
Average installation time (50,000-bbl tank), weeks	2-3	5-6	6-8
Cost	Lowest	Medium	Highest
Good for corrosive service	Mild	Mild to severe	Severe
Abrasion resistance	None	Good	Excellent
Application	Spray 2+ coats	Spray to trowel	Hand lay up three layers of resin plus two layers of mat plus final coat gel
Chemistry	Epoxy resins, most common vinyls, inorganic zinc, elastomeric-urethanes		
Product purity protection	Good	Good	Good (requires coating on shell and roof as well)
Cathodic protection beneficial	Yes	No	No
Structural strength to bridge cracks and pits	No	No	Yes
Good for coating old pitted or corroded plate	No	Yes	Yes
Susceptibility to cracking	Low	Medium	High (at transition regions)
Inspection after coating	Easy	More difficult	Very difficult
Lining integrity test	Low-voltage wet-sponge detector	High-voltage spark tester	High-voltage spark tester

Lining system	Typical services	Temperature limitation, °F
Coal tar epoxy	Hot water services and crude oil	120-170
Epoxy phenolic	Light products, distillates, aromatics, high-purity water, acid products, crude, and gasoline	180-220
Epoxy amine	Water, light products, distillates, aromatics, crude, and gasoline	160-220
Epoxy amine adduct	Water, light products, distillates, crude, and gasoline	160-220
Epoxy polyamide	Water, distillates, crude, and gasoline	160-180
Epoxy polyurethane	Water, distillates, crude, and gasoline	160-180

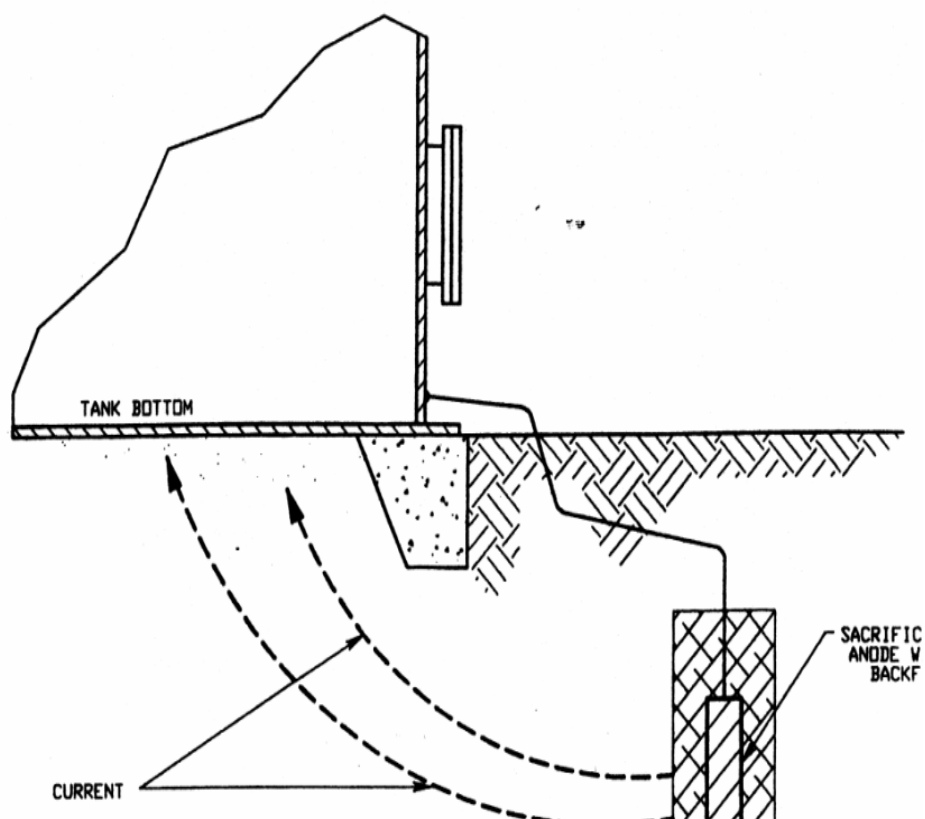
Note: Generally applied over a white or non-white abrasive blast cleaning in two to three coats. No primer is required. Information related to the performance limitations of specific products with regard to chemical immersion and elevated temperatures should be obtained from the lining manufacturer.

مدلهایی نظیر Thin – film linings و Thich – film linings بنابر سرویس مخزن انتخاب می گردند.

## 2-2-2- حفاظت کاتدیک، آندیک

برخی از اشکال حفاظت در زیر نشان داده شده است که بطور مؤثری از میزان خوردگی کاسته می‌شود.

شکل 1-2- حفاظت کاتدیک [2]



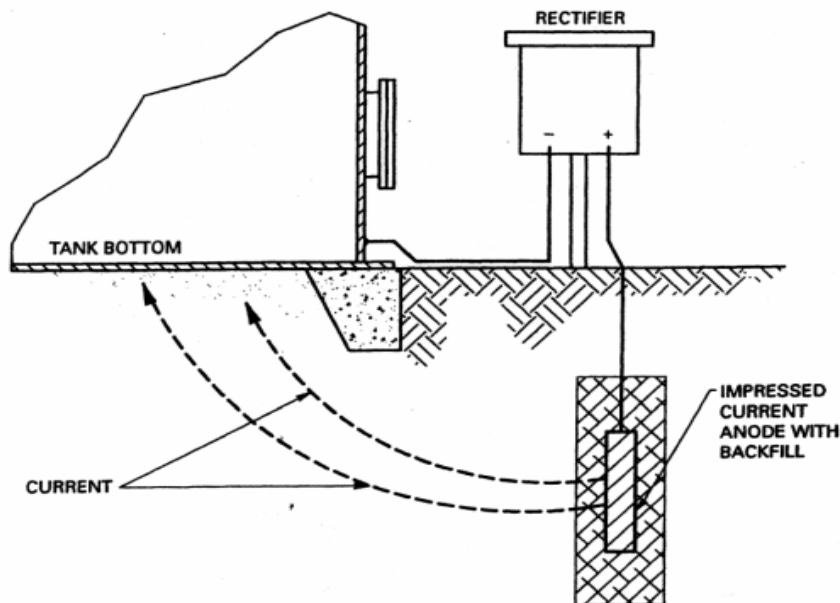
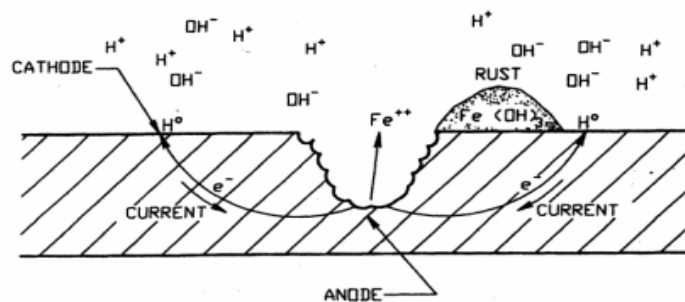


Figure 4.3.5 Impressed current cathodic protection. (Source: American Petroleum Institute.)



شکل 1-2- حفاظت کاتدیک [2]

در بخش قبلی دربارهٔ مواد و موضوع حفاظت از مواد در مورد خوردگی بحث کردیم حال به شناختن اتصالات می‌پردازیم.

### 1-3-2 اتصالات

برای آشنایی با اتصالات ابتدائاً لازم است که اصطلاحات زیر حتماً شناخته شود:

#### 1 double – welded butt joint

چوشی است که بین دو قطعه مجاور صورت می‌گیرد و تقریباً جوش دو طرف آن شبیه هم است.

#### 2 single – welded butt joint with backing

جوشی است که بین دو جزء مجاور هم صورت می‌پذیرد که از یک طرف جوش می‌گردد و از سمت دیگر به یک ورق یا چیز مشابه ساپرت شده است.



### **double – welded lap joint (3)**

اتصال بین دو قطعه که روی هم افتاده‌اند و لبه‌های روی هم دارند و از طرفین جوش فیلت می‌شوند.

### **single – welded lap joint (4)**

جوشی است که دو عضو که اورلب دارند برقرار می‌شود و از یک سمت جوش می‌گردد.

### **butt weld (5)**

جوش لب به لب است و در شیار بین دو عضو مجاور نفوذ می‌کند، این شیار می‌تواند V شکل یا U شکل یا مربعی باشد و این جوش می‌تواند یک طرفه و یا طرفه باشد.

### **fillet weld (6)**

جوش فیلت جوشی مثلثی شکل است و برای اتصالات Tee شکل و گوشه‌ای، زیاد بکار می‌رود.

### **full – fillet (7)**

هنگامی بکار می‌رود که ضخامت جوش برابر ضخامت عضو باشد.

### **tack weld (8)**

جوشی است که بصورت نقطه‌ای و کمی فرو رفته در قطعه برای اینکه اتصالی برقرار شود تا بعداً تکمیل و نهایی گردد.

### **2-3-2 اندازه جوش**

میزان شیار موجود به میزان نفوذ و ضخامت ورق دارد.

در fillet اندازه جوش طرفین برابر با پایه جوش است که می‌تواند اندازه طرفین کمی با هم اختلاف

داشته باشد برای ورق تا ضخامت  $\frac{1}{16}$  اینچ فیلت باید بصورت کامل (full) باشد و برای ورق‌ها با

ضخامت بیشتر از آن نباید ضخامت جوش کمتر از  $\frac{1}{3}$  ضخامت ورق باشد.

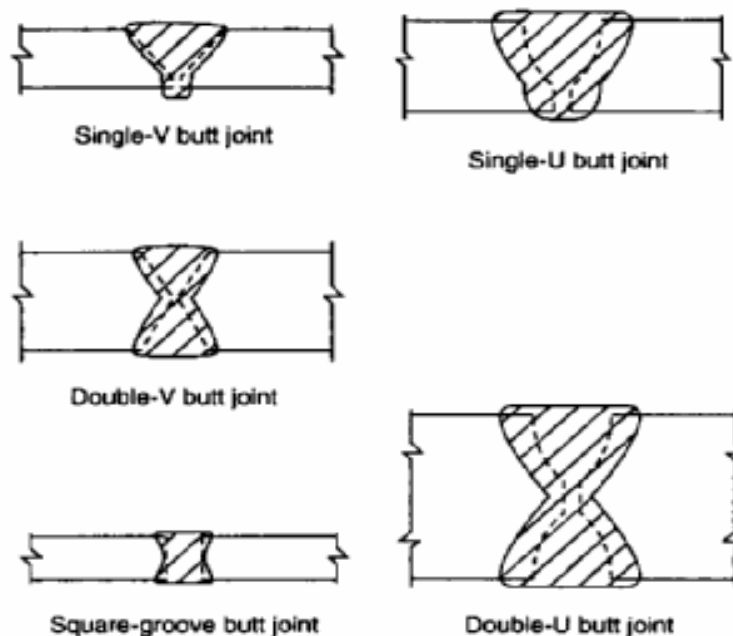
مدل جوش single – welded lap joint فقط برای ورقهای کف و سقف بکار می‌رود و برای جوش

دوطرفه میزان over lap نباید از 2 اینچ تجاوز کند و برای اتصال یکطرفه از یک اینچ متجاوز شود.

## سمبل‌های جوش

در نماهای زیر چند سمبل جوش دیده می‌شود:

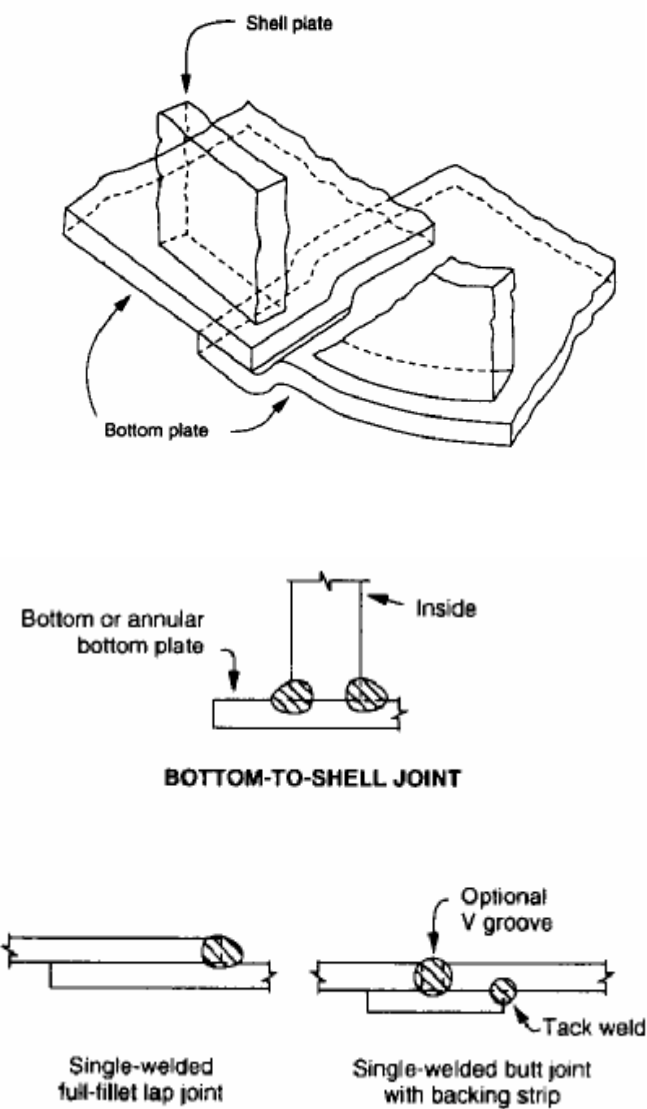
شکل 2-2 مدل جوش [2]



## 3-3-2 کاربرد جوش‌ها

برای اتصالات عمودی ورق بدنه مخزن از نوع butt joint با نفوذ کامل بهره می‌برند و برای اتصال افقی ورق بدنه نیز باید جوش با نفوذ کامل باشد و در مورد Top angle نیز باید مدل double – welded lap joint باشد.

نمای جوش ورق دور کف مخزن (Annular) دیده می‌شود.



شکل 3-2 اتصالات ورق انیولار [2]

برای اتصال ساپرت در مقابل وزش باد (Wind Girder) باید از جوش نوع butt weld با نفوذ کامل کمک گرفت.

در اتصالات ورقهای سقف در سمت فوقانی باید بصورت full fillet باشد و جوشها پیوسته باشد البته برای جوشها دستور کاری نوشته می شود که به نام WPS است و مطابق آن روی ورق تست، تست PQR انجام می گیرد تا به جوشکاران اجازه کار داده شود و تهیه WPS نیز توسط کارشناسان جوش است.

فصل سوم

اجزاء مخزن

### 1-3 اجزاء اصلی مخازن

حال که مواد و اتصالات را در حالت عمومی شناختیم به بررسی اجزاء مخزن می‌پردازیم:

اجزاء مخزن به شرح زیر اند:

( فونداسیون

(2) کف

(3) بدنه

(4) سقف

(5) تجهیزات ورودی و خروجی

(6) ساپرت‌های باد و زلزله و ...

### 1-1-3 فونداسیون مخزن

بنابر مکانیک خاک و آزمایشات بسیار دقیق روی خاک تصمیم‌گیری بر روی نوع فونداسیون به عمل می‌آید. یک فونداسیون مناسب باید از مواد مرغوب و در عین حال ارزان تشکیل شده باشد و باید تحمل بار را داشته باشد تا بر اساس بارهای وارده نشت نکند.

در استاندارد API650 قوانینی کلی در مورد فونداسیون آمده است که به چند نکته مهم آن در زیر اشاره می‌کنیم:

در برخی موارد نیازمند کار مهندسی دقیق در محل پروژه هستیم شرایطی نظیر:

- واقع بودن سایت در دامنه کوه که مخزن روی صخره واقع می‌گردد و یا اینکه بخشی از آن روی سنگ و برخی دیگر در شرایط دیگر باشد.

- واقع بودن محل مخزن در زمینی با تلاقی که مواد آن ناپایدار باشد.

- هنگامیکه لایه‌های زیرین خاک محل مخزن خاک رس با خواص پلاستیکی (غیرثابت) باشد که احتمال دارد در چند مدت اولیه بار را تحمل کند ولی در دراز مدت خاصیت خود را از دست بدهد.

- هنگامیکه نتوان مخزن را از تحت سیل و طوفان بودن در امان داشت.

در حالتی که شرایط مناسب نباشد می‌توان از متدهای زیر کمک گرفت:

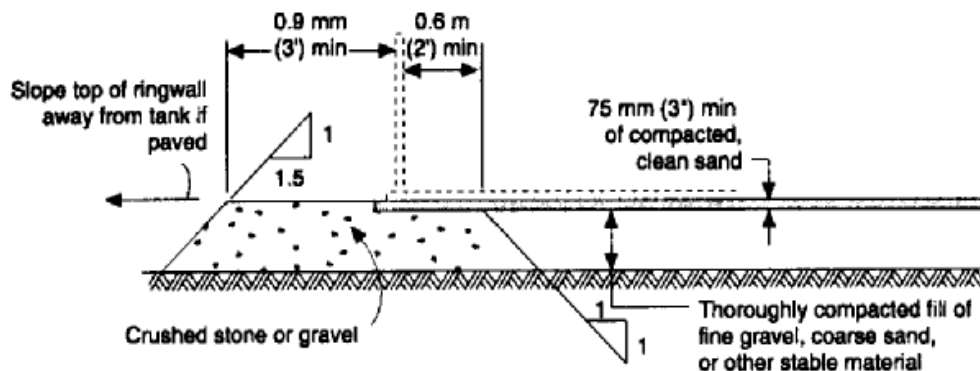
- تغییر مکان دادن مواد قبلی خاک و جایگزین کردن آن با مواد مناسب و فشرده، قابل اطمینان.

- فشردن مواد نرم توسط غلطک
  - پایا کردن مواد نرم توسط روشهای شیمیایی و یا پاشش سیمان
  - شمع کوبی کردن زیر مخزن جهت تحمل بارهای ناشی از نصب تجهیز
  - نصب یک فونداسیون کامل زیر مخزن با موادی مناسب
- پُر کردن منطقه خالی شده از مواد نرم توسط سنگریزه و یا سایر مواد مقاوم صورت می‌پذیرد که این مواد باید خالی از هرگونه مواد فناپذیر نظیر شاخ و برگ گیاهی و ... باشند تا بعد از چیدن ورقهای بدنه مخزن و اعمال بار نشست نکنند.
- پیشنهاد می‌گردد فونداسیون طوری طراحی گردد که کف مخزن 1 فوت بالاتر از سطح زمین باشد تا آب در زیر مخزن جمع نگردد و پیشنهاد می‌گردد که در 3 تا 4 اینچ نهایی شن و ماسه تمیز و سنگ له شده به شکل مناسب پهن گردد.
- برای اینکه رسوبات ته مخزن پس از ساخت به راحتی جمع گردد عموماً به کف مخزن شیب می‌دهند که اغلب به سه شکل دیده می‌شود:
- کف تخت شیبدار
  - کف با مرکز پایین‌تر از کناره‌ها
  - کف با مرکز بلندتر از کناره‌ها
- عموماً در مخازن مدل‌های کف تخت شیبدار و یا کف با مرکز بلندتر از کناره‌ها استفاده می‌شود، مقدار شیب از مرکز عموماً بصورت کمترین مقدار 1 اینچ در 10 فوت توصیه می‌گردد، این شیب هنگام نظافت به خارج شدن رسوبات کمک می‌کند.

