

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



فصل پنجم:

ساخت مخازن و متعلقات آن

اهداف آموزشی این فصل:

- ۱- اتصالات مخازن تحت فشار و استانداردهای مربوط به آن در این بخش بررسی می شود
- ۲- آشنایی با جوشکاری و رنگ آمیزی مخازن و استانداردهای مخازن
- ۳- چگونگی تست ئیدرو استاتیک مخازن

۵- ساخت مخازن:

مخازن معمولاً طبق استانداردهای موجود نظیر BS و دین DIN و ASME.Sec VIII و API۶۵۰ و API۶۲۰ ساخته و تولید میشوند. مخازن از فولادهای A۲۸۳M و A۵۱۶- و A۲۸۵-Gr۵۵/۶۰/۷۰ و A۵۱۵-Gr۵۵،۶۰،۷۰ ساخته و تولید میشوند.

مخازن دارای سه نوع فشار یعنی مخازن با فشار اتمسفریک و مخازن کم فشار Low Pressure یعنی از ۰،۵ پوند بر اینچ مربع تا ۱۵ پوند بر اینچ مربع و مخازن تحت فشار از فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع به بالا میباشد. مخازن اتمسفریک مطابق استانداردهای بین‌المللی نظیر BS و آمریکائی API۶۵۰ مطابق با شماره ۱۲A و ۱۲B و ۱۲D و ۱۲F طراحی و ساخته میشود. مخازن کم فشار (۱۵psi تا ۰،۵) طبق استاندارد آمریکائی از API۶۲۰ استفاده می‌نمایند و برای ساخت این مخازن از استاندارد ASME-SecVIII با کُد U و علامت U-۱g استفاده میشود. جهت ساخت و تولید مخازن تحت فشار یعنی از فشار ۱۵PSI بی‌الا از استاندارد ASME-Sec VIII و استاندارد BS استفاده می‌نمایند. استاندارد ایمنی جهت پرسنل شاغل در ساخت این مخازن OSHA (Occupational Safety & Health Administration) میباشد. فولادهای مورد استفاده در این مخازن در جدول شماره ۱-۵ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱-۵: آنالیز شیمیائی فولادهای مربوط به مخازن

		PSI	PSI
SA-۲۸۳-C	C= کربن	۵۵۰۰۰	۳۰۰۰
SA-۲۸۳-C	C = کربن	۵۵۰۰۰	۳۰۰۰۰
SA-۵۱۵-۵۵	C-Si	۵۵۰۰۰	۳۰۰۰۰
SA-۵۱۵-۶۰	C-Si	۶۰۰۰۰	۳۲۰۰۰
SA-۵۱۵-۶۵	C-Si	۶۵۰۰۰	۳۵۰۰۰
SA-۵۱۵-۷۰	C-Si	۷۰۰۰۰	۳۸۰۰۰
SA-۵۱۶-۵۵	C-Si	۵۵۰۰۰	۳۰۰۰۰
SA-۵۱۶-۶۰	C-Si	۶۰۰۰۰	۳۲۰۰۰
SA-۵۱۶-۶۵	C-Si	۶۵۰۰۰	۳۵۰۰۰
SA-۵۱۶-۷۰	C-Si	۷۰۰۰۰	۳۸۰۰۰

با توجه به جدول شماره ۱-۵ منظور از علامت کربن یعنی فولاد کربنی و منظور C-Si یعنی فولاد آرام است که فولاد آرام در فصل‌های قبل تعریف شده است. فولاد هادی SA۲۸۸ که دنبال آن علامت C گذاشته شده علامت مزبور نشان دهنده گرید فولاد میباشد و همچنین اعداد ۵۵ و ۶۰ و ۶۵ و ۷۰ نیز نشان دهنده گرید فولاد بوده و SA هم مبین فولادها مطابق کلاسه‌بندی ASME-PartA میباشد. فولادها طبق استاندارد ASME (American Society of Mechanical Engineers) قسمت II با بخش A طبقه‌بندی میشوند. در فولاد SA۵۱۵ عدد ۵۱۵ نشان دهنده شماره گذاری فولاد مطابق استاندارد آمریکائی AISI میباشد. این نوع فولاد جهت ساخت مخازن تحت فشار (Pressure Vessels) برای سیالهای با درجه حرارت بالا میباشد. فولاد SA-۵۱۶ جهت ساخت مخازن تحت فشار مورد استفاده در درجه حرارت‌های پائین میباشد. جهت مخازن تحت فشار از فولادهای با کلاسه‌بندی مطابق استاندارد دین از نوع St۵۲ نیز استفاده میشود. که در این نوع فولاد St به معنای فولاد و مخفف Steel میباشد و استحکام نهائی آن ۵۲ کیلوگرم نیرو بر میلی‌متر مربع میباشد. مخازن از فولادهای استنلس استیل اوستنیتی با علامت تجارتي $\frac{1}{8}$ نیز ساخته میشود که جهت ذخیره مواد اسیدی که این نوع فولادها در مقابل آن محیط مقاوم هستند بکار میروند. مخازن فولاد زنگ نزن اوستنیتی از ورق یا پلیت با استانداردهای آمریکائی ASME یا ASTM کلاسه‌بندی میشوند که SA-۲۴۰ و A-۲۴۰ هستند. SA-۲۴۰ با نوع ۳۱۶ و ۳۱۷ (Type) برای ساخت مخازن ذخیره تحت فشار مورد استفاده قرار

