

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



فصل سوم

فولاد های زنگ نزن

۴-۱ ساخت اتصالات مطابق استاندارد ANSI :

اتصالات لوله‌های مورد مصرف در پالایشگاه مطابق استاندارد ANSI نیز تولید میشود. اتصالات لوله‌ها بوسیله فرآیند نوردی (Rolling Process) و فرآیند آهنگری (Forging Process) تولید و ساخته میشوند. اتصالات بشکل زانوئی یا سه راه بشکل T (Tee) و رادیوسر (Reducer) و رادیوسر هم محور (Concentric Reducer) و رادیوسر غیرمتمقارن (Eccentric Reducer) میباشد که مطابق استاندارد ANSI ۱۶,۹ ساخته میشوند. این اتصالات از جنس فولاد SA۲۳۴ با گرید WPB میباشد. عدد ۲۳۴ کلاسه‌بندی فولادها مطابق استاندارد آهن و فولاد آمریکا (American Iron & Steel Institute) است. این اتصالات مطابق قطر اسمی لوله‌ها (Nominal Pipe Size) ساخته میشوند. در این استاندارد اندازه‌های مورد لزوم کاملاً درج شده است و در گواهینامه مواد باید ابعاد بطور کامل قید شود.

از فولادهای مورد استفاده در ساخت و تولید اتصالات لوله‌ها از نوع A۱۰۵ و A۱۸۲ برای درجه حرارت‌های بالا و A۲۳۴ میباشد که اتصالات را بجای همدیگر می‌توان استفاده نمود. جهت درجه حرارت‌های پائین از A۳۵۰ بعنوان اتصالات لوله‌های مورد مصرف در درجه حرارت‌های پائین هستند. بطور کلی جهت لوله‌های A۵۳ از اتصالات A۲۳۴WPB و A-۱۰۵ و A۱۸۱ و جهت لوله‌های A۱۰۶-GrB از اتصالات A۲۳۴WPB و A۱۰۵ و A۱۸۱ با گرید ۶۰ یا ۷۰ جهت لوله A۳۳۳ از اتصالات A۴۲۰WPL۶ یا A۳۵۰LF۱ استفاده می‌نمایند. لازم بیادآوری است که در گریدهای ذکر شده L به معنای کم کربن Low Carbon و F به معنای دانه ریز Fine grain و عدد ۱ نشان دهنده اندازه دانه کریستالی مطابق کارتهای استاندارد ASTM میباشد.

۴-۲: فولادهای زنگ نزن:

۴-۲-۱ طبقه بندی فولادهای زنگ نزن : Classify of Stainless Steel :

فولادهای زنگ نزن جهت مقاوم در مقابل خوردگی جوی و شیمیائی و اکسید شدن در صنایع مختلف بکار میروند. این فولادها مطابق کرم موجود و نیکل موجود در فولادها کلاسه‌بندی شده این فولادها بصورت ورق و پلیت و لوله تولید میشوند که ورق‌ها و پلیت جهت مخازن تحت فشار میباشد. فولادهای مزبور با نامهای فولاد زنگ نزن فریتی و زنگ نزن مارتنزیتی و زنگ نزن اوستنیتی تولید میشود. جوشکاری این نوع فولادها شرایط فنی خاصی داشته بخصوص فولاد زنگ نزن اوستنیتی که با نام تجارتي $\frac{18}{8}$ مشخص میشود درصد مقدار کربن را کمتر انتخاب

می‌نمایند تا هنگام جوشکاری دچار مسائل خوردگی ناشی از تشکیل کربید کرم بفرمول C_6Cr_{23} نباشند. علت مقاومت این فولادها در مقابل خوردگی جوی وجود کرم در فولاد است که در سطح این فولاد اکسید کرم به ضخامت خیلی کوچک در حد آنگستروم تشکیل میشود که لایه نازک اکسید کرم باعث حفاظت این فولادها میشود این فولادها بشرح زیر تقسیم میشوند.