## 2-3-1-3 بکار بردن خاک منطقه بعنوان ساپرت مخزن

- هنگامیکه خاک زیر مخزن استحکام مورد نیاز را دارا باشد دیگر نیاز به ساخت زیرسازی نیست در این هنگام باید به نکات زیر توجه شود:
- آماده کردن یک بستر مناسب
  - بررسی دقیق طراحی اتصالات و لوله‌ها و همسازسازی مناسب
  - زیر آب‌کشی مناسب مخزن

شکل 1-3 آماده سازی زیر مخزن [2]



البته عموماً در شرایطی که بار مخزن و وزن آن زیاد باشد با وجود خاک مناسب باز هم باید کف مخزن ساپرت شود در این هنگام علاوه بر خاک مناسب کف از دیواره بتونی بصورت ترکیبی و تقویتی کمک گرفته می شود که این نوع فونداسیون مزایای زیر را به همراه خود دارد:

- سبب کاهش نم گرفتگی مخزن می شود.
- سبب پر ماندن زیر مخزن و جلوگیری از فرسایش می گردد.
- تراز مخزن حین ساخت بهتر صورت می پذیرد.
- توزیع بار مخزن بطور مناسب تری صورت می پذیرد، زیرا بکار بردن این دیواره سبب می شود که تقریباً بار بصورت متقارن تقسیم شود، باید توجه شود که ضخامت دیواره بتونی کمتر از 12 اینچ نباشد و قطر مرکز به مرکز برابر قطر مخزن باشد. البته در برخی موارد به علت دانه درشت بودن و نامناسب بودن خاک پهنای دیواره بتونی را افزایش می دهند البته نیاز نیست که کاملاً تمامی ناحیه با بتن پر شود بلکه برخی مواد دانه ریز کمک گرفت.
- دیواره بتنی باید مقاومت لازم را جهت تحمل تغییرات دمایی داشته باشد.

مدل سیمان مصرفی و درجه آن، نوع ماسه بکار برده شده و درصد آن شرایطی هستند که به بخش Civile سپرده می شوند.

بعد از اینکه فونداسیون مناسب انتخاب گردید و ساخته شد اگر شیب آن دقیقاً مطابق نقشه ساخت نباشد باید با آسفالت شیب را به حالت استاندارد رساند و بعد از آن ورق چینی کف مخزن را شروع کرد.

### 1-2-3 کف مخزن (Bottom)

مهمترین بخش مخزن کف آن می‌باشد و در ساخت آن باید بسیار دقت نمود و بازرسی سختی انجام داد زیرا اگر از کف مخزن نشتی داشته باشیم عموماً دیده نخواهد شد و ساخت غیراستاندارد کف تمام مخزن را زیر سؤال برده و حتی از سرویس خارج می‌کند.

ورق کف مخزن باید حداقل ضخامت 6/35 میلی‌متر را بدون در نظر گرفتن اثرات خوردگی داشته باشد البته این حداقل زمانی معنی پیدا خواهد کرد که محاسبات زیر آن را نشان دهد و اگر ضخامت محاسباتی بعلاوه میزان خوردگی بالاتر از آن باشد بطور واضح باید از آن ورق بهره برد.

کف مخزن دقیقاً شیب سطح فوقانی فونداسیون را بخود می‌گیرد. البته بنابر اینکه مخزن دارای ساپرت Gusset باشد یا خیر، ورق Annular برای آن در نظر می‌گیرند و یا حذف می‌کنند.

ورق انیولار دور تا دور مخزن چیده می‌شود و مقداری از آن از پوسته نیز بیرون تر می‌آید و ساپرت‌ها روی آن نصب می‌گردند و بعد از اینکه مطابق استاندارد ورقهای Annular چیده شد سایر ورقهای کف بنابر لبه‌گذاری (Over lab) اعلام شده توسط کارفرما و استاندارد و در جهت کاهش پرتی ورق چیده می‌شوند.

مطابق استاندارد هنگامیکه مواد کورس اول بدنه بر اساس تنش مجاز از گروه‌های IV و IVA و V یا VI باشد باید از انیولار با جوش butt – welde استفاده شود و هنگامیکه ورق اول بدنه از گروه‌های IV و IVA و V و VI باشد و ماکزیمم تنش موجود کمتر و یا مساوی با 23200 پوند بر اینچ مربع باشد و ماکزیمم تنش ناشی از تست هیدرواستاتیک نیز 24900 پوند بر اینچ مربع یا کمتر از مقدار فوق باشد حالت lap weld را می‌توان جایگزین butt weld کرد.

ورق انیولار با فاصله شعاعی کمترین، 24 اینچ بین بخش داخلی بدنه و جوش کف به بدنه مورد تأیید است و از خارج نیز با مینیمم فاصله 2 اینچ خارج از بدنه مورد تأیید است.

ابعاد بزرگتر ورق انیولار هنگامی به چشم می‌خورد که از فرمول زیر بدست آمده باشد:

$$\text{عرض بزرگتر} = \frac{390t_b}{(HG)^{0.5}}$$



که در فرمول فوق:

$t_b$ : ضخامت انیولار (in)

$H$ : ماکزیمم ارتفاع طراحی (feet)

$G$ : چگالی سیال داخل مخزن که در طراحی منظور شده است.

البته ضخامت ورق انیولار نباید از مجموع مقدار خوردگی با اعداد جدول زیر کوچکتر باشد.

جدول 1-3 ضخامت انیولار [2]

SI Units				
Nominal Plate Thickness <sup>a</sup> of First Shell Course (mm)	Hydrostatic Test Stress <sup>b</sup> in First Shell Course (MPa)			
	$\leq 190$	$\leq 210$	$\leq 230$	$\leq 250$
$t \leq 19$	6	6	7	9
$19 < t \leq 25$	6	7	10	11
$25 < t \leq 32$	6	9	12	14
$32 < t \leq 38$	8	11	14	17
$38 < t \leq 45$	9	13	16	19

US Customary				
Nominal Plate Thickness <sup>a</sup> of First Shell Course (in.)	Hydrostatic Test Stress <sup>c</sup> in First Shell Course (lbf/in <sup>2</sup> )			
	$\leq 27,000$	$\leq 30,000$	$\leq 33,000$	$\leq 36,000$
$t \leq 0.75$	$1/4$	$1/4$	$9/32$	$11/32$
$0.75 < t \leq 1.00$	$1/4$	$9/32$	$3/8$	$7/16$
$1.00 < t \leq 1.25$	$1/4$	$11/32$	$15/32$	$9/16$
$1.25 < t \leq 1.50$	$5/16$	$7/16$	$9/16$	$11/16$
$1.50 < t \leq 1.75$	$11/32$	$1/2$	$5/8$	$3/4$

در کل بخش بیرونی انیولار بعد از چیدن باید بصورتی باشد که یک شکل دایروی بسازد ولی از داخل می تواند شکل پلی گونال هم داشته باشد که تعداد گوشه های آن برابر تعداد تکه های ورق های مورد استفاده برای انیولار باشد.

باید متذکر شد که در فرمول ذکر شده برای عرض انیولار،  $H$  را ارتفاع طراحی تعریف کردیم این ارتفاع را ارتفاع طراحی تعریف کردیم این ارتفاع، ارتفاع مخزن نمی باشد بلکه ارتفاع ماکزیمم است که برای ذخیره سیال داخل مخزن استفاده می شود و عموماً 400 تا 500 میلیمتر کمتر از ارتفاع اسمی بدنه مخزن است.

## 2-2-3 نکات مهم در انتخاب ورق کف

همانطور که قبلاً متذکر شدیم ورق کف مخزن باید بطور دقیق انتخاب شود و بصورت مناسب شیار زده شود تا جوش نفوذ کامل داشته باشد البته در میزان over lap برای مخازن کف باید به طراحی رجوع کرد. کمترین ضخامت مورد پذیرش جهت کف مخزن 6/35 میلی متر است. بجز اینکه سفارش دهنده (کارفرما) میزان خوردگی تعیین کرده باشد که باید با حداقل فوق جمع گردد تا حداقل ورق مجاز بدست آید و پهنای کف در کمترین حالت 72 اینچ است که البته این پهنای هم می تواند بنابر سفارش کارفرما تغییر یابد.

هنگامیکه ورقهای کف چیده شد و بنابر متد جوشکاری (WPS) ماده و انتخاب صحیح الکتروود و میزان جریان و سایر شرایط جوشکاری صورت پذیرفت باید دقت کرد تا کمترین چروک خوردگی بوجود آید و نزدیکترین حالت تا حالت ایده آل بدست آید، پس از آن باید ترتیب اتصالات بهینه باشد و به تأیید کارفرما برسد البته چگونگی اتصال ورق کف به بدنه باید قبل از اتمام کار جوشکاری کف چک گردد تا اگر فاصله ای وجود دارد آن را بتوان ترمیم کرد.

ورق بدنه باید با کف تراز شود و توسط کلیس و خال جوش اتصال انجام پذیرد تا بعد از اطمینان از استاندارد بودن فواصل جوش کامل انجام پذیرد.

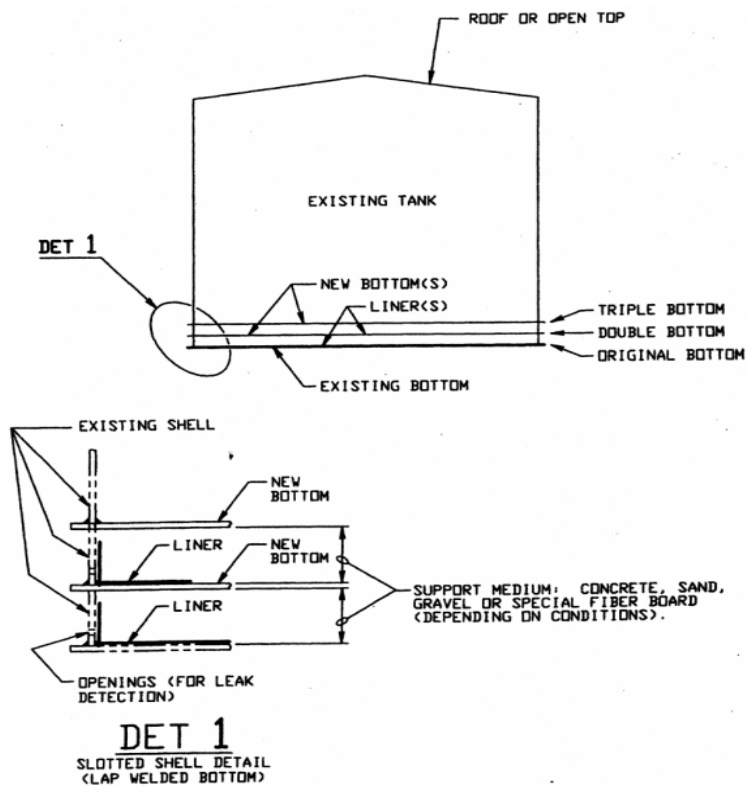
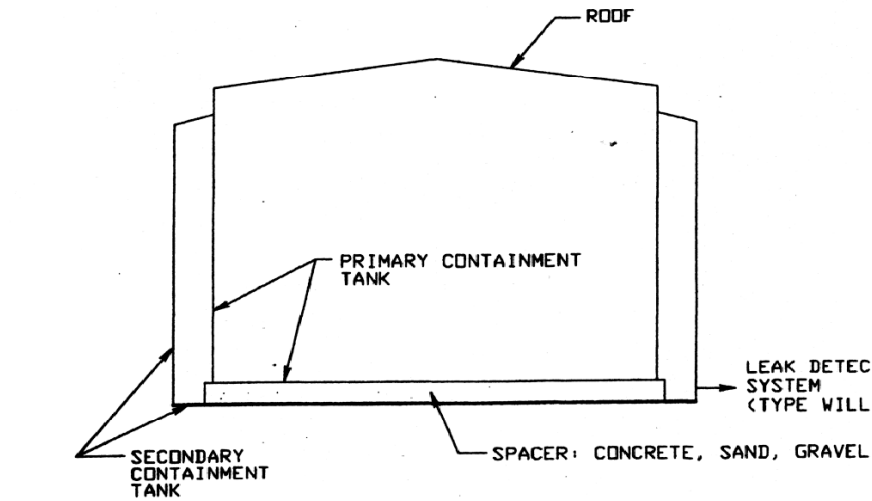
متد کلی چک کردن نصب و اتصال صحیح ورقهای کف توسط آزمایش خلأ صورت می پذیرد این متد بگونه ای است که نشستی کف را نشان می دهد.

متد کار این چنین است که کف مخزن را در محلهای جوش خورده با کف صابون و یا موادی مشابه می پوشانند بعد از آن با دستگاه ایجاد خلأ که بالای آن شیشه ای برای مشاهده خط جوش ها دارد روی درزها ایجاد خلأ می نمایند در محلهایی که نشستی وجود داشته باشد حبابهای صابون پدیدار می شوند، این متد کاربردی ترین روش تست نشستی کف مخازن است.

البته در مواقعی بسیار خاص دور مخزن را مشابه خاکریز، خاکریزی می نمایند و سپس درون بخش خاکریز را آب می ریزند و بعد از یک شبانه روز، داخل مخزن را بازرسی چشمی می کنند و همچنین با تست دستگاه مکش چک می کنند که آیا درزها نشستی می دهند یا خیر.

### 3-2-3 مخازن با چند کف

نمونه‌هایی از مخازن که بیش از یک کف دارند در شکل‌های زیر به چشم می‌خورند.



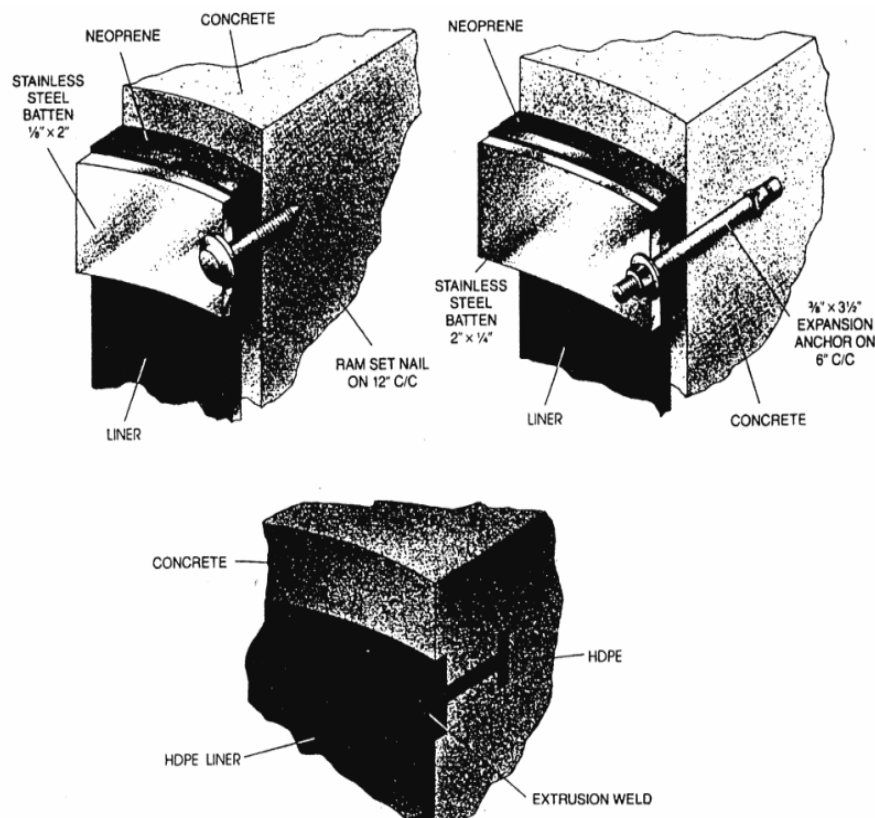
شکل 3-2-3 مخزن با بیش از یک کف [2]

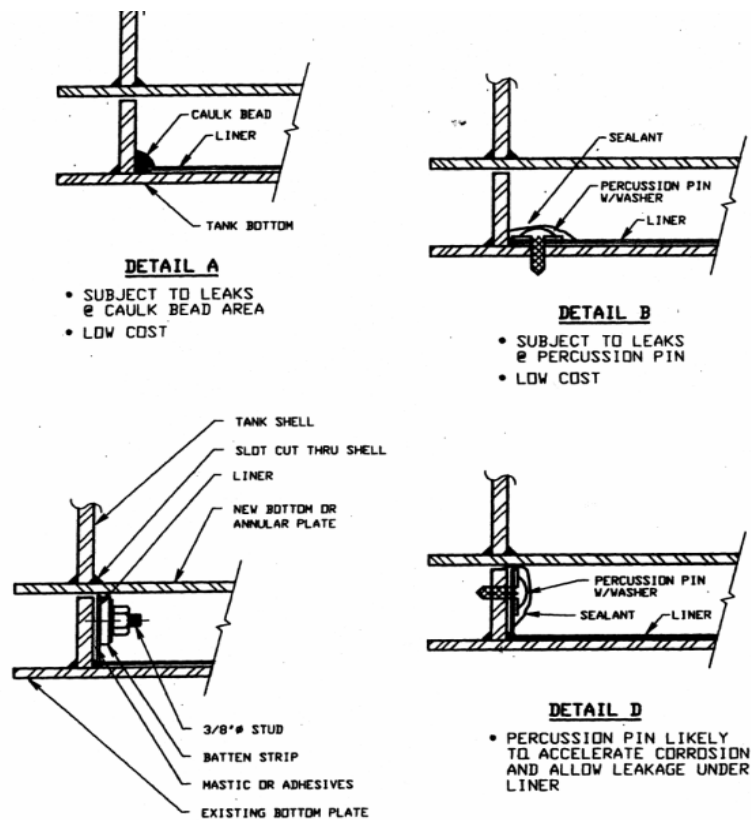
مزایای اینگونه مخازن در نصب سنسور در بین دو کف مخزن می‌باشد که نشتی را به آسانی نشان می‌دهد. البته اکثر اوقات علت بهره‌گیری با بیش از یک کف پر کردن فاصله بین دو کف با ماده عایق است که توسط مهندسین پروسس طراحی گردیده است.