می‌گیرد. فولادهای از نوع یا تیپ ۳۰۴ نیز جهت ساخت مخازن تحت فشار بکار می‌روند. ترکیب شیمیایی فولادهای زنگ نزن از گرید ۳۱۶ و ۳۱۷ و ۳۱۶L و ۳۱۷L با درصد کرم ۱۶ و درصد نیکل ۱۲ درصد و استحکام تسلیمی ۳۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و استحکام نهائی ۷۵۰۰۰ میباشند. اتصالات مخازن مزبور از نوع فولاد SA-۳۱۲ با گریدهای (Type) ۳۱۶ و ۳۱۶H میباشد. اتصالات فولادهای استنلس استیل با نوع SA-۲۴۰ از نوع ۳۰۴ از SA-۳۱۲ گرید ۳۰۴ است که استحکام تسلیمی آنها ۲۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و استحکام نهائی آنها نیز ۷۰۰۰۰ میباشند.

۵-۲ ساخت مخازن طبق استاندارد API۶۵۰

برای ساخت مخازن ذخیره مواد نفتی در پالایشگاهها و پتروشیمی از استاندارد API۶۵۰ استفاده میشود که فولادهای مورد استفاده جهت ساخت این مخازن در جدول شماره ۲-۵ قید گردیده است. این نوع فولادها با مشخصات فنی و گرید و استحکام تسلیمی و استحکام نهائی می‌نیمم قید شده است که مخازن ذخیره (Storage tank) از این نوع فولادها ساخته میشود که ساخت آنها در سایت از طریق جوشکاری با استاندارد ASME-SecIX انجام میشود.

جدول ۲-۵: نشان دهنده تعدادی از فولادهای مخازن ذخیره با خواص مکانیکی مطابق استاندارد ASTM

مشخصات ورق یا پلیت	گرید	می نیمم استحکام تسلیمی بر حسب PSI	می نیمم استحکام نهایی PSI
A ۲۸۳	C	۳۰۰۰۰	۵۵۰۰۰
A ۲۸۵	C	۳۰۰۰۰	۵۵۰۰۰
ABI	A, B, CS	۳۴۰۰۰	۵۸۰۰۰
A ۳۶	—	۳۶۰۰۰	۵۸۰۰۰
A ۶۶۲	B	۴۰۰۰۰	۶۵۰۰۰
A ۶۳۳	C, D	۵۰۰۰۰	۷۰۰۰۰
A ۷۳۷	B	۵۰۰۰۰	۷۰۰۰۰

جدول ۳-۵ فولادهای مربوط به استاندارد ایزو ISO

مشخصات فنی پلیت	گرید فولاد	می نیمم استحکام تسلیمی بر حسب پوند بر اینچ مربع	می نیمم استحکام نهایی بر حسب پوند بر اینچ مربع
Fe ۴۲	B, C	۳۴۰۰۰	۶۰۰۰۰
Fe ۴۴	B, C	۳۵۵۰۰	۶۲۵۰۰
Fe ۵۲	C, D	۴۸۵۰۰	۷۱۰۰۰