۴-۲-۱- فولادهای زنگ نزن اوستنیتی Austenitic Stainless Steels :

این فولادها حداقل ۷٫۵ درصد نیکل (Ni) و ۱۷٫۵ درصد کرم (Cr) دارند که ساختار میکروسکوپی از نوع F.C.C (Face Centered Cubic) را دارا هستند این نوع ساختار هادی حرارت و هادی جریان برق بوده و اکسیده نمیشوند بدان جهت این نوع فولاد موارد استفاده زیادی در صنایع شیمیائی دارند. خصوصیات این نوع فولاد این است که در مقابل درجه حرارت بالا و درجه حرارت پائین و مواد شیمیائی مقاوم بوده و خورده نمیشود و شکننده هم نخواهد بود. این فولادها طبق استاندارد آهن و فولاد طبقه‌بندی شده و طبقه‌بندی آنها با کلاسه ۳۰۰ میباشد. فولاد زنگ نزن اوستنیتی از نوع ۳۰۴L با استاندارد (British Standard) BS و با استاندارد دین به شماره ۱٫۴۳۰۶ بوده که درصد ترکیب کرم در آن ۱۸٫۴ و نیکل ۹٫۳ و کربن برابر ۰٫۰۲ میباشد. با توجه به درصد کربن که خیلی کم است این نوع فولاد جهت جوشکاری است که بصورت پلیت Plate و تسمه (Strip) تولید میگردد. مطابق استاندارد آمریکا A۲۴۰TP۳۰۴L است که منظور از TP به معنای Type میباشد. تمام استانداردها از استاندارد آمریکائی آهن و فولاد تبعیت نموده و عدد ۳۰۴ را برای این نوع فولاد بعنوان شناسائی انتخاب نموده و حرف L به معنای کمترین کربن میباشد. استحکام نهائی آن ۶۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع و سختی آن بر حسب مقیاس ویکرز برابر ۱۵۵ میباشد.

این نوع فولاد جهت ساخت مخازن ذخیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. BS۱۴۴۹ با فولاد زنگ نزن انگلیسی معادل دین به شماره فوق‌الذکر از نوع ۳۱۰ که اگر درصد کربن آن ۰٫۱۵ و کرم آن ۲۵ درصد و نیکل ۲۰ درصد باشد جهت ساخت قطعات مختلف کوره‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی اگر چنانچه جهت استفاده در ساخت مخازن و لوله‌ها باشد چون این نوع تولیدات جوشکاری میشوند بنابر درصد کربن این نوع فولاد باید پائین‌تر از ۰٫۰۵ درصد باشد. استحکام نهائی این نوع فولاد برابر ۵۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع و درصد ازدیاد نسبی طول برابر ۳۰ و سختی آن بر حسب درجه ویکرز برابر ۲۰۵ میباشد. فولادهای زنگ نزن اوستنیتی به شماره ۳۱۶S۱۲ یا ۳۱۶L با درصد کرم ۱۷ و درصد نیکل ۱۲ و کربن خیلی کم مقاوم در مقابل

خوردگی‌های اسیدی جهت ساخت مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرد. قابلیت جوشکاری خوبی را نیز فولادهای یاد شده دارند. سایر فولادهای زنگ نزن اوستنیتی به شماره‌های ۳۲۱ و ۳۴۷ میباشد که از آنها لوله و تیوب و یا مخازن ساخته میشود. از نظر استاندارد آمریکا در صورتیکه پلیت از این نوع فولاد جهت ساخت مخازن تولید شود با A۲۴۰ با تیپ‌های ۳۰۴ و ۳۰۸ و ۳۰۹ و ۳۱۰ و ۳۱۶ و ۳۱۶Mo۲ و ۳۲۱ و ۳۴۷ بوده و لوله‌ها از A۳۱۲ با تیپ‌های فوق‌الذکر میباشد. طبق استاندارد ANSI لوله‌های تولیدی از نوع فولادهای زنگ نزن اوستنیتی با استاندارد ANSIB ۳۶,۱۹ میباشد.