در برخی موارد نیز به دلیل کاربرد بسیار مهم مخزن و نگهداری مواد خطرناک از نظر محیط زیست استفاده از کف ثانویه تنها به دلیل یافتن نشتی است که در این موارد بین دو کف مخزن را با ماسه و یا بتن پر می‌کنند. بتن گران‌تر است اما نشتی را سریع‌تر نشان می‌دهد زیرا شیب دادن روی آن در جهت دلخواه خیلی آسان‌تر می‌باشد و ثبات آن از ماسه خیلی بیشتر است البته باید متذکر شویم که در مخازن خیلی بزرگ نیز خطر ترک خوردگی بتن و عدم اعمال شرایط کاری مناسب باید مدنظر طراح قرار گیرد.

موادی دیگر نیز نظیر HDPE (high – density polyethylene) نیز برای ساپرت بین دو بخش کف بکار می‌رود که اینجا فقط طرحی شماتیک از آنها را نشان می‌دهیم.

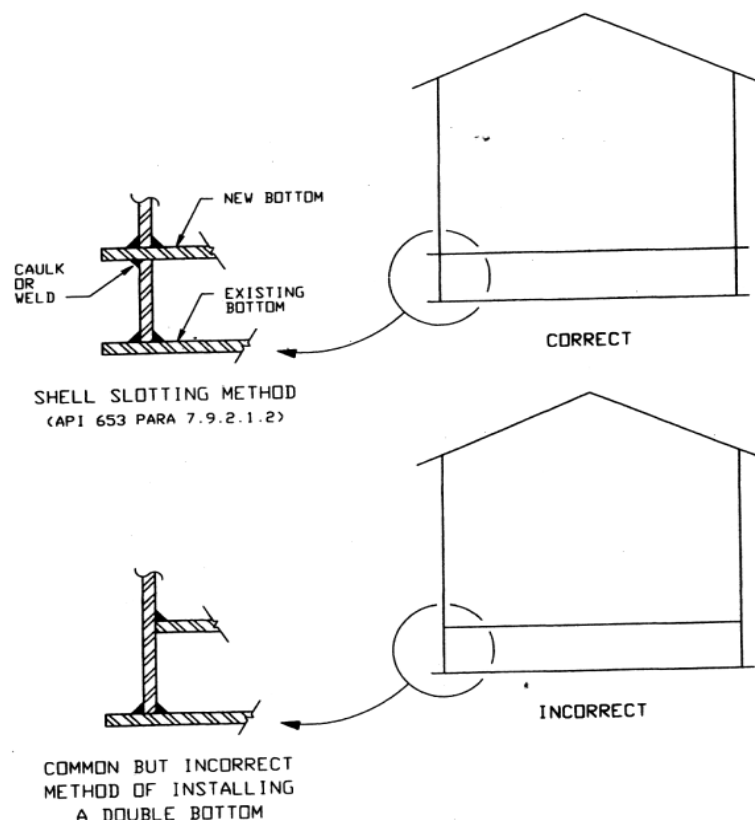
شکل 3-3 مواد بین دو کف [2]





شکل 4-3 اجزاء بین دو کف [2]

مورد دیگر استفاده از کف ثانویه هنگامی است که کف اولیه مخزن تحت تأثیر کار زیاد خورده شده باشد تا حدی که دیگر قابلیت تعمیر نداشته باشد. در نصب کف مخزن باید تمامی اصول بطور کامل رعایت گردد. در شکل‌های زیر نصب یک نمونه درست و یک نمونه غیراستاندارد را می‌بینیم.



شکل 5-3 نصب صحیح و غیر صحیح [2]

البته هم اکنون با توجه به کنترل کننده‌های بسیار دقیق سطح سیال و با دانستن دبی ورودی و خروجی مخزن و نیز حجم مخزن می‌توانیم نشتی مخزن را بدست آوریم. یک کانکشن مهم که در کف مخازن حتماً باید تعبیه گردد sumps است، این اتصال در کف مخزن به شکل یک فرو رفتگی استوانه‌ای است و از داخل آن به بدنه نازلی نصب می‌گردد تا از طریق آن بتوان لجن‌ها را کشید و تخلیه نمود

### 3-3-1 بدنه مخزن (Shell)

یکی دیگر از بخشهای اصلی مخزن بدنه استوانه‌ای عمودی مخزن است، در طراحی این بخش باید دقت نمود که سطح آن تحت تأثیر مستقیم بار ناشی از باد است و همچنین کانکشن‌های ورودی و خروجی مخزن روی این بخش نصب می‌گردند.

همانطور که در بخش اول این مجموعه توضیح داده شد بنابر ماده‌ای که در مخزن ذخیره می‌کنیم و همچنین اثرات خوردگی نوع ورق بدنه انتخاب می‌گردد.

ضخامت مورد استفاده برای پوسته مجموع ضخامت طراحی و مقدار خوردگی است البته اگر این مجموع از ضخامت مورد نیاز برای تست هیدرواستاتیک بزرگتر باشد باید دقت کرد که از مقادیر زیر کوچکتر نباشد:

ضخامت (in)	قطر مخزن (feet)
$\frac{3}{16}$	< 50
$\frac{1}{4}$	50 to < 120
$\frac{3}{10}$	120 to 200
$\frac{3}{8}$	> 200

جدول 2-3 ضخامت مورد نیاز تست هیدرواستاتیک [2]

البته باید متذکر شویم که بند دوم جدول فوق عموماً زیاد بکار می‌آید که می‌توان با اجازه کارفرما از ورق با ضخامت 6 میلی‌متر استفاده کرد.

### ضخامت طراحی

منظور از ضخامت طراحی، ضخامتی است که بر اساس چگالی سیال ذخیره شده در مخزن و با ارتفاع ماکزیمم اعلام شده توسط کارفرما بدست می‌آید و منظور از ضخامت هیدرواستاتیک منظور محاسبه ضخامت ناشی از مراحل فوق با چگالی آب است.

### 2-3-3 محدودیت‌ها

ضخامت هیچ کورس بدنه نباید از کورس فوقانی‌اش کوچکتر باشد و همچنین تنش‌های ایجاد شده در هر کورس نباید از مقدار تنش مجاز ماده انتخاب شده برای آن کورس بیشتر باشد، پس از محاسبات اولیه باید اثرات باد و زلزله نیز مدنظر گرفته شود، البته متدهای مختلفی برای تقویت بدنه وجود دارد نظیر بکار بردن ورق با ضخامت بیشتر و یا بکار بردن ساپرت میانی یا فوقانی.

در اکثر اوقات برای طراحی سرعت باد معلوم است اگر این سرعت معلوم نباشد باید بنابر اینکه مخزن در کدام نقطه کشور نصب می‌گردد از سازمان هواشناسی کمک گرفت و بدترین حالت را منظور کرد. باید دقت کرد که چون در برخی اوقات که قطر و ارتفاع مخزن زیاد است باید نردبان مارپیچ برای مخزن در نظر گرفت و بار ناشی از آن را نیز در طراحی بدنه مدنظر داشت.

### **Allowable stress**

بیشترین استرس طراحی برای چندین مادهٔ پرکاربرد در جدول زیر لیست شده است. میزان تنش طراحی با دو سوم مقاومت نهایی یا با دو پنجم مقاومت کششی (هر کدام کوچکتر باشد) مقایسه می‌گردد.



جدول 3-3- تنش مجاز مواد [2]

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength MPa (psi)	Minimum Tensile Strength MPa (psi)	Product Design Stress $S_d$ MPa (psi)	Hydrostatic Test Stress $S_t$ MPa (psi)
ASTM Specifications					
A 283M	C	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 285M	C	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 131M	A, B, CS	235 (34,000)	400 (58,000)	157 (22,700)	171 (24,900)
A 36M	—	250 (36,000)	400 (58,000)	160 (23,200)	171 (24,900)
A 131M	EH 36	360 (51,000)	490* (71,000*)	196 (28,400)	210 (30,400)
A 573M	400	220 (32,000)	400 (58,000)	147 (21,300)	165 (24,000)
A 573M	450	240 (35,000)	450 (65,000)	160 (23,300)	180 (26,300)
A 573M	485	290 (42,000)	485* (70,000*)	193 (28,000)	208 (30,000)
A 516M	380	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 516M	415	220 (32,000)	415 (60,000)	147 (21,300)	165 (24,000)
A 516M	450	240 (35,000)	450 (65,000)	160 (23,300)	180 (26,300)
A 516M	485	260 (38,000)	485 (70,000)	173 (25,300)	195 (28,500)
A 662M	B	275 (40,000)	450 (65,000)	180 (26,000)	193 (27,900)
A 662M	C	295 (43,000)	485* (70,000*)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 537M	1	345 (50,000)	485* (70,000*)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 537M	2	415 (60,000)	550* (80,000*)	220 (32,000)	236 (34,300)
A 633M	C, D	345 (50,000)	485* (70,000*)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 678M	A	345 (50,000)	485* (70,000*)	194 (28,000)	208 (30,000)
A 678M	B	415 (60,000)	550* (80,000*)	220 (32,000)	236 (34,300)
A 737M	B	345 (50,000)	485* (70,000*)	194 (28,000)	208 (30,000)
CSA Specifications					
G40.21M	260W	260 (37,700)	410 (59,500)	164 (23,800)	176 (25,500)
G40.21M	300W	300 (43,500)	450 (65,300)	180 (26,100)	193 (28,000)
G40.21M	350WT	350 (50,800)	480* (69,600*)	192 (27,900)	206 (29,800)
G40.21M	350W	350 (50,800)	450 (65,300)	180 (26,100)	193 (28,000)
National Standards					
	37	205 (30,000)	365 (52,600)	137 (20,000)	154 (22,500)
	41	235 (34,000)	400 (58,300)	157 (22,700)	171 (25,000)
	44	250 (36,000)	430 (62,600)	167 (24,000)	184 (26,800)
ISO 630					
E 275	C, D	265 (38,400)	61,900 (61,900)	170 (24,700)	182 (26,500)
E 355	C, D	345 (50,000)	71,000* (71,000*)	196 (28,400)	210 (30,400)

برای محاسبه مربوط به ضخامت ورق متدهای مختلفی وجود دارد که در اینجا به بررسی چند روش معروف می‌پردازیم.

### 1-4-3 روشهای طراحی

#### 1) روش Foot Method

در این روش برای طراحی بر اساس یک فوت بالاتر از کف هر کورس بدنه محاسبات را انجام می‌دهیم، این روش برای مخازن با قطر بزرگتر از 200 فوت کاربرد ندارد و جوابگو نیست. کمترین ضخامت مورد نیاز باید بزرگتر از ضخامتهای محاسبه شده از فرمول‌های زیر باشد:

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + CA$$

$$t_t = \frac{2.6D(H-1)}{S_t}$$

که در روابط فوق پارامترها بصورت زیراند:

$t_d$  : ضخامت بدنه (in)

$t_t$  : ضخامت مورد نیاز تست هیدرواستاتیک (in)

D : قطر مخزن (ft)

H : ارتفاع طراحی سیال (ft)

G : چگالی ویژه سیال ذخیره شونده

CA : میزان خوردگی (in)

$S_d$  : مقاومت مجاز در نظر گرفته شده در شرایط طراحی ( $\frac{lb}{in^2}$ )

$S_t$  : مقاومت مجاز برای شرایط تست هیدرواستاتیک ( $\frac{lb}{in^2}$ )

#### 2) روش (نقطه طراحی متغیر)

این روش زمانی بکار می‌رود که طراحی بر اساس نقطه‌ای صورت می‌پذیرد که عموماً از طرف کارفرما

تعیین می‌گردد و همچنین باید  $\frac{L}{H} \leq 2$  باشد که در رابطه مذکور:

L :  $(6Dt)^{0.5}$  (in)

D : قطر مخزن (feet)

t : ضخامت پوسته متصل به کف (in)

H : بیشترین ارتفاع طراحی سیال (feet)

در این متد نیز ضخامت نهایی برابر است با ضخامت محاسبه شده در طراحی بعلاوه میزان افزایش ضخامت جهت خوردگی و با مقایسه با ضخامت تست هیدرواستاتیک.

اگر ضخامت بالاتر از میزان طراحی برای کورسی از بدنه در نظر گرفته شده این افزایش ضخامت باید برای مراحل بعدی بررسی گردد.

برای طراحی مقدماتی اول کورس بدنه بهتر است ضخامتهای  $t_{pd}$  و  $t_{pt}$  برای حالت کار و تست از فرمولهای ذکر شده در متد اول بدست آید.

برای ابتدایی ترین کورس داریم:

$$t_{ld} = (1.06 - \frac{0.463D}{H} \sqrt{\frac{HG}{S_d}})(\frac{2.6HDG}{S_d}) + CA$$

$$t_{lt} = (1.06 - \frac{0.463D}{H} \sqrt{\frac{H}{S_t}})(\frac{2.6HD}{S_t})$$

برای محاسبه کورس دوم برای شرایط کار باید روند زیر صورت پذیرد:

محاسبه نسبت:

$$\frac{h_1}{(rt_1)^{0.5}}$$

که در آن  $h_1$  ارتفاع کورس اول (in) و  $r$  شعاع مخزن (in) و  $t_1$  ضخامت نهایی کورسی اول (in) اند.

اگر نسبت محاسبه شده برابر و یا کمتر با  $1/375$  باشد آنگاه:

$$t_2 = t_1$$

و اگر نسبت محاسبه شده برابر و یا بزرگتر از  $2/625$  باشد آنگاه:

$$t_2 = t_{2a}$$

و هنگامیکه نسبت محاسبه شده بین  $1/375$  و  $2/625$  باشد آنگاه:

$$t_2 = t_{2a} + (t_1 - t_{2a})[2.1 - \frac{h_1}{1.25(rt_1)^{0.5}}]$$

که:

$t_2$  : کمترین ضخامت طراحی برای کورس دوم بدون خوردگی (in)

$t_{2a}$  : ضخامت کورس دوم (in) که در بخش بعدی آمده است.

برای مخازنی که نسبت گفته شده آنها بزرگتر و یا مساوی با 2/625 باشد ممکن است مقاومت مورد نیاز برای کورس بالایی کمتر از استرس مورد نیاز برای کورس قبلی باشد.

برای محاسبه ضخامت کورس‌های بالایی برای هر دو حالت طراحی و تست باید  $t_u$  محاسبه گردد که آن هم از فرمول‌های روش متد 1- foot method بدست می‌آید، سپس فاصله  $x$  مربوط به تغییر نقطه طراحی از کف هر کورس بصورت‌های زیر وارد می‌شود:

$$x_1 = 0.61(rt_u)^{0.5} + 3.84CH$$

$$x_2 = 12CH$$

$$x_3 = 1.22(rt_u)^{0.5}$$

$t'_u$  : ضخامت کورس بالایی در محل اتصال احاطه شده (in)

$$C = [k^{0.5}(k-1)]/(1+k^{0.5})$$

$$k = \frac{t_L}{t_u}$$

$t_L$  : ضخامت کورس پایین (in)

$H$  : ارتفاع طراحی سیال

کمترین ضخامت  $t_x$  برای کورس بالایی برای هر دو حالت طراحی و تست بصورت زیر است:

$$t_{dx} = \frac{2.6D(H - \frac{x}{12})G}{S_d} + CA$$

$$t_{tx} = \frac{2.6D(H - \frac{x}{12})}{S_t}$$

انجام می‌پذیرد و سپس در فرمول‌های گفته شده سعی و خطا و تکرار می‌شود تا در دو مرحله پشت سر هم ضخامت‌ها یکسان شود.

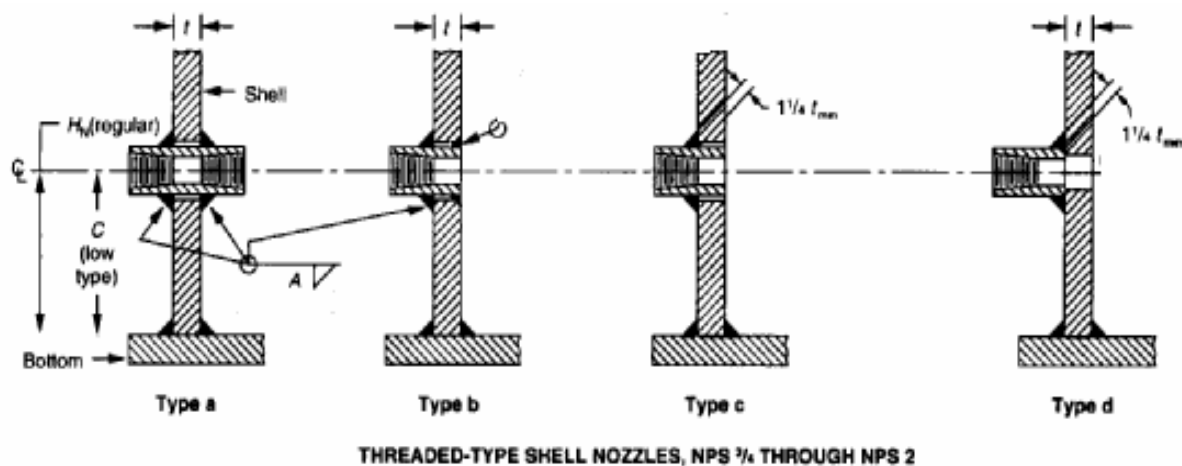
## بررسی خاصیت الاستیک

برای مخازنی با  $\frac{L}{H}$  بزرگتر از 2 ضخامت‌های انتخاب شده بر اساس حالت آنالیز الاستیک است و با توجه به استرس‌های مجاز که قبلاً گفته شد. شرایط مرزی برای آنالیز می‌تواند در نظر گرفتن حالت کاملاً پلاستیک با در نظر گرفتن حد yielding برای ورق‌ها باشد. بعد از مباحث فوق که در ارتباط با طراحی بدنه گفته شد به بررسی مرحله بعد و پارت دیگر یعنی نازل‌ها در بدنه می‌پردازیم.