در جدول های فوق فولادها بر حسب استاندارد ISO و ASTM کلاسه بندی شده است. طراحی و ساخت مخازن ذخیره (Oil Storage Tank) مطابق استاندارد API ۶۵۰ با در نظر گرفتن تمام فاکتورهای مؤثر در ساخت انجام میشود. در این استاندارد بازرسی بوسیله آزمایشات N.D.T نیز قید گردیده و انواع آزمایشاتی که در هر قسمت از سقف تا ته و بدنه (Shells) لازم است انجام میشود اتصالات مورد لزوم نظیر لوله و فلنج و شیرهای مربوطه که در مسیر حرکت مایعات این مخازن قرار می گیرند در استاندارد مزبور کاملاً قید گردیده است. جهت ساخت مخازن آلومی نیوم و طراحی آن مطابق نیازهای بخش ۲ استاندارد ۹۶،۱ ANSI/ASMEB انجام میشود. مخازن استنلس استیل اوستنیتی جهت مخازن ذخیره طبق همین استاندارد ساخته میشود. در حقیقت طراحی و بازرسی مخازن ذخیره مطابق استاندارد فوق الذکر میباشد.

۵-۳ اتصالات مخازن تحت فشار:

اتصالات مخازن تحت فشار که بوسیله استاندارد ASME-Sec VIII طراحی شده و ساخته میشوند. طبق همین استاندارد برای مخازنی که در درجه حرارت های بالا کار می کنند اتصالات آنها مطابق استاندارد ASME یا استاندارد ASTM ساخته میشود. این اتصالات بطریقه نوردی یا

آهنگری تولید میشوند. اتصالات مطابق استاندارد ANSIB۱۶,۹ بوده و از نوع فولاد SA۲۳۴ با گرید WPB نیز می‌تواند باشد و قطر اتصالات مطابق خروجی که برای مخازن طبق استاندارد تعیین شده میباشد. اتصالات جهت مخازنی که سیال آنها درجه حرارتشان کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد از نوع SA-۳۵۰LF_۲ میباشد که این نوع فولاد دارای استحکام ضربه‌ای خوبی میباشد. منظور از L در این نوع فولاد یعنی با کربن کم (Low Carbon) به مقدار کمتر از ۰,۰۵ میباشد. منظور از F_۲ یعنی دانه ریز یعنی Finegrain بوده که فولادهای دانه ریز در زیر صفر درجه حرارت بکار میروند و عدد ۲ شماره دانه‌ها یا کریستال در کارت ASTM میباشد. ساخت اتصالات بروش نوردی نیز مطابق استاندارد ASTM جلد ۱,۰۱,۰۱ انجام میشود.

۵-۴ فلنج مخازن:

فلنج مخازن تحت فشار و کم فشار و با فشار اتمسفریک بروش آهنگری تولید میشود و این فلنج‌ها در جدول شماره E-E از نظر ترکیب شیمیائی و خواص مکانیکی نوشته شده است. استحکام فلنج‌های آهنگری بهتر بوده و با توجه به جدول استحکام فولادهای کربنی آرام و فولادهای کرم مولیبدن و فولادهای استنلس و فولادهائی که در درجه حرارت بالا کار می‌کنند نشان داده شده است. این فلنج‌ها ساخته شده خواص مکانیکی یعنی استحکام نهائی و استحکام تسلیمی و درصد ازدیاد نسبی طول و درصد کاهش نسبی سطح و سختی آنها نیز قید گردیده است که بروش آهنگری تولید شده که مطابق استاندارد ANSI میباشد.

جدول شماره ۴-۵ مشخصات فنی فلنج‌های فولادی طبق استاندارد ANSI B16.5

ANSI B16.5 (ASTM STANDARD)