۴-۲-۱-۱- اجوشکاری فولادهای زنگ نزن اوستنیتی

معمولاً جهت جوشکاری فولادهای زنگ نزن اوستنیتی جهت رعایت اصول جوشکاری و تکنولوژی ساخت این نوع فولاد باید مقدار کربن را کمتر از ۰,۰۵ درصد انتخاب کنند. در تولید این نوع فولادها باید عناصری مانند تیتانیوم به مقدار $Ti \leq 5 \times C\%$ و $Nb \leq 10 \times C\%$ بعنوان عناصر آلیاژی اضافه می‌نمایند تا هنگام جوشکاری این نوع فولادها اعم از جوشکاری لوله‌ها و جوشکاری مخازن دچار مسائل خوردگی و ترک پس از جوشکاری نشوند. عناصر تیتانیوم و نیوبیوم با کربن موجود در فولاد پس از جوشکاری کاربید تیتانیوم و کاربید نیوبیوم تولید خواهند نمود که این کاربیدها باعث بالا رفتن استحکام فولاد نیز خواهند شد. در نتیجه پس از جوشکاری وضعیت جوش و منطقه تأثیر حرارتی بهتر خواهد بود. این جوش‌ها نیازی به تنش زدائی نیز نخواهد داشت.

۴-۲-۱-۲- فاز γ (زیگما) در فولادهای زنگ نزن اوستنیتی:

در صورتیکه در هنگام جوشکاری فولادهای زنگ نزن اوستنیتی دچار مشکل تولید کاربید نشود جهت از بین بردن این خاصیت عناصر فریتی مانند سیلیسیم و یا مولیبدن اضافه می‌نمایند. لیکن افزایش عناصر فریتی سبب میشود که در هنگام جوشکاری مناطق تأثیر حرارتی HAZ (Heat Affected Zone) در درجه حرارت ۴۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد فاز γ (زیگما) تشکیل میشود. تشکیل فاز γ در این ناحیه سبب ترک خوردن فولاد خواهد شد. این فاز از جنس فاز بین فلزی بنام کرم آهن بفرمول FeCr است. بدان جهت در این نوع فولاد معمولاً در هنگام ساخت و تولید بوسیله عناصری مانند کرم و سیلیسیم و تنگستن که فریت‌زا هستند چنانچه آلیاژ شده باشند در هنگام جوشکاری بعلت تولید فاز γ مشکلاتی بوجود می‌آید بدانجهت بجای عناصر

فوق الذکر تیتانیوم و نیویوم به فولاد در هنگام ساخت و تولید اضافه می‌شود تا این مشکلات از بین رود.

۴-۲-۱-۱-۳ فولادهای زنگ نزن فریتی Feritic Stainless Steel :

فولادهای فریتیک فولادهائی هستند که درصد کرم آنها از ۱۱ تا ۲۷ درصد و کربن این نوع فولاد زیر ۰٫۱ درصد میباشد. این نوع فولاد دارای ساختار کریستالی BCC است. این ساختار آهن ربا را جذب نموده و خاصیت آهن ربا شدن را دارد. مطابق استاندارد آهن و فولاد آمریکا این فولادها در کلاسه ۴۰۰ قرار می‌گیرند. مطابق استاندارد انگلیسی BS این فولادها به شماره استاندارد ۱۴۴۹ و شماره‌های ۴۰۳ و ۴۰۵ و ۴۰۹ و ۴۳۰ و ۴۳۴ معین شده و با استاندارد آلمانی به شماره ۱٫۴۰۰۲ مشخص میگردد. با استاندارد آلمانی دین به شماره‌های ۱٫۴۰۰۰ و ۱٫۴۰۰۲ و ۱٫۴۵۱۲ و ۱٫۴۰۱۶ میباشد. علاوه بر اینها فولادهای زنگ نزن فریتی به شماره استاندارد انجمن آهن و فولاد آمریکا به شماره A۴۳۶ و A۴۴۲ و A۴۴۶ نیز تولید میشود. این فولاد از نظر ساختار میکروسکوپی از نوع فریت بوده و تنها عناصر آلیاژی که بآن اضافه میشود بیشتر مولیبدن (Mo) میباشد و در صورتیکه عنصر آلیاژی نیکل داشته باشد باید مقدار آن کمتر از ۰٫۵ درصد باشد. این فولادها در درجه حرارت بالا مقاوم میباشد و مقاومت خزش آنها نیز بعلت دارا بودن کرم بیشتر است. این فولادها که دارای مولیبدن و کرم بالا هستند در مقابل خوردگی خیلی مقاوم بوده در حقیقت در برابر ترک خوردگی (Stress Corrosion Cracking) مقاوم میباشند و در مقابل اسید کلرئیدریک به ترک خوردن نیز مقاوم میباشد. این نوع فولادها در پتروشیمی و پالایشگاه بعنوان لوله در مقابل خوردگی مواد نفتی و همچنین با کرم بالا و مولیبدن در مقابل اسیدها مقاوم میباشد. جوشکاری لوله‌ها و مخازن از این نوع فولاد نیاز به پیش گرمایش داشته و پس از جوشکاری مطابق استاندارد ASME-Sec VIII تنش زدائی انجام میشود. برای سهولت در هنگام جوشکاری بجای پیش گرمایش و تنش زدائی از الکترودهای زنگ نزن اوستنیتی استفاده می‌نمایند. این نوع الکترودها E۳۰۹-۱۶ یا E۳۰۹L-۱۶ میباشد. لازم به توضیح است که فولادهای زنگ نزن فریتی طبق استاندارد ASTM-۱٫۰۳ در کوره‌های خلاء تولید میشود این نوع فولاد در مقابل خوردگی‌های حفره (Pitting) و خوردگی ناشی از اسیدها یعنی اسید کلرید مقاوم میباشد.