### 3-5-1 نازل در بدنه (Shell Openings)

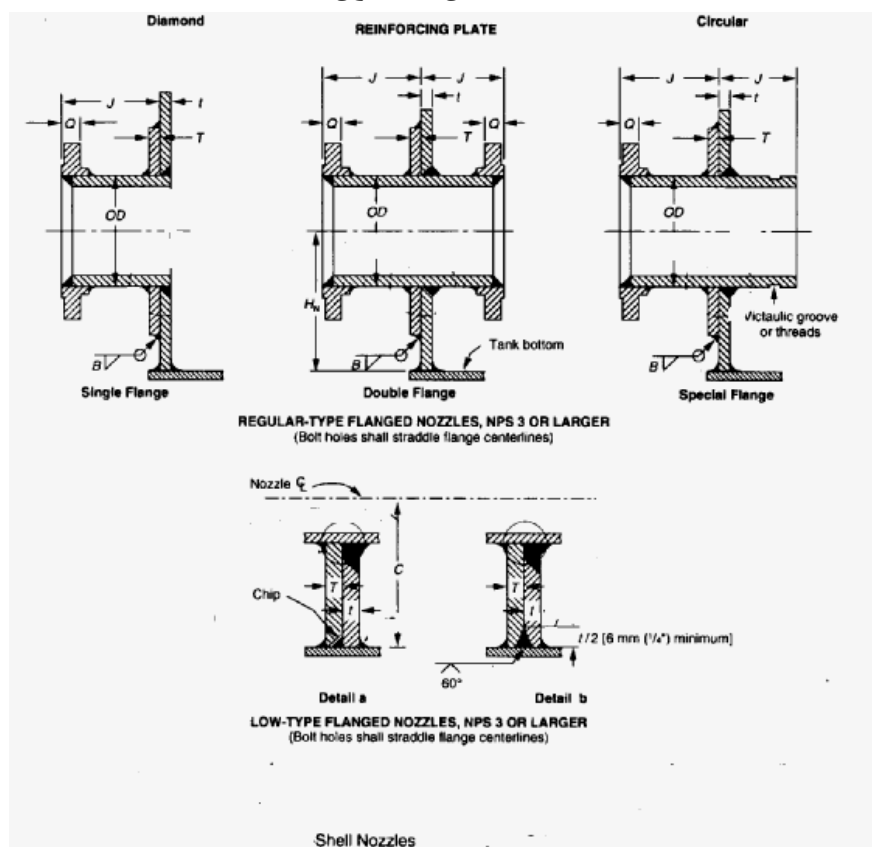
نازل‌های مورد نیاز در مخزن با توجه به نیازمندیها تعیین می‌گردد و توسط جوش اتصال می‌یابد. مدل‌های طراحی استاندارد صحیح کانکشن در استاندارد API650 آمده است که البته بنابر آن باید از نظر اقتصادی با کارفرما چک گردد.

شکل 6-3 بوشن [2]



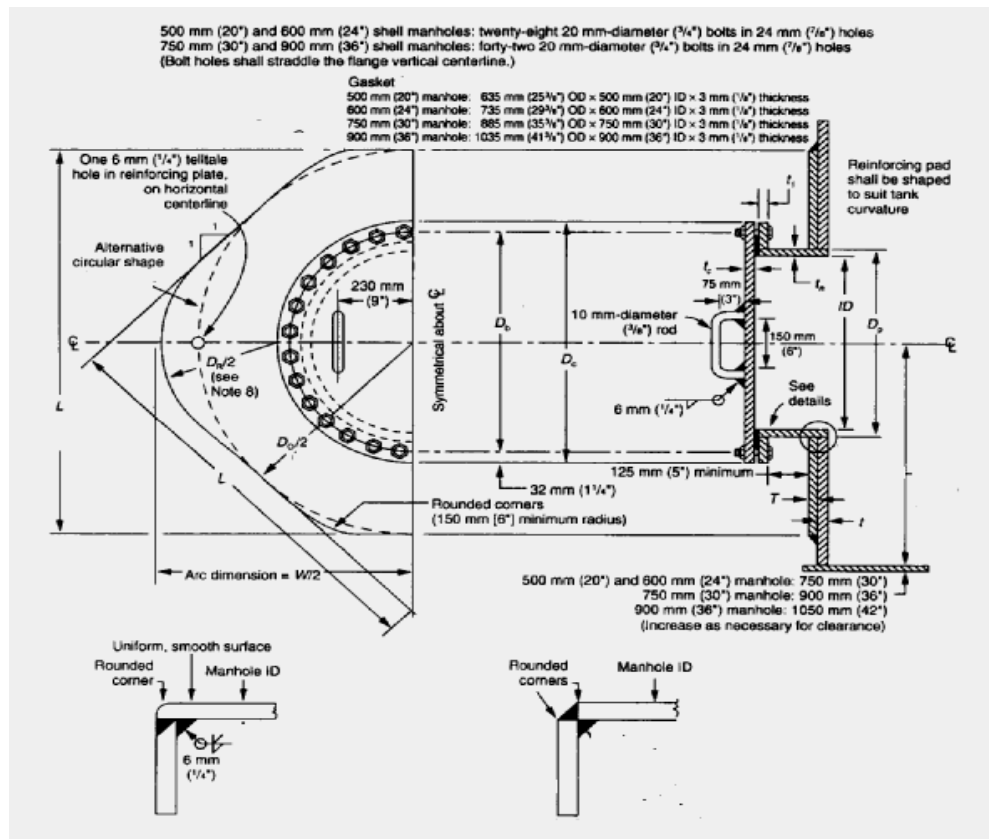
Shell Nozzles

شکل 7-3 نازل [2]



البته درب نظافت از نظر اقتصادی عموماً هزینه زیادی ایجاد می‌کند. اندازه این کانکشن در جداول زیر آمده است و نمای کلی آنها هم در شکل زیر به چشم می‌آید.

Dimensions for Shell Manhole Neck Thickness				
Thickness of Shell and Manhole Reinforcing Plate <sup>a</sup> <i>t</i> and <i>T</i>	Minimum Neck Thickness <sup>b,c</sup> <i>t<sub>n</sub></i> mm (in.)			
	For Manhole Diameter 500 mm (20 in.)	For Manhole Diameter 600 mm (24 in.)	For Manhole Diameter 750 mm (30 in.)	For Manhole Diameter 900 mm (36 in.)
5 ( <sup>3</sup> / <sub>16</sub> )	5 ( <sup>3</sup> / <sub>16</sub> )	5 ( <sup>3</sup> / <sub>16</sub> )	5 ( <sup>3</sup> / <sub>16</sub> )	5 ( <sup>3</sup> / <sub>16</sub> )
6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )
8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )
10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
12.5 ( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
16 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
18 ( <sup>11</sup> / <sub>16</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
19 ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
21 ( <sup>13</sup> / <sub>16</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
22 ( <sup>7</sup> / <sub>8</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	8 ( <sup>5</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )
24 ( <sup>15</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )
25 (1)	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )
27 ( <sup>11</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )
28 ( <sup>11</sup> / <sub>8</sub> )	13 ( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	13 ( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	13 ( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	13 ( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )
30 ( <sup>13</sup> / <sub>16</sub> )	14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )	14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )	14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )	14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )
32 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	16 ( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )	14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )	14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )	14 ( <sup>9</sup> / <sub>16</sub> )
33 ( <sup>15</sup> / <sub>16</sub> )	16 ( <sup>5</sup> / <sub>8</sub> )	16 ( <sup>5</sup> / <sub>8</sub> )	16 ( <sup>5</sup> / <sub>8</sub> )	16 ( <sup>5</sup> / <sub>8</sub> )
34 ( <sup>13</sup> / <sub>8</sub> )	17 ( <sup>11</sup> / <sub>16</sub> )	16 ( <sup>5</sup> / <sub>8</sub> )	16 ( <sup>5</sup> / <sub>8</sub> )	16 ( <sup>5</sup> / <sub>8</sub> )
36 ( <sup>17</sup> / <sub>16</sub> )	17 ( <sup>11</sup> / <sub>16</sub> )	17 ( <sup>11</sup> / <sub>16</sub> )	17 ( <sup>11</sup> / <sub>16</sub> )	17 ( <sup>11</sup> / <sub>16</sub> )
40 ( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	19 ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	19 ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	19 ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	19 ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )



شکل 8-3 در ب نظافت [2]

Dimensions for Bolt Circle Diameter  $D_b$  and Cover Plate Diameter  $D_c$  for Shell Manholes

Column 1	Column 2	Column 3
Manhole Diameter mm (in.)	Bolt Circle Diameter $D_b$ mm (in.)	Cover Plate Diameter $D_c$ mm (in.)
500 (20)	656 (26 1/4)	720 (28 3/4)
600 (24)	756 (30 1/4)	820 (32 3/4)
750 (30)	906 (36 1/4)	970 (38 3/4)
900 (36)	1056 (42 1/4)	1120 (44 3/4)

جدول 4-3 ابعاد پیچ [2]

Dimensions for Shell Nozzles: Pipe, Plate, and Welding Schedules [mm (in.)]					
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	
Thickness of Shell and Reinforcing Plate <sup>a</sup> $t$ and $T$	Minimum Pipe Wall Thickness of Flanged Nozzles <sup>b,c</sup> $t_n$	Maximum Diameter of Hole in Shell Plate ( $D_p$ ) Equals Outside Diameter of Pipe Plus	Size of Fillet Weld $B$	Size of Fillet Weld $A$	
				Nozzles Larger Than NPS 2	NPS 2, 1 1/2, 1 3/4 Nozzles
5 (3/16)	12.5 (1/2)	16 (5/8)	5 (3/16)	6 (1/4)	6 (1/4)
6 (1/4)	12.5 (1/2)	16 (5/8)	6 (1/4)	6 (1/4)	6 (1/4)
8 (5/16)	12.5 (1/2)	16 (5/8)	8 (5/16)	6 (1/4)	6 (1/4)
10 (3/8)	12.5 (1/2)	16 (5/8)	10 (3/8)	6 (1/4)	6 (1/4)
11 (7/16)	12.5 (1/2)	16 (5/8)	11 (7/16)	6 (1/4)	6 (1/4)
12.5 (1/2)	12.5 (1/2)	16 (5/8)	13 (1/2)	6 (1/4)	8 (5/16)
14 (9/16)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	14 (9/16)	6 (1/4)	8 (5/16)
16 (5/8)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	16 (5/8)	8 (5/16)	8 (5/16)
17 (1 1/16)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	18 (1 1/16)	8 (5/16)	8 (5/16)
20 (3/4)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	20 (3/4)	8 (5/16)	8 (5/16)
21 (1 3/16)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	21 (1 3/16)	10 (3/8)	8 (5/16)
22 (7/8)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	22 (7/8)	10 (3/8)	8 (5/16)
24 (1 5/16)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	24 (1 5/16)	10 (3/8)	8 (5/16)
25 (1)	12.5 (1/2)	20 (3/4)	25 (1)	11 (7/16)	8 (5/16)
27 (1 1/16)	14 (9/16)	20 (3/4)	27 (1 1/16)	11 (7/16)	8 (5/16)
28 (1 1/8)	14 (9/16)	20 (3/4)	28 (1 1/8)	11 (7/16)	8 (5/16)
30 (1 3/16)	16 (5/8)	20 (3/4)	30 (1 3/16)	13 (1/2)	8 (5/16)
32 (1 1/4)	16 (5/8)	20 (3/4)	32 (1 1/4)	13 (1/2)	8 (5/16)
33 (1 5/16)	17 (1 1/16)	20 (3/4)	33 (1 5/16)	13 (1/2)	8 (5/16)
35 (1 3/8)	17 (1 1/16)	20 (3/4)	35 (1 3/8)	14 (9/16)	8 (5/16)
36 (1 7/16)	20 (3/4)	20 (3/4)	36 (1 7/16)	14 (9/16)	8 (5/16)
38 (1 1/2)	20 (3/4)	20 (3/4)	38 (1 1/2)	14 (9/16)	8 (5/16)
40 (1 9/16)	21 (1 3/16)	20 (3/4)	38 (1 1/2)	14 (9/16)	8 (5/16)
41 (1 5/8)	21 (1 3/16)	20 (3/4)	38 (1 1/2)	16 (5/8)	8 (5/16)
43 (1 11/16)	22 (7/8)	20 (3/4)	38 (1 1/2)	16 (5/8)	8 (5/16)
45 (1 3/4)	22 (7/8)	20 (3/4)	38 (1 1/2)	16 (5/8)	8 (5/16)

### جدول 5-3 ابعاد نازل [2]

باید دقت نمود که بخش‌های برش خورده و با اکسیژن بریده شده برای نازلها، منهول و ... باید سطحشان کاملاً صاف و تمیز گردد تا بتوان جوش مناسبی ایجاد کرد.

برای اینکه بتوان کانکشن‌های مناسبی روی بدنه ایجاد کرد که تحمل فشار سیال بالای آن کانکشن را داشته باشد از ورق تقویتی دور نازل کمک می‌گیرند.

### 2-5-3 ورقهای تقویتی و جوش آنها

اتصالات و نازلهای بزرگ روی شل که اندازه آنها بالای دو اینچ می‌باشد نیاز به ورق تقویتی دارند، تمامی ورقهای تقویتی دور نازل، منهول، درب نظافت و ... باید با جوش با نفوذ کامل همراه باشد. ابعاد



ورق تقویتی بستگی به سائز کانکشن دارد و ضخامت آن نیز می‌تواند برابر ضخامت آن بخش پوسته باشد.

در کل در مورد اتصالات باید نکات زیر دقت گردد:

- چگونگی اتصال آن به سایر اتصالات (فلنجی یا نوع دیگر)

- ابعاد و جنس ورق تقویتی

- بخش چانه اتصالات فیتینگ‌ها و استانداردهای هر کدام

- ضخامت دقیق آن بخش پوسته

نکته دیگری که حائز اهمیت است این است که بار ناشی از فشار استاتیک بر اساس ارتفاع عمودی تا نقطه مرکزی (Center line) نازل محاسبه گردد و طراحی‌ها بر پایه آن می‌باشد و همچنین بحث ضریب خوردگی را نیز نباید از یاد برد.

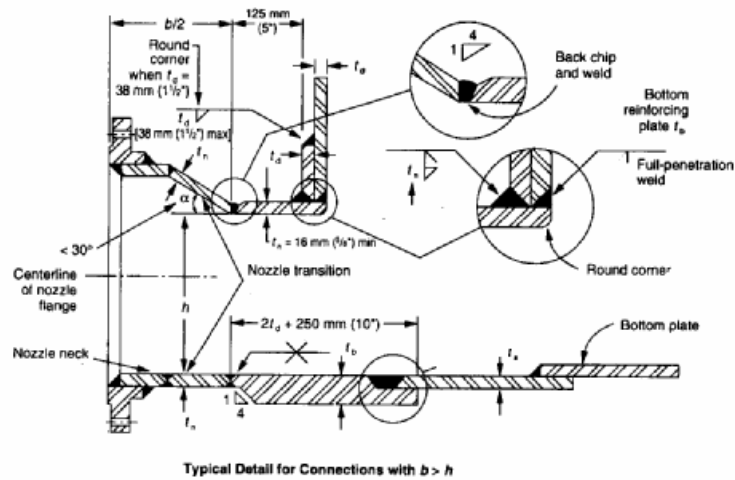
در انتخاب ورق تقویتی باید بیان کنیم که ورق تقویتی باید مقاومتی برابر با ورق بدنه داشته باشد مگر در شرایط خاص که ورق با مقاومت کمتر در صورتی پذیرفته است که ماده نازل حداقل تنش نسبی نهایی آن کمتر از 70 تا 80 درصد نباشد.

هنگامیکه جنس بدنه از گروه‌های IV و IVA و V و VI باشد و ضخامت بدنه بزرگتر از  $\frac{1}{2}$  اینچ باشد در محل تقویتی‌ها و اتصالات باید در دمای 1100 تا 1200 درجه فارنهایت برای یک ساعت بر اینچ ضخامت، تنش‌زدایی کرد.

هنگامیکه کانکشن روی ماده تمپره شده نصب گردد دمای تنش‌زدایی 50 درجه فارنهایت کمتر از دمای تمپره شدن بدنه می‌باشد البته با تذکر اینکه آن دما بالاتر از 1100 درجه فارنهایت نباشد.

برای این مواد جهت اتصال ورق انیولار کف تنش‌زدایی نیاز نمی‌باشد، بجز اینکه در ب نظافت از مدل flush – type موجود باشد.

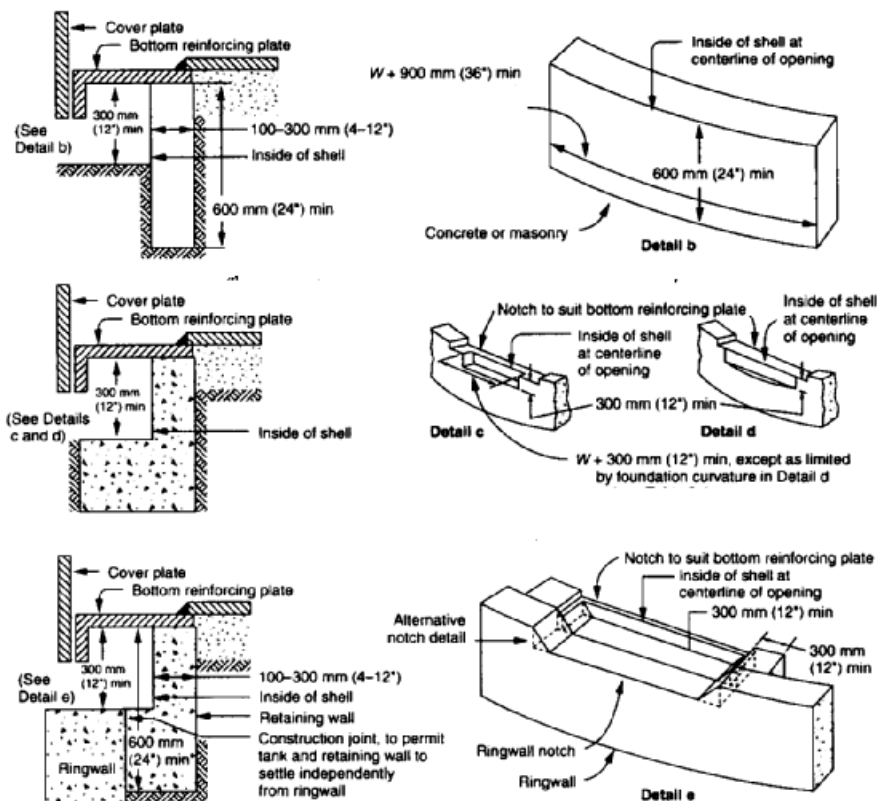
## شکل 9-3 درب FLUSH-TYPE [2]



—Flush-Type Shell Connection (continued)

در ساخت فونداسیون که قبل از ساخت کف و بدنه صورت می‌پذیرد باید دقت نمود که اگر کانکشن درب نظافت در محل اتصال بدنه به کف باشد باید طراحی‌های لازم و ساخت دقیق صورت پذیرد.