ASTM	Grade	Classification	CHEMISTRY								MECHANICAL PROPERTIES					
			C %	Mn %	P Max. %	S Max. %	Si %	Ni %	Cr %	Mo %	T.S. Min. psi (kg. mm ²)	Y.S. Min. psi (kg. mm ²)	EL Min. %	Red Min. %	HB	
A-105		Carbon Steel	MAX 0.35	0.60~1.05	0.040	0.050	MAX 0.35					70,000 (49.2)	36,000 (25.3)	22	30	MAX 167
A-181	60	Carbon Steel	MAX 0.35	MAX 0.90	0.050	0.050	MAX (0.35)					60,000 (42.2)	30,000 (21.1)	22	35	
A-181	70	Carbon Steel	MAX 0.35	MAX 0.90	0.050	0.050	MAX (0.35)					70,000 (49.2)	36,000 (25.3)	18	24	
A-182	F1	½ Mo	MAX 0.28	0.6~0.90	0.045	0.045	0.15~0.35				0.44~0.65	70,000 (49.2)	40,000 (28.1)	20	35	143~177
A-182	F5	5cr-½ Mo	MAX 0.15	0.30~0.60	0.030	0.030	MAX 0.50	MAX 0.50	4.0~6.00		0.44~0.65	70,000 (49.2)	40,000 (28.1)	20	35	143~217
A-182	F5a	5cr-½ Mo	MAX 0.25	MAX 0.6	0.040	0.030	MAX 0.50	MAX 0.50	4.0~6.0		0.44~0.65	90,000 (63.3)	65,000 (45.7)	22	50	167~248
A-182	F6	13-cr	MAX 0.12	MAX 1.00	0.040	0.030	MAX 1.00	MAX 0.50	11.5~13.5			85,000 (59.8)	55,000 (38.7)	25	50	167~229
A-182	F7	7cr-½ Mo	MAX 0.15	0.30~0.60	0.030	0.030	0.5~1.00		6.0~8.0		0.44~0.65	70,000 (49.2)	40,000 (28.1)	20	35	137~217
A-182	F9	9cr-1 Mo	MAX 0.15	0.30~0.60	0.030	0.030	0.5~1.00		8.0~10.0		0.90~1.10	85,000 (59.8)	55,000 (38.7)	20	40	179~217
A-182	F11	1½cr-½ Mo	0.10~0.28	0.30~0.60	0.040	0.040	0.5~1.00		1.00~1.50		0.44~0.65	70,000 (49.2)	40,000 (28.1)	20	30	143~207
A-182	F12	1cr-½ Mo	0.10~0.20	0.30~0.80	0.040	0.040	0.1~0.6		0.8~1.25		0.44~0.65	70,000 (49.2)	40,000 (28.1)	20	30	143~207
A-182	F22	2½cr-1 Mo	MAX 0.15	0.30~0.60	0.040	0.040	MAX 0.50		2.00~2.50		0.87~1.13	75,000 (52.7)	45,000 (31.6)	20	30	156~207
A-182	F304	18cr-8 Ni	MAX 0.08	MAX 2.00	0.040	0.030	MAX 1.00	8.00~11.00	18.00~20.00			75,000 (52.7)	30,000 (21.1)	45	50	
A-182	F304L	18cr-8 Ni Low	MAX 0.035	MAX 2.00	0.040	0.030	MAX 1.00	8.00~13.00	18.00~20.00			70,000 (49.2)	25,000 (17.6)	30	50	
A-182	F316	18cr-8 Ni Mo	MAX 0.08	MAX 2.00	0.040	0.030	MAX 1.00	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00		75,000 (52.7)	30,000 (21.1)	45	50	
A-182	F316L	18cr-8 Ni Mo-Low	MAX 0.035	MAX 2.00	0.040	0.030	MAX 1.00	10.00~15.00	16.00~18.00	2.00~3.00		65,000 (45.7)	25,000 (17.6)	30	50	
A-182	F321	18cr-8 Ni Ti	MAX 0.08	MAX 2.00	0.030	0.030	MAX 1.00	9.00~12.00	Min 17.00			75,000 (52.7)	30,000 (21.1)	45	50	
A-182	F347	18cr-8 Ni Cb	MAX 0.08	MAX 2.00	0.030	0.030	MAX 1.00	9.00~13.00	17.00~20.00			75,000 (52.7)	30,000 (21.1)	45	50	
A-350	LF1	Carbon Steel	MAX 0.30	0.75~1.05	0.035	0.040	0.15~0.30					60,000~85,000 (42.2)	30,000 (21.1)	25	38	
A-350	LF2	Carbon Steel	MAX 0.30	MAX 1.35	0.035	0.040	0.15~0.30					70,000~95,000 (49.2)	36,000 (25.3)	22	30	
A-350	LF3	3½ Ni	MAX 0.20	MAX 0.90	0.035	0.040	0.20~0.35	3.25~3.75				70,000~95,000 (49.2)	37,500 (26.4)	22	35	

The KOFKO'S AMERICAN STANDARD FLANGES are manufactured conforming to the ANSI B16.5 (Table 1A "LIST OF MATERIAL SPECIFICATIONS"), satisfying the above requirements.