۴-۲-۱-۱-۴: فولادهای زنگ نزن دابلکسی Duplex Stainless Steel :

علامت اختصاری این فولاد DSS بوده و دارای ساختار کریستالی از نوع B.C.C و FCC میباشد و دارای دو فاز آلیاژی بر روی پایه آهن کرم و نیکل قرار دارد. آلیاژ این نوع فولاد بر پایه کرم به میزان ۲۰ درصد کرم و ۵ درصد نیکل و ۳۰ درصد کرم و ۱۰ درصد نیکل است. در استانداردها این نوع فولاد زنگ نزن با اعداد ۲۲ و ۲۳ و ۲۵ و با مشخصات تشکیل شده که این مشخصات شرح داده میشود عدد ۲۳ معین کننده درصد مقدار کرم در فولاد و باندازه ۴ درصد نیکل و ۰,۱ درصد ازت دارد که علامت کاربردی آن $Fe-23Cr-4Ni-0,1N$ میباشد. در عدد ۲۲ که درصد مقدار کرم در فولاد را تعریف نموده و بصورت $Fe-22Cr-5Ni-3Mo-0,1N$ میباشد. عدد ۲۵ نشان درصد کرم فولاد و این نوع فولاد زنگ نزن بصورت $Fe-25Cr-5Ni-2,5Mo-0,1N-Cu$ و نوع دیگر آن $Fe-25Cr-3,5Mo-0,25N-W-Cu$ میباشد. می توان طبق استاندارد فولادهای فوق الذکر را با ۲۳۰۴ و ۲۲۰۵ و ۲۵٪ کرم و ۲۵۰۷ نیز نشان داد. این فولاد در مقابل خوردگی اسید کلرئید مقاومت خوبی را از خود نشان میدهد و در مقابل خوردگی های حفره (Pitting) نیز مقاوم میباشد. در فولاد DSS عناصر آلیاژی طوری اضافه میشود که فولاد مذکور خصوصیات هر دو فولاد را دربرمی گیرد. در فولادهای فوق الذکر نیکل و کربن و نیتروژن عناصر اوستنیت زا و عناصری مانند مولیبدن و کرم و تنگستن فریت زا میباشند. این نوع فولادها در صنایع پتروشیمی و نفت و گاز و کاغذسازی بعلت مقاومت در مقابل خوردگی و مقاوم بودن در مقابل خوردگی حفره مورد استفاده قرار می گیرد. آلیاژهای ضعیف جهت کارهای دریائی مورد استفاده قرار نمی گیرد که در مقابل آب دریا و بخارات آن ضعیف میباشند. در طول مدت جوشکاری منطقه تأثیر یعنی HAZ و خط جوش که همان منطقه ذوب است هر دو قسمت بطور کامل بصورت فریتیک در درجه حرارت بالاتر از اوستنیت به فریت خواهد بود و رشد دانه نیز در این قسمت پیدا خواهد شد و سرد کردن سریع سبب پیدایش ساختار فریتی خواهد بود. وقتی بطور آرام سرد شود ساختار اوستنیتی نیز ظاهر خواهد شد و در مرزدانه فریت بوجود خواهد آمد. وقتی در منطقه تأثیر حرارتی ساختار کریستالی فریت پیدا شود در این حالت استحکام ضربه از نوع چارپی کمتر خواهد بود و کمی استحکام ضربه ای باعث خوردگی این نوع فولاد خواهد شد. فولادهای DSS قابلیت جوش پذیری را داشته و براحتی جوشکاری میشود. در فولادهائی که جوشکاری میشود نوع آنرا طوری انتخاب می نمایند که درصد کربن موجود در فولاد کمتر از ۰,۰۳ درصد باشد بدین ترتیب از خطر بوجود آمدن