## شکل 10-3 تعبیه مکان مناسب مناسب در فونداسیون [2]



همانطور که گفتیم باید بدنه توسط ساپرت‌هایی تقویت گردد و همچنین بیان کردیم که راهرو و پلت فرم نیز روی مخزن نصب می‌گردد در گامی جلوتر اطلاعاتی عمومی در ارتباط با مباحث بالا بیان می‌کنیم.

### 6-3 راهرو و پلت فورم

برای دستیابی به سقف و همچنین کانکشن‌ها جهت بازرسی و تعمیرات باید راهرویی روی مخزن نصب گردد. در جداول زیر اطلاعاتی در مورد این بحث آورده‌ایم.

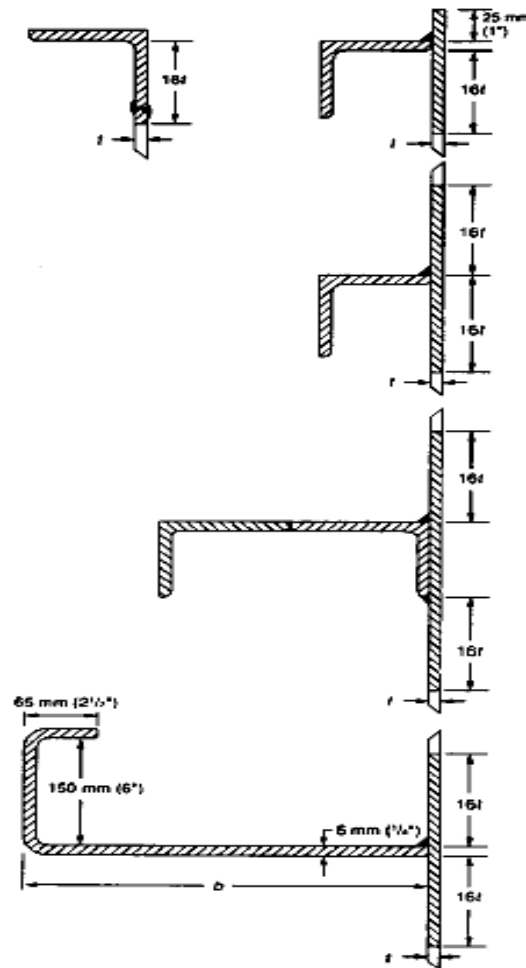
Rise, Run, and Angle Relationships for Stairways						
Height of Rise mm (in.) <i>R</i>	$2R + r = 610 \text{ mm (24 in.)}$			$2R + r = 660 \text{ mm (26 in.)}$		
	Width of Run mm (in.) <i>r</i>	Angle		Width of Run mm (in.) <i>r</i>	Angle	
		Degrees	Minutes		Degrees	Minutes
135 (5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	340 (13 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	21	39	—	—	—
140 (5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	330 (13)	22	59	380 (15)	20	13
145 (5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	320 (12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	24	23	370 (14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	21	24
150 (6)	310 (12)	25	49	360 (14)	22	37
155 (6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	300 (11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	27	19	350 (13 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	23	53
165 (6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	280 (11)	30	31	330 (13)	26	34
170 (6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	270 (10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	32	12	320 (12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	27	59
180 (7)	250 (10)	35	45	300 (12)	30	58
185 (7 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	240 (9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	37	38	290 (11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	32	32
190 (7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	230 (9)	39	34	280 (11)	34	10
195 (7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	220 (8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	41	33	270 (10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	35	50
205 (8)	200 (8)	45	42	250 (10)	39	21
210 (8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	190 (7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	47	52	240 (9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	41	11
215 (8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	—	—	—	230 (9)	43	4
220 (8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	—	—	—	220 (8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	45	0
225 (9)	—	—	—	210 (8)	46	58

جدول 6-3 استاندارد راهرو [2]

### 1-7-3 ساپرت‌های فوقانی و میانی

در مخازن سقف باز باید مخزن توسط رینگ تقویت کننده ساپرت شود تا بتواند نیروهای ناشی از باد را تحمل کند. ساپرت فوقانی (Top Girder) باید در بخش فوقانی و خارج آخرین کورس نصب گردد. این ساپرت می‌تواند توسط خمکاری استراکچرها ساخته شود و یا از فرم دادن ورق‌ها ساخته شود که توسط جوش شکل لازم را بدست می‌آورند.

چند شکل ساپرت در زیر دیده می‌شود.



شکل 11-3 ساپرت میانی و فوقانی [2]

باید دقت کرد که ساپرتها علیرغم تنوع شکلشان محدودیت‌هایی نیز دارند، کمترین اندازه L شکل مورد استفاده برای تقویت  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$  اینچ می‌باشد و کمترین ضخامت اسمی برای ورقی که برای شکل دادن و ساخت رینگ بکار می‌رود معادل  $\frac{1}{4}$  اینچ می‌باشد.

هنگامیکه رینگ ساپرت در فاصله بیش از 2 فوت از بالای بدنه قرار گرفت اندازه‌اش باید حداقل  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{16}$  اینچ برای ضخامت بدنه  $\frac{3}{16}$  اینچ و  $3 \times 3 \times \frac{1}{4}$  اینچ برای ضخامتهای بیشتر باشد. در

رینگ باید سوراخهایی تعبیه گردد که هنگام بارندگی سیال روی آن جمع نگردد و به راحتی تخلیه شود.

یکی از کارهایی که در صنعت زیاد بکار می‌رود و برای کاهش هزینه‌ها بکار می‌رود این است که از ساپرت بعنوان مسیر راه (walk ways) نیز استفاده شود، در این صورت باید پهنای آن حداقل 24 اینچ باشد و حائل (دیواره) نیز داشته باشد که ارتفاع حائل آن 3 فوت و 6 اینچ حداقل باشد. هرگاه اندازه ساپرت بصورتی باشد که پای افقی آن شانزده بار از ضخامت پای آن تجاوز کند باید خود آن از زیر ساپرت شود.

ساپرت‌های میانی و فوقانی باید مدول مناسبی داشته باشند، کمترین مدول مورد نیاز برای ساپرت فوقانی (Top Girder) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Z = 0.0001D^2H_2$$

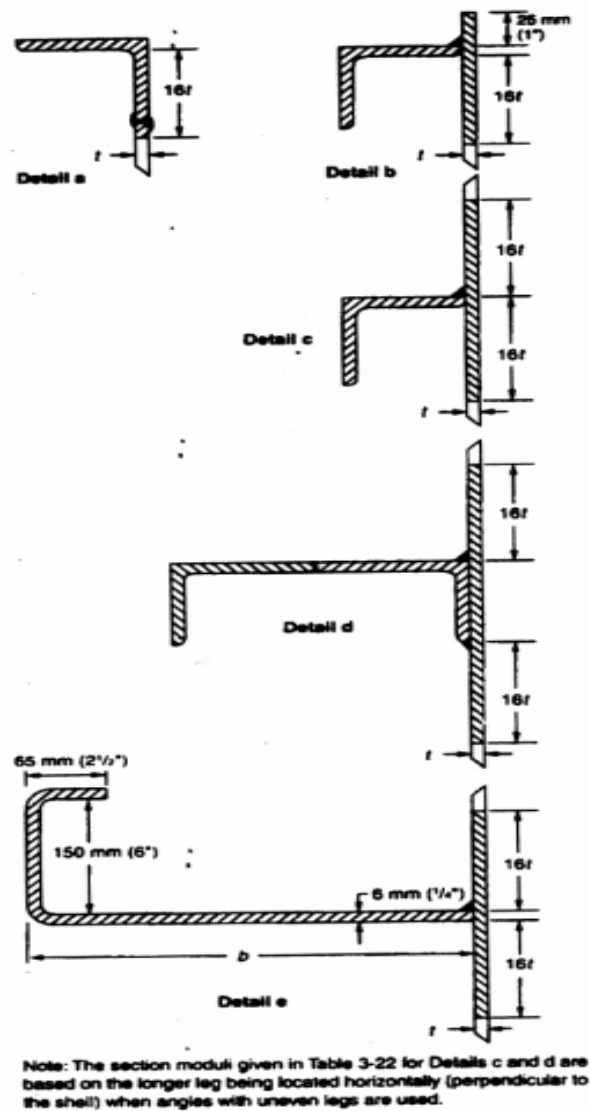
Z : کمترین مدول مورد نیاز (in)

D : قطر مخزن (feet)

H<sub>2</sub> : (شامل بلندترین ارتفاع مخزن) ارتفاع مخزن (feet)

البته رابطه گفته شده بر اساس سرعت باد 100 مایل بر ساعت است، اگر مطابق نظر کارفرما سرعتی غیر از آن باشد باید معادله فوق را در  $(\frac{V}{100})^2$  ضرب کرد و برای مخازن با قطر بالای دویست فوت مدول محاسبه شده از فرمول بالا می‌تواند طبق توافقی با کارفرما کاهش یابد البته تا حد مدول مورد نیاز برای مخزن با قطر دویست فوت.

مدول محاسبه شده برای تقویتی با فاصله‌هایی قابل پذیرش است که در شکل زیر می‌بینیم.



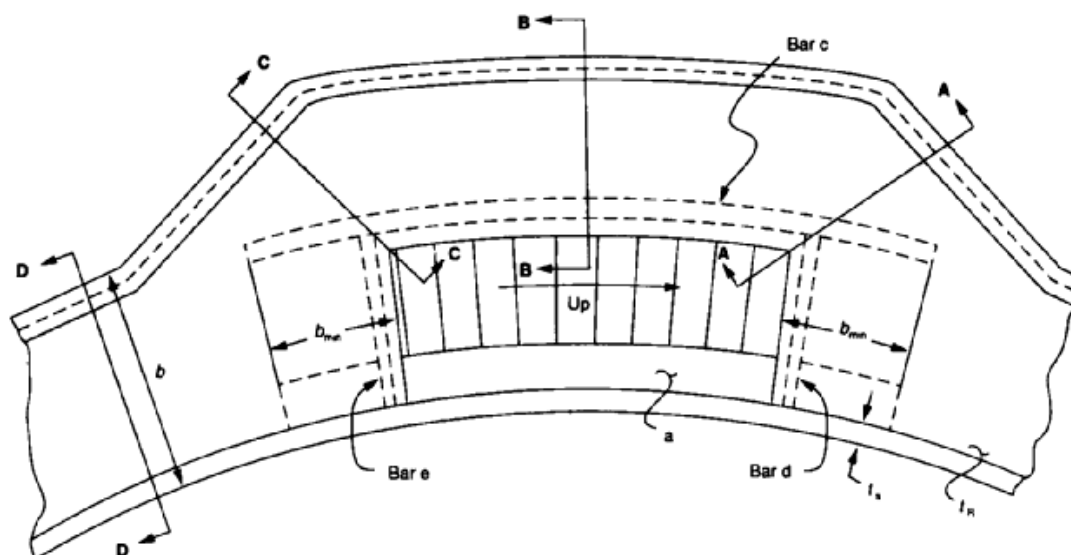
شکل 12-3 فاصله مجاز ساپرتها [2]

جدول 7-3 مدول ساپرت [2]

Section Moduli [cm<sup>3</sup> (in.<sup>3</sup>)] of Stiffening-Ring Sections on Tank Shells

Column 1		Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
Member Size		Shell Thickness [mm (in.)]				
mm	in.	5 ( <sup>3</sup> / <sub>16</sub> )	6 ( <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	8 ( <sup>3</sup> / <sub>16</sub> )	10 ( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	11 ( <sup>7</sup> / <sub>16</sub> )
Top Angle: Figure 3-18, Detail a						
64 × 64 × 6.4	2½ × 2½ × ¼	6.86 (0.41)	7.01 (0.42)	—	—	—
64 × 64 × 7.9	2½ × 2½ × ⅜	8.30 (0.51)	8.48 (0.52)	—	—	—
76 × 76 × 9.5	3 × 3 × ⅜	13.80 (0.89)	14.10 (0.91)	—	—	—
Curb Angle: Figure 3-18, Detail b						
64 × 64 × 6.4	2½ × 2½ × ¼	27.0 (1.61)	28.3 (1.72)	—	—	—
64 × 64 × 7.9	2½ × 2½ × ⅜	31.1 (1.89)	32.8 (2.04)	—	—	—
76 × 76 × 6.4	3 × 3 × ¼	38.1 (2.32)	39.9 (2.48)	—	—	—
76 × 76 × 9.5	3 × 3 × ⅜	43.0 (2.78)	52.6 (3.35)	—	—	—
102 × 102 × 6.4	4 × 4 × ¼	57.6 (3.64)	71.4 (4.41)	—	—	—
102 × 102 × 9.5	4 × 4 × ⅜	65.6 (4.17)	81.4 (5.82)	—	—	—
One Angle: Figure 3-18, Detail c (See Note)						
64 × 64 × 6.4	2½ × 2½ × ¼	28.5 (1.68)	29.6 (1.79)	31.3 (1.87)	32.7 (1.93)	33.4 (2.00)
64 × 64 × 7.9	2½ × 2½ × ⅜	33.1 (1.98)	34.6 (2.13)	36.9 (2.23)	38.7 (2.32)	39.5 (2.40)
102 × 76 × 6.4	4 × 3 × ¼	58.3 (3.50)	60.8 (3.73)	64.2 (3.89)	66.6 (4.00)	67.7 (4.10)
102 × 76 × 7.9	4 × 3 × ⅜	68.3 (4.14)	71.6 (4.45)	76.2 (4.66)	79.4 (4.82)	80.8 (4.95)
127 × 76 × 7.9	5 × 3 × ⅜	90.7 (5.53)	95.2 (5.96)	102.0 (6.25)	106.0 (6.47)	108.0 (6.64)
127 × 89 × 7.9	5 × 3½ × ⅜	101.0 (6.13)	106.0 (6.60)	113.0 (6.92)	118.0 (7.16)	120.0 (7.35)
127 × 89 × 9.5	5 × 3½ × ⅝	116.0 (7.02)	122.0 (7.61)	131.0 (8.03)	137.0 (8.33)	140.0 (8.58)
152 × 102 × 9.5	6 × 4 × ⅜	150.0 (9.02)	169.0 (10.56)	182.0 (11.15)	191.0 (11.59)	194.0 (11.93)
Two Angles: Figure 3-18, Detail d (See Note)						
102 × 76 × 7.9	4 × 3 × ⅜	186 (11.27)	191 (11.78)	200 (12.20)	207 (12.53)	210 (12.81)
102 × 76 × 9.5	4 × 3 × ⅝	216 (13.06)	222 (13.67)	233 (14.18)	242 (14.60)	245 (14.95)
127 × 76 × 7.9	5 × 3 × ⅜	254 (15.48)	262 (16.23)	275 (16.84)	285 (17.34)	289 (17.74)
127 × 76 × 9.5	5 × 3 × ⅝	296 (18.00)	305 (18.89)	321 (19.64)	333 (20.26)	338 (20.77)
127 × 89 × 7.9	5 × 3½ × ⅜	279 (16.95)	287 (17.70)	300 (18.31)	310 (18.82)	314 (19.23)
127 × 89 × 9.5	5 × 3½ × ⅝	325 (19.75)	334 (20.63)	350 (21.39)	363 (22.01)	368 (22.54)
152 × 102 × 9.5	6 × 4 × ⅝	456 (27.74)	468 (28.92)	489 (29.95)	507 (30.82)	514 (31.55)
Formed Plate: Figure 3-18, Detail e						
b = 10	—	—	341 (23.29)	375 (24.63)	392 (25.61)	399 (26.34)
b = 12	—	—	427 (29.27)	473 (31.07)	496 (32.36)	505 (33.33)
b = 14	—	—	519 (35.49)	577 (37.88)	606 (39.53)	618 (40.78)
b = 16	—	—	615 (42.06)	687 (45.07)	723 (47.10)	737 (48.67)
b = 18	—	—	717 (48.97)	802 (52.62)	846 (55.07)	864 (56.99)
b = 20	—	—	824 (56.21)	923 (60.52)	976 (63.43)	996 (65.73)
b = 22	—	—	937 (63.80)	1049 (68.78)	1111 (72.18)	1135 (74.89)
b = 24	—	—	1054 (71.72)	1181 (77.39)	1252 (81.30)	1280 (84.45)
b = 26	—	—	1176 (79.99)	1317 (86.35)	1399 (90.79)	1432 (94.41)
b = 28	—	—	1304 (88.58)	1459 (95.66)	1551 (100.65)	1589 (104.77)
b = 30	—	—	1436 (97.52)	1607 (105.31)	1709 (110.88)	1752 (115.52)
b = 32	—	—	1573 (106.78)	1759 (115.30)	1873 (121.47)	1921 (126.66)
b = 34	—	—	1716 (116.39)	1917 (125.64)	2043 (132.42)	2096 (138.17)
b = 36	—	—	1864 (126.33)	2080 (136.32)	2218 (143.73)	2276 (150.07)
b = 38	—	—	2016 (136.60)	2248 (147.35)	2398 (155.40)	2463 (162.34)
b = 40	—	—	2174 (147.21)	2421 (158.71)	2584 (167.42)	2654 (174.99)

در شکل زیر توضیحاتی در ارتباط بین پله ساپرت آمده است.



Notes:

1. The cross-sectional area of a, c, d, and e must equal  $32t_p^2$ . The section of the figure designated "a" may be a bar or an angle whose wide leg is horizontal. The other sections may be bars or angles whose wide legs are vertical.
2. Bars c, d, and e may be placed on the top of the girder web, provided they do not create a tripping hazard.
3. The section modulus of Sections A-A, B-B, C-C, and D-D shall conform to 3.9.6.1.
4. The stairway may be continuous through the wind girder or may be offset to provide a landing.
5. See 3.9.6.3 for toeboard requirements.

Stairway Opening Through Stiffening Ring

### شکل 13-3 بکار بردن ساپرت به عنوان راهرو [2]

#### 3-7-2 ساپرت میانی

بیشترین ارتفاع بدنه که به ساپرت احتیاج ندارد از روابط زیر محاسبه می گردد:

$$H_1 = 6(100t) \sqrt{\left(\frac{100t}{D}\right)^3}$$

$H_1$  : فاصله عمودی بین ساپرت میانی و فوقانی (feet)

$t$  : ضخامت بالاترین کورس (in)

$D$  : قطر مخزن (feet)

فرمول فوق برای مخازن با سقف باز و بسته صادق است و فرمول با شرایطی بدست آمده که سرعت

100 مایل بر ساعت است که ماکزیمم فشار 25/6 پوند بر فوت مربع وارد می کند.