با توجه بجدول فوق فلنج مربوط به درجه حرارت بالا و فلنجهای مورد استفاده در درجه حرارت پائین و فلنجهای زنگ نزن اوستنیتی از نظر خواص مکانیکی و آنالیز شیمیائی درج گردیده است. که طبق استاندارد ۱۶,۵ ANSIB میباشد. فلنجهائی جهت مخازن یا پالایشگاهها طبق استاندارد MSS تولید میشوند که استاندارد (Manufacturer Standardization Society) MSS که انجمن سازندگان فلنج میباشد. فولادی که جهت تولید این نوع فلنجهای بکار میرود طبق شرایط جدول زیر جهت گریدهای قید شده و با کلاسهای #۴۰۰ و #۶۰۰ و #۹۰۰ میباشد. مشخصات فنی فولاد مطابق مشخصات فنی ASTM A۱۰۵ و A۳۸۱ یا ۵LX و ۵L طبق استاندارد API میباشد. فرمول کربن معادل در این نوع فلنجهای از رابطه زیر بدست می آید.

$$C.E = C\% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{V + Cr + Mo}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

با توجه به اینکه اگر کربن معادل بیشتر از ۰,۴۵ درصد باشد در این حالت فولاد مربوطه نیاز به پیش گرمایش و تنش زدائی پس از جوشکاری را خواهد داشت.

جدول ۵-۵ نشان گریدهای فلنج در استاندارد MSS

	Y.P	T.S	EI
	KPSI	KPSI	%
F۳۶	۳۶	۶۰	۲۰
F۴۲	۴۲,۰	۶۰	۲۰
F۴۶	۴۶,۰	۶۰	۲۰
F۴۸	۴۸,۰	۶۲	۲۰
F۵۰	۵۰	۶۴	۲۰
F۵۲	۵۲	۶۶	۲۰
F۵۶	۵۶	۶۸	۲۰
F۶۰	۶۰	۷۵	۲۰

با توجه به جدول ۵-۵ خواص مکانیکی فلنج با گریدهای مختلف در جدول قید گردیده است اندازه این فلنج مطابق قطر اسمی لوله‌های مورد استفاده میباشد و اندازه سوراخ نیز طبق استانداردهای ANSI میباشد و با مارک MSSP۴۴ میباشد. از انواع دیگر فلنجهای تولید فلنج با استاندارد API۶۰۵ میباشد که کلاسه‌بندی این فلنجهای از #۱۵۰ شروع و به #۲۵۰۰ بوند (ورودی Rating) ختم میشود.

۵-۵: بولت و پیچها Bolt & Screws

بولت‌ها تولیدی نیز مطابق استانداردهای مورد استفاده نظیر استاندارد ASME میباشد. در جدول زیر خصوصیات مکانیکی بولت‌های تولیدی طبق استاندارد فوق نوشته شده است.

جدول ۵-۶ خصوصیات مکانیکی و گریدهای بولت‌ها

			KPSI	KPSI
SA-۱۹۳	۱% Cr- ۱/۲ Mo	B۷	۱۲۵	۱۰۵
Sa-۱۹۴	--	۲H	۵۵,۰	--
SA-۳۰۷	--	۲B	۵۵	--

با توجه به جدول فوق بولت از نوع SA-۱۹۳ برای درجه حرارت‌های بالا بوده و براحتی در درجه حرارت بالا با توجه به درصد کرم و مولیبدن استحکام خوبی را خواهد داشت و بعلت داشتن مولیبدن و کرم استحکام تسلیمی و استحکام نهائی آنها زیاد میباشد و SA-۱۹۴ بعنوان مهره در فلنج‌ها بکار رفته و درجه حرارت‌های بالا را عمل می‌نماید و نیازی به استحکام تسلیمی نیست و جزو فولاد خیلی نرم (Mild Steels) میباشد.

بولت‌ها مطابق استانداردهای ANSI نیز تولید شده و ۱-۲-۱۸ ANSIB جهت آنها و استاندارد ۲-۲-۱۸ ANSIB بعنوان استاندارد مهره‌ها است.

پیچ و بولت‌ها مطابق استاندارد BS نیز تولید که جدول زیر نشان استانداردهای مختلف جهت تولید بولت میباشد.