خوردگی بین دانه‌ای و ترک کاسته شده یا بطور کلی از بین می‌رود. پیش گرمایش (Preheating) در این نوع فولادها توصیه نمی‌شود. در بعضی از موارد اگر درصد نیتروژن فولاد پائین‌تر باشد در این گونه فولادها پیش گرمایش لازم می‌شود. تنش زدائی (Post Weld heat treatment) نیز نیاز نمی‌باشد یعنی در حالتی جوشکاری با فرایند TIG و وقتی سیم جوش (Filler metal) از جنس آلیاژ نیکل باشد که در آن مقدار نیکل بالاتر است در جوشکاری لوله‌های درز دار که جهت تولید لوله بکار می‌رود در این حالت ممکن است عملیات تنش زدائی جهت بدست آوردن ساختار میکروسکوپی یکنواخت لازم باشد. در جوشکاری این نوع فولاد باید از گاز خالص آرگون استفاده نموده و در جوشکاری آن نیز نباید جرقه‌های فولادها کربنی بر روی این نوع فولاد پاشیده شود تمیزکاری این نوع فولاد بوسیله بورسهای فولادهای زنگ نزن اوستنیتی انجام می‌شود و همچنین تمیزکاری آن نباید از نوع بورسهای فولادی باشد.

۴-۲-۱-۱-۵: فولادهای زنگ نزن اوستنیتی سخت شو Precipitation Hardening Stainless Steels

آلیاژ نیکل و کرم جهت مقاومت خوردگی بالا و در طبقه‌بندی در رده ۴۰۰ دارای ۸۵ تا ۲۶۰ کیلو پاسکال استحکام تسلیمی را دارند این استحکام بالا در اثر رسوب شدن کاربیدهای عناصری مانند تیتانیوم و وانادیوم و مولیبدن بوده که در آنها ساختار میکروسکوپی مارتنزیتی بوجود می‌آید. فولادهای قابل سخت شدن از نوع $17-7pH$ که در این نوع فولاد علامت P (Precipitation) به معنی رسوب کابیدی و H علامت سخت شدن (Hardening) و ۱۷ درصد کرم و ۷ درصد مقدار نیکل میباشد. درجه حرارت انتقال فاز (Transformation temperature) 730 تا 760 درجه سانتی‌گراد میباشد و درجه حرارت مارتنزیت نهائی کمی بالاتر از درجه حرارت محیط میباشد. فاز مارتنزیت وقتی تولید میشود، فولادهائی که درصد کربن آنها کمتر باشد باید سرد کردن آن جهت پیدایش ساختار میکروسکوپی مارتنزیت باید زیر صفر درجه سانتی‌گراد باشد. در این حالت استحکام زیادی در اثر سرد شدن فولاد حاصل میشود. فولاد اوستنیتی pH با شماره ASTM A-۲۸۶ دارای درجه حرارت مارتنزیتی پائین‌تری را دارد و به سهولت نمی‌تواند به مارتنزیت تبدیل شود. جوشکاری فولادهای از نوع pH با مشخصات $17-4pH$ و $15-5pH$ و $13-8Mo$ pH بشرح زیر میباشد.