اگر سرعت توسط کارفرما چیز دیگری بود فرمول مذکور در  $(\frac{100}{V})^2$  ضرب می گردد.

برای تخمین بیشترین ارتفاع بدون ساپرت بدنه باید محاسباتی بر اساس ضخامت کورس فوقانی صورت پذیرد و ارتفاع انتقال یافته بدست آید:

$$W_{tr} = w \sqrt{\left(\frac{t_{uniform}}{t_{actual}}\right)^5}$$

$W_{tr}$ : پهنای ترانهاده

$w$ : پهنای واقعی کورسها

$t_{uniform}$ : ضخامت کورس فوقانی

$t_{actual}$ : ضخامت کورس زیر کورس مورد محاسبه  $W_{tr}$

حال بعد از اینکه فرمول فوق را برای تمامی کورسها محاسبه کردیم با مجموع تمام  $W_{tr}$  ها اگر ارتفاع  $H_1$  از  $H_1$  بیشتر باشد آنگاه ساپرت میانی مورد نیاز است.

هنگامیکه استحکام بالا و پایین ساپرت میانی یکسان باشد و بار خاصی نداشته باشیم ساپرت میانی در وسط ارتفاع انتقال بدنه قرار می گیرد و ضخامت آن متناسب با ارتفاع بالای آن است.

محل دیگری که می توان برای ساپرت میانی انتخاب کرد فاصله ای است که از کورس محل انتقال گذشته و همچنین از  $H_1$  بزرگتر نباشد.

اگر نصف ارتفاع بدنه انتقال بزرگتر از ماکزیمم ارتفاع  $H_1$  باشد باید ساپرت میانی دومی بکار ببریم تا ارتفاع بدون ساپرت کمتر از مقدار مجاز باشد.

باید دقت کرد که ساپرت میانی حداقل 6 اینچ از خط جوش افقی فاصله داشته باشد و ترجیحاً اگر فاصله کم است و آن را با رعایت فاصله در زیر خط جوش با فاصله 6 اینچ بگذاریم.

کمترین مدول مورد نیاز برای ساپرت میانی از فرمول زیر بدست می آید:

$$Z = 0.0001D^2H_1$$

$Z$ : کمترین مدول مورد نیاز ( $\text{in}^3$ )

$D$ : قطر مخزن (feet)

$H_1$ : فاصله عمودی بین ساپرت میانی و Top angle در مخازن بسته یا Top wind girder در مخازن با سقف باز.

در این فرمول نیز اگر سرعت غیر از 100 مایل بر ساعت باشد فرمول را در  $(\frac{V}{100})^2$  ضرب می‌کنیم.

در این بخش مواد بدنه و ساپرتها و ابعاد و ضخامت آنها معرفی گردید و نوع اتصال آنها نیز که در مبحث اولیه این مجموعه آمده بود و می‌توان طراحی مناسبی صورت داد.

### **1-8-3 سقف**

در تقسیم‌بندی کلی سقف‌ها به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند:

- سقف‌های شناور

- سقف‌های ثابت

تمامی سقف‌هایی که طراحی می‌گردند باید بر اساس بار مرده ناشی از وزن ورق‌ها و استراکچر خودشان بعلاوه وزن ناشی از باران و سایر بارهای به اصطلاح زنده طراحی شوند و باید متذکر شویم که حداقل بارها باید 25 پوند بر فوت مربع در نظر گرفته شود.

برای سقف‌های ثابت مدل‌های زیر به چشم می‌خورد:

#### **مدل سقف مخروطی ساپرت شده (Supported cone)**

که این مدل سقف‌ها توسط تیرآهن که در اصطلاح gider و rafter نامیده می‌شوند و همچنین ستون ساپرت می‌شوند.

#### **مدل مخروطی خود ساپرت (Self – supporting cone roofs)**

این سقف‌ها سبک ساختشان بگونه‌ای است که توسط ورق خودشان ساپرت می‌شوند.

#### **مدل گنبدی خود ساپرت (Self – supporting dome roofs)**

این سقف‌ها نیز ساپرت دیگری ندارند و شکلشان مشابه گنبد است.

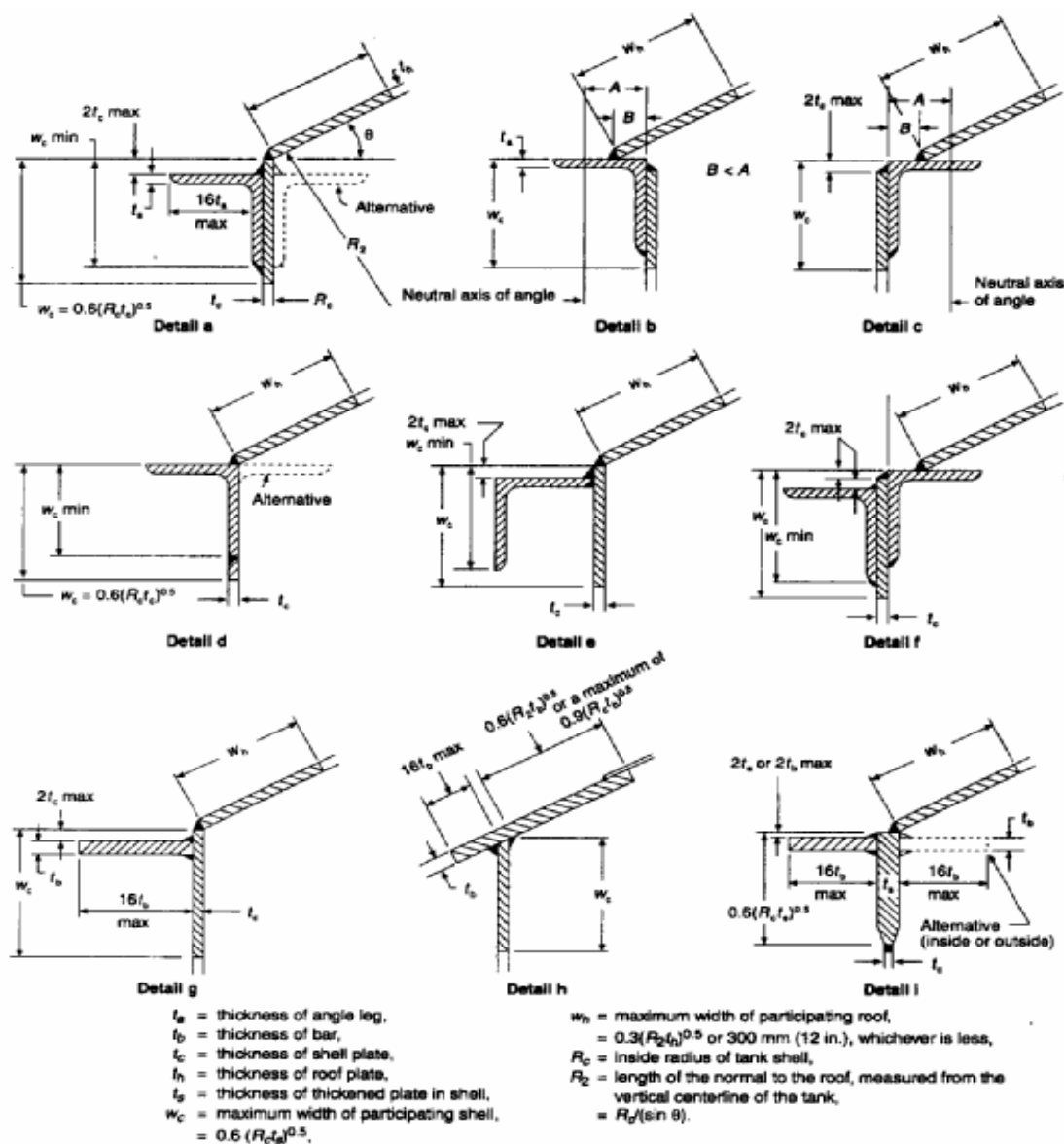
#### **مدل چتری خود ساپرت (Self – supporting umbrella roofs)**

این مدل از تکه‌های پلی‌گونال که بصورت عرضی کنار یکدیگر قرار می‌گیرند تشکیل می‌گردد و ساپرت دیگری بجز ورق سقف ندارند.

کمترین ضخامت اسمی ورق سقف در تمامی مدل‌های مذکور  $\frac{3}{16}$  اینچ است و عموماً برای حالات خود ساپرت ضخامت بیشتری نیاز است، در طراحی سقف نیز باید دقت نمود که ضخامت محاسبات باید با ضخامت خوردگی جمع گردد.

در سقف‌ها با مدل ساپرت شونده ورق سقف به ساپرتها جوش نمی‌گردند بلکه بر اساس وزن خود روی آن می‌نشینند. در مورد ساپرتها داخلی و خارجی سقف باید حداقل ضخامت آنها 0/17 اینچ باشد. موضوع خوردگی و اثرات آن بر روی ساپرت سقف با توافق طراح و کارفرما صورت می‌پذیرد. ورق سقف مخازن روی ساپرت فوقانی بدنه (Top angle) با جوش فیلت اتصال می‌یابد که البته فقط از سمت فوقانی جوش می‌گردد.

اگر جوش پیوسته فیلت بین ورق سقف و ساپرت فوقانی بیش از  $\frac{3}{16}$  اینچ نباشد شیب سقف نباید بیشتر از 2 اینچ در 12 اینچ (تقریباً  $9.4^\circ$ ) باشد در نمای زیر اتصال دیده می‌شود.



شکل 14-3 نصب و جوش سقف به بدنه [2]

در شکل‌های فوق حالت‌هایی که جوش بیشتر از  $\frac{3}{16}$  اینچ است و شیب می‌تواند بیش از  $9.4^\circ$  باشد نیز به چشم می‌آید.

محدودیت

مساحت عرضی محل جوش سقف به بدنه (A) نباید از مقدار زیر تجاوز کند:

$$A = \frac{0.153W}{30800 \tan \theta}$$

اگر نیروهای اعمال شده به سقف معلوم باشد و در اختیار طراح قرار گیرد باید فرمول زیر بررسی شود:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

که در فرمول فوق:

$f_a$ : تنش‌های محوری محاسبه شده

$F_a$ : تنش‌های محوری مجاز هنگامیکه تنها نیروهای محور باشند.

$f_b$ : تنش خمشی در محل‌های بحران

$F_b$ : تنش خمشی مجاز ناشی از تنها بارهای محوری

X, Y: محورهایی که تنش خمشی حول آنها بدست می‌آید.

در ستونها نیز باید بررسی گردد که دچار پدیدهٔ کمانش نگردند، سایر اثرات طراحی نظیر خمش و برش نیز باید مدنظر قرار گیرد.

### سقفهای مخروطی ساپرت شونده (Supported cone roofs)

ورقهای سقف باید در بخش فوقانی‌شان با جوش فول فیلت پیوسته، اتصال داده شوند، اندازهٔ جوش

سقف به ساپرت فوقانی باید  $\frac{3}{16}$  اینچ یا کوچکتر مطابق درخواست کارفرما باشد.

شیب سقف باید  $\frac{3}{4}$  اینچ در 12 اینچ ( $3.57^\circ$ ) یا بزرگتر تحت درخواست کارفرما باشد. ساپرت‌های

اصلی سقفها شامل رفتارها می‌تواند رول شده باشد یا ساخته شوند.

بارها می‌توانند از طریق اصطکاک بین ورق سقف و ساپرت‌های رفت‌وآمد انتقال یابند که میزان آن با شرایط تعیین می‌گردد:

- رفتارها با عمق اسمی بزرگتر 15 اینچ

- اتصال بین رفتارها

- شیب سقف

رفتارها می‌توانند از یکدیگر فاصله داشته باشند اما در خارجی‌ترین رینگ نباید فاصله‌شان از محیط مخزن، بیش از  $2\pi$  فوت باشد و فاصله آنها در داخلی‌ترین رینگ هم نباید بیشتر از 5/5 فوت باشد. اگر مخزن در ناحیه زلزله‌خیز باشد می‌توان در بین رفتارها در رینگ خارجی از میله گرد با قطر  $\frac{3}{4}$  اینچ بهره برد و یا از شکلهای H و I برای رفتارها استفاده کرد.

ستونها نیز می‌توانند از شکل‌های مختلف استراکچر انتخاب گردند یا از لوله استیل استفاده کرد که باید به تأیید کارفرما برسد.

### مدل سقف‌های مخروطی خود ساپرت Self – supporting cone

در سقف‌های خود ساپرت که ورق‌های سقف توسط جوش بهم نگه داشته می‌شوند باید توجه کرد که ضخامت ورق کمتر از  $\frac{3}{16}$  اینچ نباشد.

نکات زیر باید در مورد مخازن سقف ثابت خود ساپرت رعایت گردد:

$$\theta < 37^\circ$$

(شیب 2 اینچ در 13 اینچ)  $\sin \theta \geq 0.165$

کمترین ضخامت ورق  $\frac{D}{400 \sin \theta}$  که باید حداقل  $\frac{3}{16}$  اینچ باشد.

بیشترین ضخامت  $\frac{1}{2}$  اینچ است.

که (درجه) در روابط فوق زاویه اتصال بخش مخروطی با افقی است و D (feet) قطر اسمی مخزن است.

اگر مجموع بارهای مرده و اکتیو بیش از 45 پوند بر فوت مربع باشد کمترین ضخامت مجاز با نسبت زیر بزرگ می‌گردد:

$$\sqrt{\frac{\text{live load} + \text{dead load}}{45}}$$

مقدار مساحت مشترک بین سقف و بدنه که از طریق محاسبات و به کمک شکل‌های چند صفحه قبل بدست می‌آید باید بیش‌تر از مقدار زیر باشد:

$$A = \frac{D^2}{3000 \sin \theta}$$

(مساحت محاسبه شده بر اساس فرمول مذکور می‌تواند پایه کمترین ضخامت اسمی مواد مورد استفاده بدون اثرات خوردگی باشد).

### مدل سقف‌های گنبدی خودسپرت و چتری

در این مدل سقفها نیز هنگامیکه ساپرت نمی‌شوند حداقل ضخامت مجاز  $\frac{3}{16}$  اینچ می‌باشد. نکات زیر در مورد این سقف‌ها بر اساس محاسبات و تجربیات بدست آمده است:

$$D/8 = \text{کمترین شعاع (شعاع کوچک)}$$

$$D/2 = \text{بیشترین شعاع (شعاع بزرگ)}$$

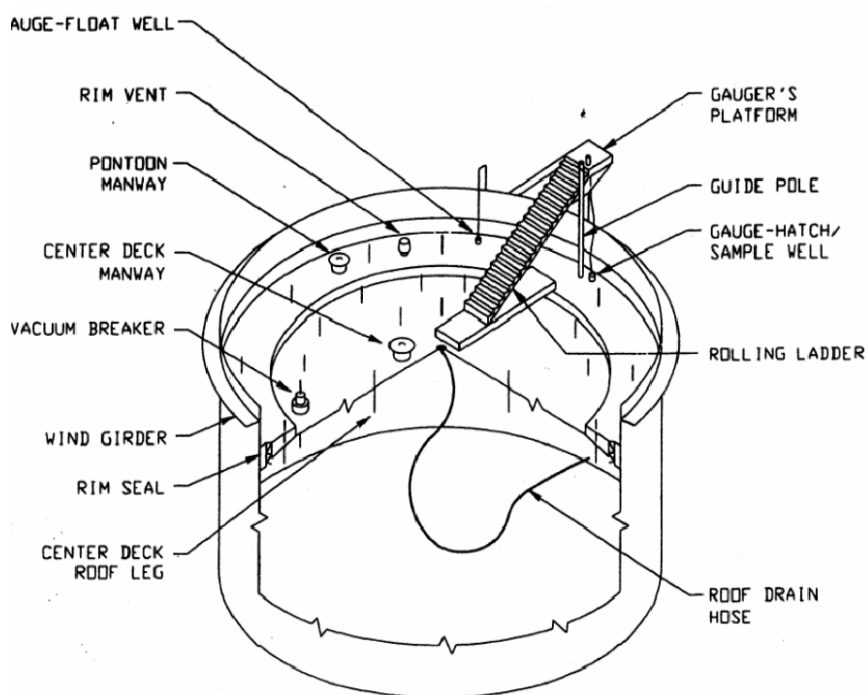
در مورد اتصالات کلیه سقفهای ثابت معرفی شده تست‌هایی وجود دارد که در صورت وجود نشستی محل نشستی‌ها دیده می‌شود و با تعمیرات لازم به حد استاندارد می‌رسد.

## 2-8-3 سقف‌های شناور

مدل بزرگ دیگر سقفها، سقف شناور است همانطور که از اسم این سقفها نیز پیدا است این سقفها بر روی سطح محصول شناور می‌مانند تا از بخار شدن سیال ذخیره شده که عموماً بخارات خطرناک و قابل اشتعال اند جلوگیری زیادی کنند.

سقفهای شناور در مخازن عمودی مورد استفاده قرار می‌گیرند، این سقفها را می‌توان همراه با یک سقف ثابت و یا بطور انفرادی بکار برد که در حالت اول به آن سقف شناور داخلی و در حالت دوم به سقف شناور خارجی شناخته می‌شوند.

شکل 15-3 نمای کلی مخزن سقف شناور [1]



### 3-8-3 سقف‌های شناور خارجی

این سقفها نسبت به سقفهای شناور داخلی باید دارای استحکام بیشتری باشند و آن هم به علت وارد آمدن مستقیم نیروهای ناشی از بارندگی است و همچنین سیستم خارج کننده آب باران نیز باید بری آنها تعبیه گردد.

چند مدل معروف این سقفها عبارتند از: مدل double – deck, pan, pontoon. طراحی ساپرتها و کل سقف باید بگونه‌ای باشد که سقف بتواند به ارتفاع ماکزیمم سیال برود و پایین آید بدون آنکه صدمه‌ای به بدنه و خود سقف وارد گردد.

در مواردی کنترل کننده‌های اتومات روی سقف نصب می‌گردند تا در صورت بروز حوادثی نظیر آتش‌سوزی فرمان لازم جهت اعلام به اپراتور و همچنین جلوگیری از پخش آتش صورت پذیرد.

در حالتی که در سرویش بخارات خوذنده داریم پیشنهاد می‌شود که کمی بخار و هوا در زیر سقف باقی بماند تا بین سیال و سقف فاصله حتی خیلی کوچک ایجاد نماید. حداقل ضخامت مجرای ورق

سقف  $\frac{3}{16}$  اینچ پیشنهاد می‌گردد.