جدول ۲-۵ نشان دهنده بولت طبق استانداردهای بین المللی

نوع استاندارد	گرید	درصد آنالیز شیمیائی						
		C	Si	Mn	P	S	B	Al
فرانسه	۲۱B۳	۰/۲۱	-	۰/۷۰	-	-	۰/۰۰۰۸	-
		۰/۲۰	-	۱/۲۰	-	-	۰/۰۰۰۵- ۰/۰۰۰۸	-
آلمان - DIN	۲۲B۲	۰/۱۹-۰/۲۵	-	-	-	-	۰/۰۰۰۸	-
	۲۸B۲	۰/۲۵-۰/۳۲	-	۰/۵-۰/۸	-	-	۰/۰۰۰۵	-
	۳۵B۲	۰/۳۲-۰/۴۰	-	-	-	-	۰/۰۰۰۵	-
ایزو	E۱	۰/۱۷-۰/۲۳	۰/۳۵	۰/۵-۰/۸	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۸	۰/۰۲
	E۲	۰/۱۷-۰/۲۳	۰/۳۵	۰/۸-۱/۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲
	E۳	۰/۱۷-۰/۲۳	۰/۳۵	۱/۱-۱/۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲
	E۶	۰/۲۵-۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۸-۱/۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲

استاندارد BS به شماره ۳۱۱۱ طبق همین استانداردهای ایزو و دین و استاندارد فرانسه میباشد که فولادهای تولیدی جهت بولت از نوع آلای بر (Boron) میباشد که بوسیله کشش تولید میشوند و این نوع فولادها نیازی به جوشکاری نمیباشد. از انواع فولادهائی که دارای عناصر آلیاژی از نوع بر میباشد با استاندارد BS۳۱۱۱ از نوع ۹ Type میباشد که مطابق ایزو با علامت مشخصه های E_۱ و E_۲ و E_۳ و مطابق استاندارد فرانسه ۲۱BS و ۲۰MB۵ و DIN۱۶۵۴ با مشخصات فنی ۲۲B۲ و ۲۸B۲ و ۳۵B۲ میباشد.

۵-۶: جوشکاری مخازن

مخازن با فشار اتمسفریک و کم فشار و تحت فشار طبق استاندارد ASME-SecIX جوشکاری شده و فولادهائی که استحکام نهائی آنها از ۵۰۰۰۰-۶۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع هستند با PN۰,۱ و GrNo-۱ مشخص شده و فولادهائی که استحکام نهائی آنها ۶۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع هستند باز GrNo-۲ PNo-۱ در دستور العمل های جوشکاری مشخص میشوند. فولادهائی که استحکام نهائی آنها از ۷۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع باشند با PNo-۱ و GrNo-۳ و منظور از PNO (P-Number) و GrNo (Group Number) میباشد. یعنی شماره گرید و

P یعنی مشخص کننده فلز مینا میباشد. چنانچه فولاد از نوع فولادهای زنگ نزن اوستنیتی باشد PNo آنها ۸ و گروه نامبر آنها ۱ خواهد بود در صورتیکه درصد کرم بالاتر از ۱۸ باشد PNo باز عدد ۸ و گروه نامبر آنها GrNo ۲ خواهد بود. جهت جوشکاری مخازن در صورتیکه فرایند جوشکاری از نوع فرایند SMAW باشد برای جوشکاری فولادهائی که استحکام آنها از ۵۰ کیلوگرم نیرو بر میلی‌متر مربع کمتر باشد از الکترودهای روپوشدار E۷۰۱۵ و E۷۰۱۶ و E۷۰۱۸ استفاده می‌نمایند. جاییکه الکترودهای E۷۰۱۵ و E۷۰۱۶ و الکترودهای کم‌تیدروژن (Low Hydrogen) و الکترودهای E۷۰۱۸ را الکترودهای روپوشدار با روپوش پودر آهن سدیم دار قلیائی نامیده میشوند. مخازنی که استحکام نهائی آنها بیشتر از ۵۰ کیلوگرم نیرو بر میلی‌متر مربع باشد از الکترودهای روپوشدار E۸۰۱۸-A و E۸۰۱۸-B و E۸۰۱۸-G و E۸۰۱۸-C استفاده می‌نمایند. الکترودهائی که دارای پس‌وند A میباشند الکترودهای قلیائی با روپوش آهن سدیم دار و عنصر آلیاژ Mo به مقدار ۰٫۵٪ در میباشند. این نوع الکترودها جهت جوشکاری مخازنی که در درجه حرارت بالا کار می‌کنند بکار میرود. الکترودهائی که دارای پس‌وند B هستند عنصر آلیاژی مانند Cr به مقدار ۱٪ و مولیبدن به مقدار ۰٫۵٪ درصد بوده و برای جوشکاری مخازنی که دارای سیال با درجه حرارت بالاتر باشد استفاده می‌نمایند. الکترودهائی که پس‌وند C را دارد دارای عنصری از نوع نیکل به مقدار از ۱٫۷۵ تا ۳٫۷۵ درصد میباشند. برای جوشکاری مخازنی که سیال آنها درجه حرارتشان کمتر از زیر صفر درجه هستند مورد استفاده قرار خواهند گرفت. الکترودهائی که دارای پس‌وند G هستند عناصر آلیاژی مانند منگنز و کرم و مولیبدن و نیکل و وانادیوم که بترتیب Mn=۱٪ و Cr=۰٫۷٪ و Ni=۰٫۷۹٪ و V=۰٫۱٪ را دارا هستند. جهت جوشکاری مخازنی که در درجه حرارت معمولی و درجه حرارت زیر صفر و درجه حرارت بالا کار می‌کنند مورد استفاده قرار خواهند گرفت. بطور کلی جهت استفاده الکترودها آنهائی که رقم سمت راست آنها به اعداد ۵ و ۶ و ۸ ختم میشود جزو الکترودهای قلیائی محسوب شده و جاذب الرطوبه میباشند این نوع الکترودهای باید پیش گرمایش شوند. پیش گرمایش آنها در ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در داخل کوره‌های الکتریکی بمدت ۲ ساعت پخت داده میشود تا رطوبت آنها از بین برود. در هنگام استفاده از این الکترودها باید آنها را داخل هیتراهائی که درجه حرارتشان از ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد است قرار گیرند. جهت جوشکاری مخازن از نوع استنلس استیل اوستنیتی از الکترودهای E۸۰۸L-۱۶ و E۳۰۸L-۱۵ استفاده می‌نمایند. الکترودهائی که عدد ۱۶ را دارند بنام الکترودهای روپوشدار از نوع روپوش روتیلی و حرف L به معنای کم کربن Low