قابلیت جوشکاری فولاد SS $17-4pH$ تقریباً شبیه جوشکاری فولادهای زنگ نزن اوستنیتی میباشد. برای جلوگیری از بوجود آمدن ساختار سخت لازمست که ریشه جوش بوسیله الکتروود از نوع

سیم جوش ۳۰۸L و فرایند جوشکاری TIG جوشکاری شود. فرایند جوشکاری TIG بهترین کیفیت جوش را جهت این نوع فولاد ارائه می‌نماید. برای بدست آوردن جوش با استحکام بالا و کمترین خرابی لازمست از فرایند جوشکاری اشعه الکترونی (E.B.W) Electron Beam Welding استفاده نمود. جوشکاری فولاد از نوع ۵pH-۱۵ با الکتروود و پرکننده از نوع ۶۳۰ انجام شده و پس از جوشکاری نیاز به تنش زدائی میباشد. استنلس استیل از نوع pHB-۸Mo با سه نوع فرایند جوشکاری SMAW و TIG و MIG انجام میشود. از انواع دیگر فولادهای استنلس استیل فولاد زنگ نزن نیمه اوستنیتی است که این نوع فولاد در صنایع سد آبی مصارف زیادی داشته و درصد کرم آن ۱۲ درصد و نیکل آن از ۳٫۵ تا ۶ درصد میباشد. چون این نوع فولاد جوشکاری میشود برای جلوگیری از تشکیل کربید کرم تولید این نوع فولادها به گونه‌ای است که درصد کربن آنها کمتر از ۰٫۰۵ بوده و پس از جوشکاری نیز تنش زدائی شده و لازم به بیان است که قبل از جوشکاری نیاز به پیش گرمایش نیز میباشد.

از انواع دیگر فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی می‌باشد که درصد کرم آن ۱۲ تا ۱۳٫۵ درصد و مقدار کربن آن از ۰٫۱ تا ۰٫۱۵ درصد میباشد. جوشکاری این نوع فولاد با الکترودهای مارتنزیتی انجام میشود که قبل از جوشکاری نیاز به پیش گرمایش داشته و بعد از جوشکاری نیز نیازی به عملیات تنش زدائی دارند. طبق استاندارد ASTM به فولادهای A۴۱۰ و A۴۱۴ و A۴۴۰ و A۴۲۰ کلاسه بندی میشوند و مطابق استاندارد BS و با شماره ۱۴۴۹ و مطابق استاندارد دین با شماره‌های ۱٫۴۰۰۶ و ۱٫۴۰۲۴ و ۱٫۴۰۲۱ نشان داده میشوند.

۴-۲-۱-۱-۶: فولادهای استنلس استیل مارتنزیتی : Martensitic Stainless Steels

این نوع فولادها دارای کرم از ۱۲ تا ۱۳٫۵ درصد بوده و درصد کربن آنها نیز برابر ۰٫۱ تا ۰٫۱۵ درصد میباشد. ساختار کریستالی این نوع فولاد از نوع B.C.C میباشد که آهنربا این نوع فولادها را جذب می‌نماید. فولاد مذکور جهت ساخت پره‌های توربین‌های نیروگاه حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فولاد مطابق استاندارد ASTM طبقه‌بندی شده و در رده کلاسه‌بندی ۴۰۰ قرار می‌گیرد. اولین نوع این فولاد A۴۰۳ و A۴۱۰ و A۴۱۴ و غیره میباشد. جهت جوشکاری این نوع فولاد باید قبل از جوشکاری پیش گرمایش تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد. پس از جوشکاری نیز نیاز به تنش زدائی داشته که تنش زدائی آن مطابق استاندارد ASME-SecVIII انجام میشود. برای رهائی از تنش زدائی جوشکاری این فولاد با الکترودهای زنگ نزن اوستنیتی انجام میشود.

سوالات فصل چهارم:

۱. جوشکاری فولادهای زنگ نزن اوستنیتی را توضیح دهید
۲. طبقه بندی فولادهای زنگ نزن را توضیح دهید
۳. فاز زیگما در فولادهای زنگ نزن اوستنیتی را شرح دهید