در سقفها در دک پایین باید توسط جوش تمام فیلت و بطور دقیق جوشکاری صورت پذیرد.  
در مدل double – deck و pontoon باید جهت خارج شدن آب باران یک شیب حداقل یک درجه به سقف داده شود.

### **سقفهای شناور خارجی مدل Pontoon**

در این مدل سقفها جهت شناور ماندن سقف روی سطح سیال روی سقف فضاهایی در حین ساخت ایجاد می گردد که در این فضاها یک ماده با چگالی بسیار پایین و یا هوا نگهداری می شود و سبب سبک شدن سقف می گردد.

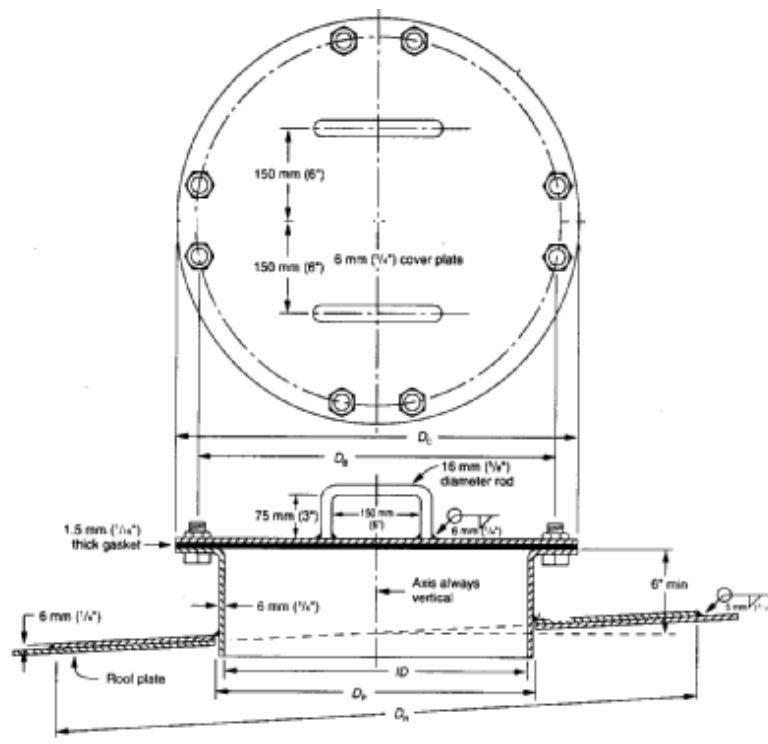
برای هر فضایی که جهت نگهداری هوا یا ماده سبک تعبیه می شود باید یک منهول بازدید گذاشت تا در صورت نشتی محصول ذخیره شده در مخزن به درون آن بتوان به آسانی آن را تعمیر نمود.

### **مدل double – deck**

در این مدل سقف از دو ورق سرتاسری تشکیل یافته است و به عبارتی دو سقف single اند که فاصله بین آنها نیز عموماً هوا قرار دارد و کار سبک سازی سقف را انجام می دهد.

از اجزاء مهم این سقفها می توان به نردبان شناور اشاره کرد. این نردبان بگونه ای طراحی شده است که در هنگام بالا و پایین رفتن سقف به آرامی روی ریل های تعبیه شده جلو و عقب می رود و ارتفاع خود را تنظیم می نماید. اساس طراحی این نردبانها تحمل بار 1000 پوند در وسط آن و در تمامی زوایای کار می باشد. در مورد منهول های سقف قبلاً توضیح داده شده در شکل زیر نمونه ای از این اجزاء را می بینیم.





شكل 16-3 منتهول سقف [2]

#### 3-8-4 سقفهای شناور داخلی

سقفهای شناور داخلی نسبت به سقفهای شناور خارجی بار کمتری را تحمل می‌کنند و فاصله بین سقف و بدنه نیز توسط سیستم سیل ساده‌تری پوشیده می‌گردد. این سقفها دارای سیستم درین نیستند چون اصلاً بارندگی بصورت مستقیم روی این سقفها فرود نمی‌آید.

### 5-8-3 اجزاء مشترک سقف‌های شناور خارجی و داخلی

در حالت کلی این سقفها چند مدل دارند که در گامی جلوتر به آنها خواهیم پرداخت ولی اجزاء مشترک این سقفها پایه‌های نگهدارندهٔ سقف که عموماً ارتفاع 1 تا 1/8 متر داشته و سازه آنها لوله‌هایی 4 تا 6 اینچ است و طوری تعبیه می‌شوند که به سیستم درین تداخلی نداشته باشند و هنگامی که سقف به حالت کمترین ارتفاع خود می‌رسد به آرامی روی آن می‌نشیند و عموماً بدنه مخازن تا این ارتفاع رنگ می‌گردد و این بدان علت است که رسوبات و ناخالصی‌ها در آن ناحیه بسیار

زیادند. جزء مشترک دیگر پایه راهنما است که Guide نامیده می شود و برای هدایت کردن مخزن در مسیر خود به سمت بالا و پایین و همچنین جلوگیری از چرخیدن سقف می باشد.

### 1-9-3 سیل ( seal )

فاصله بین سقف شناور و بدنه توسط seal پر می شود و این فاصله 8-12 اینچ می باشد.

سیل ها به چند دسته عمده تقسیم می شوند:

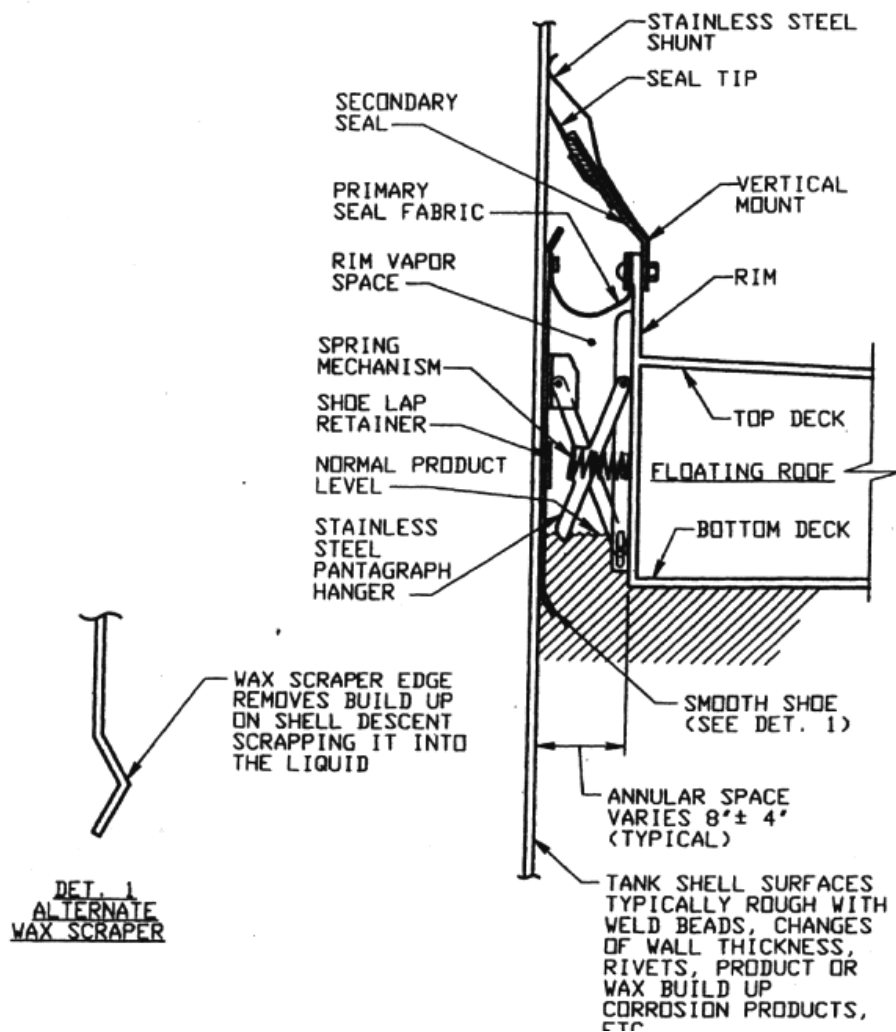
Mechanical shoe seal -

Flexible wiper -

Resilient toroid seal -

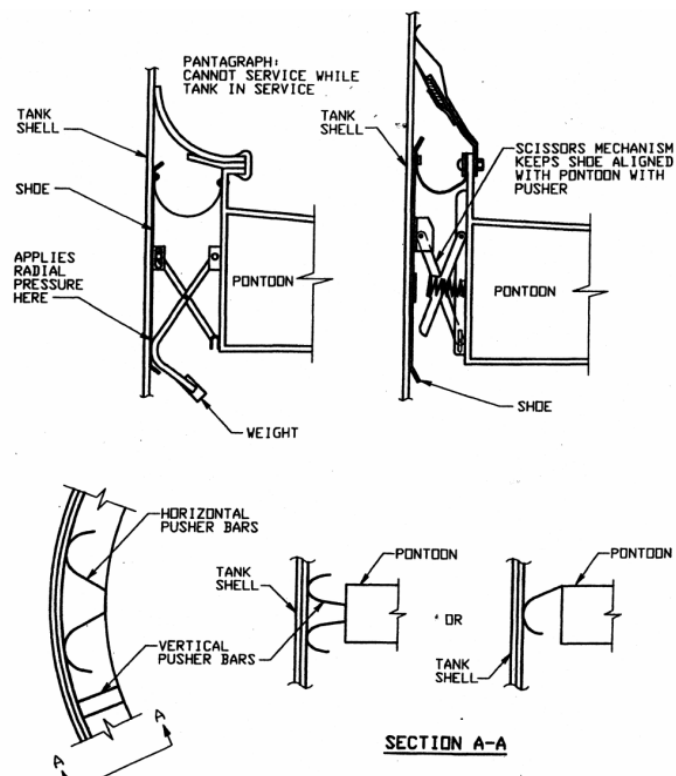
در جدول زیر کاربردهای seal ها را بر حسب نوع آنها نشان می دهد.

در شکل زیر نیز یک نوع از سیل های (Mechanical) به چشم می آید و اجزاء فلزی و پلاستیکی آن که توسط قیر و بندهایی به هم متصل اند دیده می شود.



شکل 17-3 سیل [2]

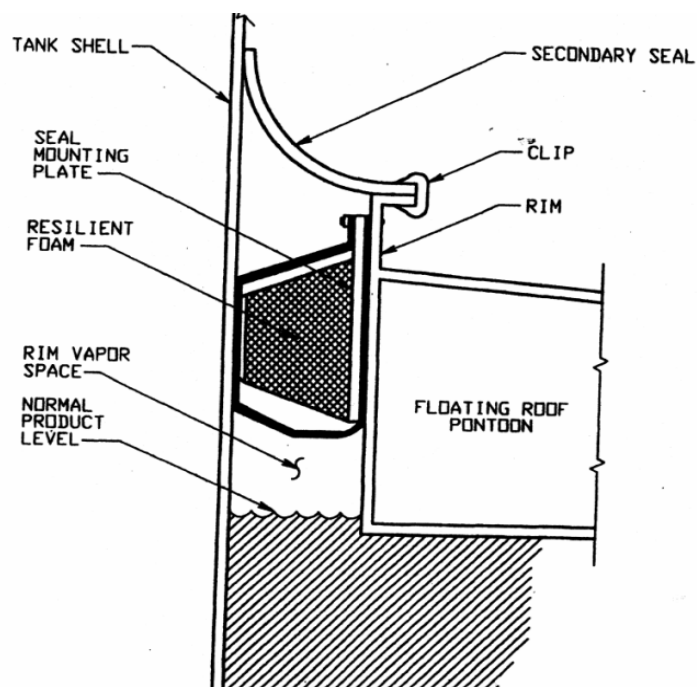
اجزاء قید و بند فلزی از جنس استینلس استیل اند که هم مقاومت مناسبی دارند و هم در مقابل خوردگی بخارات سیال موجود در مخزن مقاوم اند.



شکل 18-3 سیل [2]

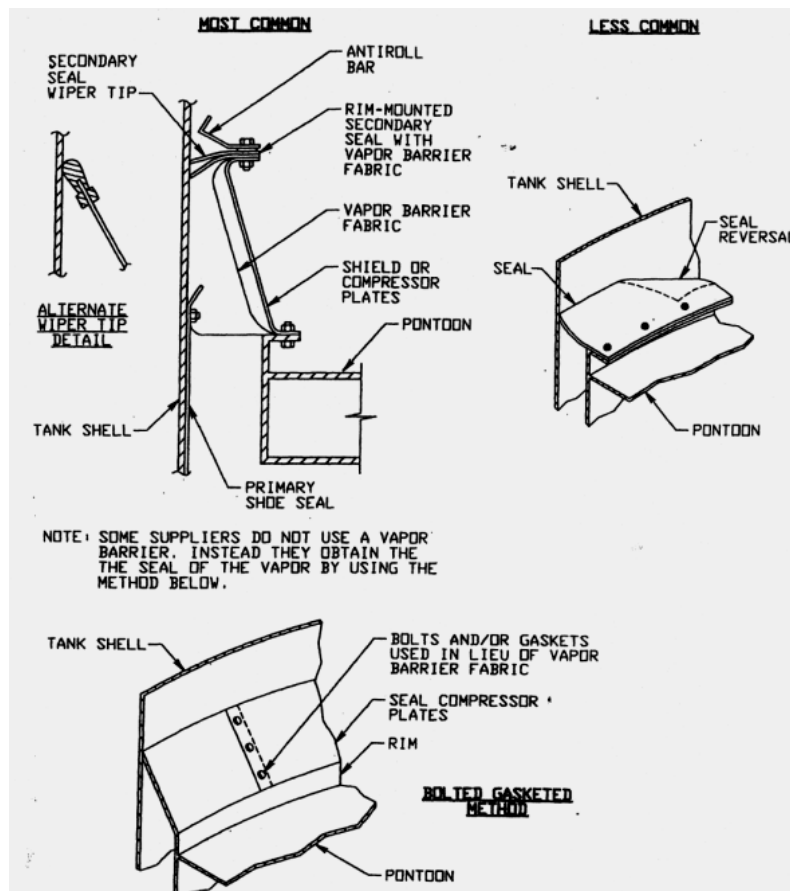
همانطور که ذکر شد مدل دیگری از سیل نیز وجود دارد که به Resilient toroid seal شناخته می‌شوند، پهنای این مدل بین 10 تا 20 میلی‌متراند و نصب و تعویض آنها آسان است.

شکل 19-3 سیل RESILIENT [2]



## مدل Flexible wiper seal

این مدل بعنوان سیل ثانویه بکار می‌رود و این مدل نیز فاصله 10 تا 20 میلی‌متر را ساپرت می‌کنند.



شکل 20-3 سیل FLEXIBLE [2]

یکی دیگر از مدل‌های بسیار ساده سیل مدل weather shield است که مقاومت چندانی ندارد و از خروج بخارات جلوگیری بعمل نمی‌آورد و فقط از ورود گرد و غبار و اجزاء با مولکول‌های بزرگ نظیر برف و باران جلوگیری بعمل می‌آورد.

سیل‌ها به علل مختلف دچار خرابی می‌شوند که در زیر چند علت را نام می‌بریم:

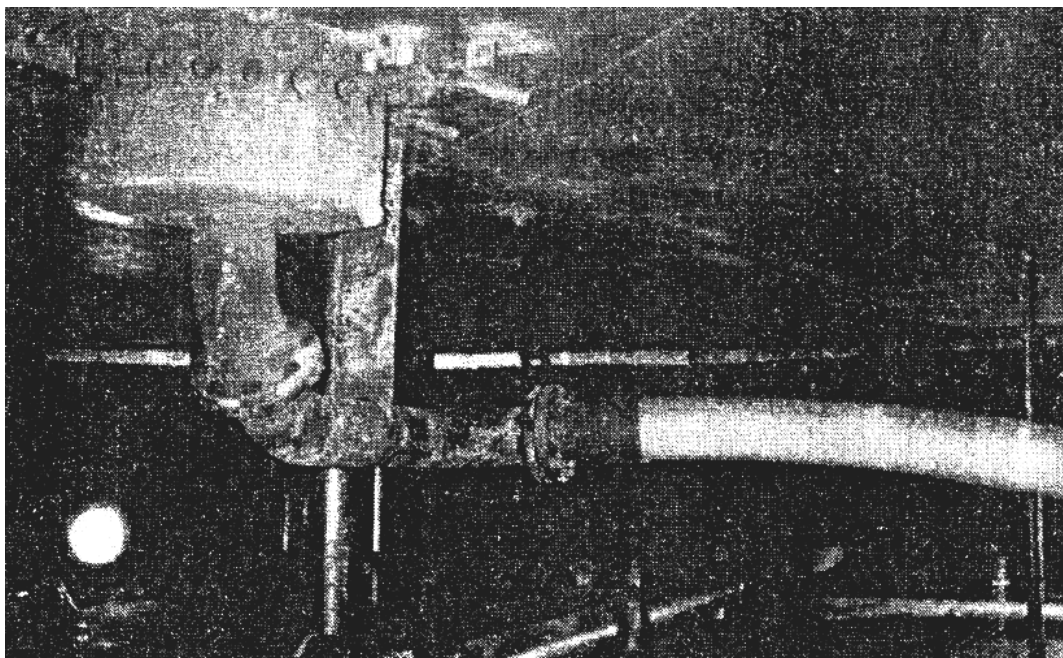
- اگر ارتفاع سیال داخل مخزن به هر دلیل بیشتر از حد مجاز شود به سیل صدمه وارد می‌آید.
- نوسانات شدید در هنگام زلزله به سیل فشار وارد می‌کند.
- بخش ثانویه سیل خاصیت فنریت خود را از دست بدهد.
- پیچ‌ها و یا فنرها و سایر اجزا که عمر مفید دارند بر اساس خستگی عمرشان به اتمام برسد.