Carbon میباشند. در این صورت الکترودها را در ۴۰۰ درجه سانتی گراد پخت داده و در هنگام استفاده در داخل هیتر که درجه حرارت آن حداقل ۱۰۰ درجه سانتی گراد است قرار داده میشود. الکترودهای فولادهای زنگ نزن از نوع E۳۰۹-۱۵ جهت جوشکاری سطح مخازن فولادی بکار رفته و عدد ۱۵ به معنای این است که روپوش از نوع الکتروود قلیائی بوده که باز به اندازه ۴۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده و سپس در هنگام استفاده الکتروود را در هیتری که حداقل درجه حرارت آن ۱۰۰ درجه سانتی گراد است قرار می دهند. الکترودهای E۳۰۹-۱۶ و E۳۰۹L-۱۶ جهت جوشکاری سطح داخلی مخازنی که فقط سطح آن مقاوم در مقابل خوردگی است بکار رفته و وقتی سطح آنها با الکترودهای مزبور جوشکاری شود عمل مزبور را پوشش دادن Cladding می نامند. مخازن تحت فشار اگر به رورش یا فرآیند MIG جوشکاری شوند برای جوشکاری آنها از الکترودهای E۷۰S-۲ استفاده میشود.

۵-۷: الکترودها Electrodes

نظر بر اینکه الکترودها جزو مواد و قطعات تولیدی استاندارد میباشد الکترودها نیز مطابق استانداردهای AWS (American Welding Society) و استاندارد ASME-Sec II Part C کلاسه بندی میشوند. الکترودهای روپوش دار نظیر E۶۰۱۰ و E۷۰۱۰-A و E۸۰۱۰-G جزو الکترودهای سلولزی فقط جهت جوش دادن لوله های از نوع جوشکاری سرازیری مورد استفاده قرار می گیرند. طبق استاندارد AWS الکترودهائی که رقم سمت راست آنها به رقم صفر ختم میشوند الکترودهای سلولزی نامیده میشوند. رقم دوم از راست یعنی عدد ۱ برای حالت های (Position) جوشکاری یعنی حالت تخت و افقی و عمودی و سقفی مورد استفاده قرار می گیرند. رقم آخر آنها یعنی ۶۰ یا ۷۰ به معنای یعنی استحکام نهائی الکتروود ۶۰۰۰۰ PSI و ۷۰۰۰۰ PSI می باشند. الکترودهای روپوش دار E۶۰۱۲ و E۶۰۱۳ که رقم های سمت راست آن عدد ۲ به معنای روپوش الکتروود از روتیلی سدیم دار (Rutile= TiO_2) و عدد ۳ به معنای روپوش الکتروود از نوع روتیلی پتاسیم دار بوده که این دو نوع الکتروود جهت جوشکاری سازه های فلزی (Steel Structures) بکار میروند. نوع جوشکاری از نوع جوشکاری زوایه یا فیلت (Fillet) می باشد. الکترودهای E۷۰۱۶ و E۷۰۱۵ و E۸۰۱۶-G و E۸۰۱۵-B و E۸۰۱۸-C که جزو الکترودهای روپوش دار جاذب الرطوبه هستند که نیاز به پیش گرمایش دارند و شرح C و B و G در بندهای بالا بیان شد. الکترودهای بدون روپوش جهت فولاد از نوع E۷۰S-۲ در جوشکاری TIG و MIG بکار رفته و طبق استاندارد AWS و ASME-Sec II Part C طبقه بندی شده است.