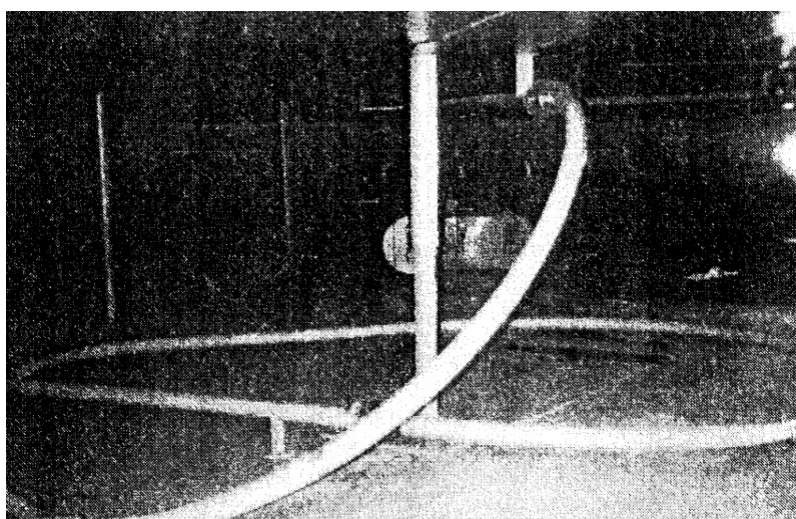
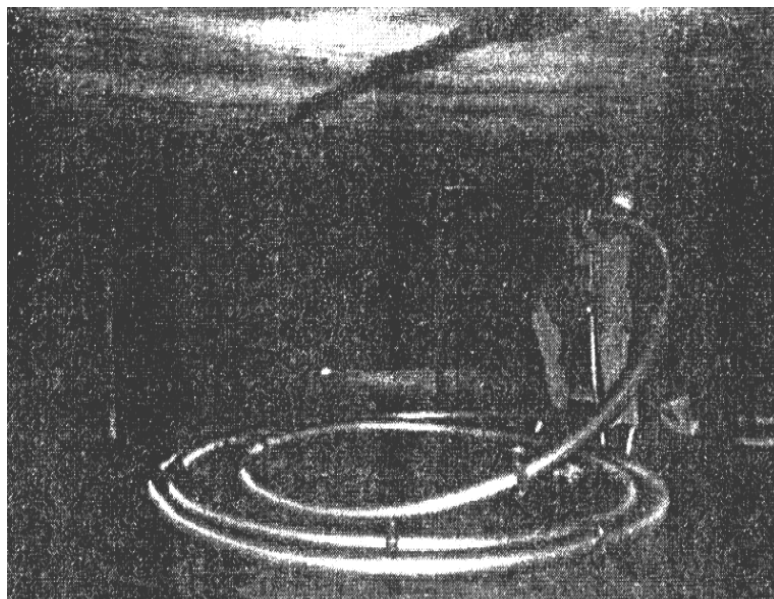
برای سقفهای شناور داخلی سیل‌های ساده‌تری بکار می‌رود زیرا بار ناشی از برف و باران بر روی سقف نیست و نتیجتاً فشار کمتری نیز به سیل وارد می‌آید.

### 1-10-3 سیستم خروج آب باران از سقف

در سقف‌های شناور خارجی به دلیل تغییر مکان سقف از سیستم لوله‌کشی خروجی باران انعطاف‌پذیر استفاده می‌گردد و برای این کار یک محفظه‌ی استوانه‌ای شکل در مرکز سقف طراحی و ساخته می‌شود و با شیب مناسب به سقف آبهای جمع شده روی سقف را بسوی این محفظه راهنمایی می‌کنند و از آنجا توسط سیستم Drain خارج می‌کنند.

شکل 21-3 نازل آب باران [1]





شکل 22-3 لوله خروجی آب باران [1]

سقف‌های شناور دارای منهول بازدید، نردبان تاشو، ونت و خروجیها و نازل‌های کنترل سطح و ... اند که موضوع مورد بحث در این مبحث نیستند.

### 1-11-3 تأثیر نیروی بار و ساپرت‌گذاریها

همانطور که در مباحث قبلی توضیح دادیم ساپرت‌های میانی و فوقانی بدنه برای تقویت بدنه در مقابل نیروهای داخلی و همچنین نیروی باد آورده شد ولی در اینجا به بررسی کمی دقیق‌تر این موضوع

می‌پردازیم و ساپرت‌گذاری پیچ بلند (Anchor Bolt) که از یک طرف داخل فونداسیون رفته و از طرف دیگر به بدنه متصل است را بررسی می‌کنیم.

برای مخازن بدون ساپرت Anchor میزان ممنت ناشی از فشار باد نباید از  $\frac{2}{3}$  ممنت بار مرده بیشتر باشد به عبارتی:

$$M \leq \frac{2}{3} \left( \frac{WD}{2} \right)$$

M: ممنت خارج از مرکز کننده ناشی از باد (foot – pounds)

W: وزن بدنه (پوند) + وزن ساپرت‌های بدنه - اثرات شرایط کاری نظیر فشار داخلی روی سقف مخزن

D: قطر مخزن (feet)

اگر مخزن ساپرت شود بار کششی روی پیچها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$t_B = \frac{4M}{dN} - \frac{W}{N}$$

$t_B$ : بار کششی طرحی روی هر پیچ

d: قطر دایروی پیچ

N: تعداد پیچها

فاصله پیچها می‌توانند ماکزیمم 10 فوت از یکدیگر باشد.

همانطور که بیان کردیم با گذاشتن ساپرت Anchor Bolt نیروی ناشی از باد خنثی می‌گردد.

### 12-13 اثرات زلزله

همانطور که پس از طراحی تمامی نقاط مخزن اثر باد روی مخزن را بررسی کردیم حال به طور عمومی به بررسی اثر زلزله می‌پردازیم.

طراحی این بخش با توجه به جوابگویی به دو مد اساسی صورت می‌پذیرد:

1- با توجه به فرکانس‌های بالای ممکن در محل و همچنین تأثیرات ناشی از حرکت سیال داخل مخزن.

2- با توجه به فرکانس‌های پایین محل و تأثیرات ناشی از حرکت سیال داخل مخزن



و در طراحی اثرات هیدرودینامیکی جرم و گشتاورهای چرخشی بر اساس نیروهای افقی در نظر گرفته می‌شود.

بحث مربوط به محاسبات اثرات زلزله روی فونداسیون در حیطه تخصص کارشناسان محترم زمین‌شناسی و عمران می‌باشد و از بحث این مجموعه خارج است. اما در ارتباط با اجزاء فلزی خصوصاً بدنه باید ذکر کنیم که عواملی نظیر نوع خاک، نوع منطقه از نظر زلزله‌خیزی و محاسبات مربوط به مرکز ثقل مخزن و محل نیروی فشار افقی همگی مباحثی هستند که باید توسط کارشناس طراح در نظر گرفته شود.

مهمترین گشتاور تأثیرگذار در زلزله از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$M = ZI(C_1 W_s X_s + C_1 W_r H_t + C_1 W_1 X_1 + C_2 W_2 X_2)$$

که در رابطه مذکور:

M : گشتاور پیچشی (foot – pounds)

Z : ضریب ناحیه

I : ضریب تسهیلات ذاتی

که مقدار 1 دارد مگر اینکه کارفرما نظر دیگری داشته باشد و حداکثر آن 1/5 است.

$C_1, C_2$ : ضریب نیروی افقی ناشی از زلزله

$W_s$ : وزن کل بدنه مخزن

$W_r$ : وزن کل سقف + نیروهای ناشی از بارندگی (pounds)

$X_s$ : ارتفاع از کف مخزن تا مرکز ثقل

$H_t$ : ارتفاع کل بدنه مخزن (feet)

$W_1$ : وزن ناشی از جرم مؤثر داخل مخزن ناشی از حرکت (pounds)

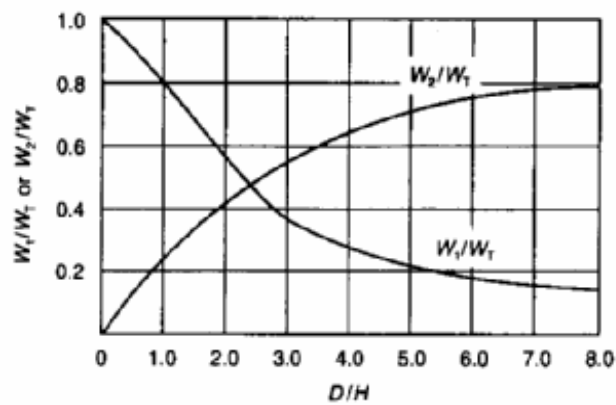
$X_1$ : ارتفاع از کف مخزن تا مرکز نیروهای افقی ناشی از زلزله (feet)

$W_2$ : وزن ناشی از جرم مؤثر بر اساس تکان اولین مد (pounds)

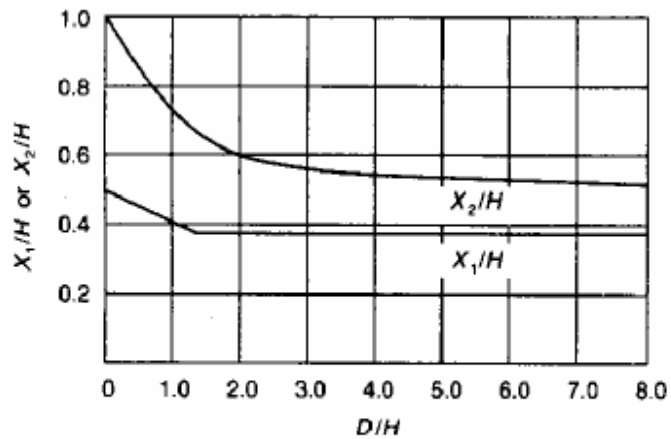
$X_2$ : ارتفاع کف مخزن تا مرکز نیروی افقی ناشی از تکان (feet)

ضریب ناحیه توسط زمین‌شناسان کشور و محل نصب مخزن معلوم می‌گردد. مقدار  $W_1$  و  $W_2$  و  $X_1$

و  $X_2$  با استفاده از نمودارهای زیر بدست می‌آیند.



Effective Masses



Centroids of Seismic Forces

### نمودار 1-3 محاسبات ضرایب ثابت زلزله [2]

ضریب نیروهای افقی  $C_1$  معادل  $0.24$  می باشد برای محاسبه ضریب  $C_2$  باید به دوره تناوب طبیعی اول،  $6T$  توجه کرد.

اگر  $T$  کمتر و یا برابر  $4/5$  باشد:

$$C_2 = \frac{0.3S}{T}$$

اگر  $T$  بزرگتر از  $4/5$  باشد:

$$C_2 = \frac{1.35S}{T^2}$$

که در روابط فوق S ضریب تقویت خاک است که پس از آزمایشات خاک محل نصب مخزن به طراح اعلام می‌گردد

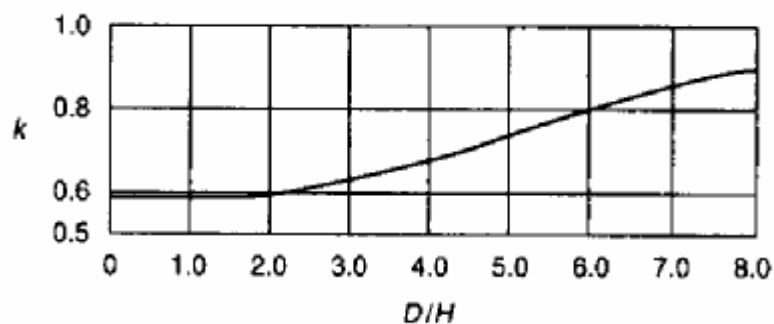
جدول 8-3 ضرایب ناحیه [2]

( S ) -Seismic Zone Factor	
Seismic Factor (from Figure E-1 or other sources)	Seismic Zone Factor (horizontal acceleration)
1	0.075
2A	0.15
2B	0.20
3	0.30
4	0.40

T پریود طبیعی اولین مد است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T = k(D^{0.5})$$

که k ضریبی است که توسط نسبت  $\frac{D}{H}$  و نمودار زیر بدست می‌آید.



Factor k

نمودار 2-3 ضرایب K به D/H [2]

حال که گشتاور چرخشی بدست آمد برای جلوگیری از خرابی مخزن در زمان زلزله راهکارهای زیر پیشنهاد می‌گردد.

- افزایش ضخامت بدنه

- تغییر ابعادی مخزن جهت افزایش قطر و کاهش ارتفاع مخزن

- ساپرت گذاری مخزن

بنابر شرایط کار و سایت موجود و همچنین هزینه اقتصادی پروژه یکی از راهکارهای فوق جهت خنثی سازی گشتاور پیچشی بکار می رود.

البته باید دقت نمود که سیستم Piping متصل به مخزن نیست، انعطاف پذیری مناسب و استاندارد را دارا باشد تا در زمان وقوع زلزله اشکالاتی را بوجود نیاورد.

بعد از اینکه در این مجموعه با اصول طراحی و ساخت یک مخزن ذخیره آشنا شدیم تنها باید متذکر شویم که مخزن ساخته شده باید در محل اتصالات تحت آزمایشات غیرمخرب قرار گیرد تا در صورت وجود نقص محلی این نواقص رفع گردد و همچنین تستهایی وجود دارد که شاقول بودن مخزن و دایروی بودن آن را نشان می دهد و تolerانس های استاندارد نیز در این باره موجود است.

## فصل چہارم

### تستہا و تفرانسہا

## 1-4 تستها

از جمله تستهای اساسی مخزن تست هیدرواستاتیک و تست خلا میباشد که به توضیح اجمالی آنها می پردازیم.

### 1-1-4 تست هیدرواستاتیک

- قبل از تست باید مطمئن شویم که کلیه کارهای جوشکاری روی بدنه و سقف شناور و کف انجام شده و عملیات برداشتن قطعات اضافی از روی مخزن انجام شده و تستهای غیر مخرب نیز انجام پذیرفته است.
- تامین و حمل لوله با قطر مناسب، فلنج، شیر یکطرفه، GATE VALVE و GASKET و پیچ و مهره و سپس انجام لوله کشی و تست و تخلیه.
- تامین و نصب پمپ در صورت نیاز بر اساس شرایط محلی.
- تعیین حداقل سه نقطه BENCH MARK در محوطه اطراف مخزن و تعیین حداقل نقاط بر روی مخزن طبق استاندارد API 653.
- کنترل نشست SETTLEMENT مخزن در طی تست هیدرواستاتیک به همراه کنترل ارتفاع آب تست بطور روزانه و در یک زمان معین با حضور نظارت مقیم میباشد.
- کلیه رقوم بدست آمده در ارتباط با SETTLEMENT مخزن در برگه ای ثبت شده و جهت تأیید نهایی به کارفرما ارائه میگردد.
- لازم بذکراست که قبل از هیدروتست عملیات بازرسی کف مخزن و نیز تست خلا روی کف مخزن باید انجام شده باشد.
- توقف آگیری مخزن در طی مراحل زیر:
- پس از بلند شدن سقف مخزن به میزان حداقل 0/5 متر از روی پایه ها و شناور شدن بمدت یک روز و کنترل داخلی کلیه PONTON ها جهت اطمینان از عدم نشستی سقف.
- در هنگام پرشدن نصف ظرفیت مخزن بمدت 1 روز توقف.
- پس از پرشدن کامل مخزن، زمان توقف با نظر متخصص خاک تعیین میشود و ضمناً طول مدت آگیری و تست نیز حداقل به مدت 4 هفته و با هماهنگی متخصص خاک میباشد.
- حداقل مقدار تزریق آب برای مخازنی که دارای ضخامت کورس پائین کمتر از 22 میلیمتر باشد، کمتر از 300 میلی متر در ساعت است در ضمن اگر نشست مخزن از یک سانتی متر در هر 2 متر ارتفاع آب بیشتر باشد، باید سرعت پرشدن آب کاهش یابد.
- تخلیه آب مخزن از مسیر لوله تخلیه تست و در مسیر و محل مناسب و با ماکزیمم ارتفاع 5 متر در روز، آب مخزن میتواند تخلیه گردد.

## نکات مهم:

- در زمان تست هیدرواستاتیک قسمت بالای دک پائینی به صورت چشمی جهت عدم نشتی چک میگردد. (در زمان تست هیدرواستاتیک لوله آب باران سقف شناور بایستی BLIND شود).
- در زمان تست هیدرواستاتیک منهل‌های سقف ثابت باز نگه داشته میشوند.
- هر پانتون تکمیل شده توسط هوا و با فشار 0.75 KPA تست گردیده و جوشها با آب صابون چک میگردند.
- بند فوق فقط برای مخازن سقف شناور که جوشکاری UPPER DECK به RIM PLATE طبق نقشه مخزن بصورت FULL جوش باشند لازم الاجرا میباشد.
- پس از تست مخزن به علت امکان رسوب گل و لای، کف مخزن باید تمیز گردد.
- حداکثر ارتفاع سقف شناور و بالاترین سطح آب در زمان تست برابر است با مقدار DESIGN LIQUID LEVEL که در نقشه NAME PLATE به آن اشاره شده است.
- قبل از تست هیدرواستاتیک ورقهای تقویتی با فشار 15 PSI بین بدنه و ورق تقویتی، تست میشوند در این حالت برای چک جوشها از محلول آب صابون یا ماده مناسب دیگر استفاده میگردد.
- لوله های آب باران مخازن سقف شناور با فشار حداقل 3.6 BAR تست گردد.

## 2-1-4- تست وکیوم

- نکاتی در خصوص وکیوم تست بر اساس استاندارد SECTION 5-5,3.3 A[O 650
- دستگاه وکیوم متشکل از یکدستگاه مکنده، شلنگ رابط، شیر قطع و وصل جریان مکش وکیوم باکس میباشد.
  - ابعاد وکیوم باکس طبق استاندارد حداقل 30" x 6" میباشد.
  - حداقل فشار مکش 3 LBF/IN<sup>2</sup> میباشد.
  - آزمایش خلاء به وسیله محلول آب و مایع شوینده نظیر مایع صابون یا مایع ظرف شویی انجام میپذیرد.

## 1-2-4 تفرانسها و انحرافات مجاز براساس API 650

- رینگ بتونی

تفرانس مجاز اختلاف ارتفاع رینگ بتنی شامل "ماکزیمم"  $1/8"$  + در هر 30 فوت از محیط دایره "و" در کل محیط ماکزیمم  $1/4"$  نسبت به ارتفاع میانگین میباشد.

- roundness

به فاصله یک فوت از بالای جوش گوشه (جوش آنولار به بدنه) شعاع مخزن اندازه گیری شده و مقادیر تفرانسها در شعاع نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

تفرانس شعاع	قطر تانک
+19 MM	$12M \leq D \leq 45M$
+25 MM	$45M \leq D \leq 75M$
+32 MM	$D > 75M$

- PLUMBNESS

در کل ارتفاع مخزن مقدار ماکزیمم PLUMBNESS نباید از  $H/200$  تجاوز نماید که در آن H ارتفاع کل مخزن میباشد.

- BANDING و PEAKING

PEAKING در درز جوش عمودی و BANDING در درز جوش افقی با استفاده از خط کش یا شابلون بطول 36" انجام شده و نباید از 0.5" تجاوز نماید.