الکترودهای تولیدی روپوشدار مطابق استاندارد ISO و استاندارد DIN نیز کلاسه بندی میشوند بعنوان مثال الکترو د ۶۰۱۰ طبق استاندارد ISO بنام E۴۳۳C۱۴ و با E۴۳۳C۴DIN میباشد.

۵-۸: رادیوگرافی جوش‌های مخازن و لوله‌ها

طبق استاندارد قطعات ساخته شده پس از ساخت و تولید نیز نیاز به بازرسی داشته و در بازرسی از آزمایشات غیرمخرب NDT که شامل رادیوگرافی (R.T) و اولتراسونیک (U.T) و مغناطیسی (M.T) و آزمایش مایعات نافذ (P.T) انجام میشود. در حالت کلی جوش‌هایی که ضخامت آنها کمتر از ۵۱ میلی‌متر است از روش رادیوگرافی با اشعه X و یا اشعه γ طبق استاندارد ASME- Sec V و ASTM E۱۴۲ انجام میشود. رادیوگرافی با اشعه γ بوسیله منبع یا چشمه رادیوایزوتوپ از نوع ایریدیوم Ir۱۹۲ استفاده میشود.

۵-۹: تنش زدائی مخازن تحت فشار

مخازنی که ضخامت جوش آنها بیشتر از ۱۹ میلی‌متر است. پس از جوشکاری طبق استاندارد ASME-Sec VIII نیاز به تنش زدائی (Stress Relief) یا عملیات حرارتی (post weld heat Treatment) که علامت اختصاری آن PWHT است دارند. برای هر ۱ اینچ ضخامت درجه حرارت مورد لزوم جهت تنش زدائی ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد برای هر ۱ ساعت زمان میباشد. سرعت گرم کردن آن از رابطه $Heating\ rate = \frac{۲۲۰}{t}$ و سرعت سرد کردن آن $Cooling\ rate = \frac{۱۷۸}{t}$ بدست می‌آید. در این رابطه t ضخامت قطعه مورد عملیات حرارتی بر حسب اینچ است. دستگاههای تنش زدائی نمودارهایی نیز طبق استاندارد ASME-Sec VIII دارند.

۵-۱۰: آزمایش ئیدرواستاتیک:

طبق استانداردهای یاد شده مخازن تحت فشار و کم فشار و فشار اتمسفریک پس از پایان جوشکاری نیاز به آزمایش ئیدرواستاتیک دارد. فشار آزمایش ۱/۵ برابر فشار طراحی بوده و زمان نگهداری در این فشار نیم ساعت بوده و در طول این مدت بازرسی بر روی جوش انجام میشود در صورتیکه آزمایش موفقیت آمیز باشد پس از اتمام آزمایشات و تخلیه آب فقط آزمایشات M.T و P.T بر روی جوش انجام میشود. پس از این تأییدیه مخازن جهت تمیز کاری و ماسه زنی ارسال میشود.

۵-۱۱: رنگ آمیزی مخازن:

بطور کلی مخازن و لوله‌های جوشکاری پس از اتمام آزمایشات ئیدرواستاتیک بوسیله ماسه پاشی تمیزکاری میشود و درجه تمیزکاری مطابق استاندارد سوئدی SIS انجام شده که با Sa۳ نشان داده میشود. پس از تمیزکاری عمل رنگ‌آمیزی طبق استاندارد (Steel Structure SSPC Painting Council) انجام میشود.

سوالات فصل پنجم:

۱. ساخت مخازن طبق استاندارد API۱۶۵۰ را توضیح دهید
۲. الکترودهای مربوط به جوشکاری در مخازن دارای چه ویژگی هایی می باشد
۳. تنش زدایی مخازن تحت فشار چگونه انجام می شود
۴. بولت ها و پیچ ها در مخازن طبق کدام استاندارد ساخته و استفاده می شود