به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

بسم الله الرحمن الرحیم

موضوع :

فولادهای زنگ نزن دوفازی

Duplex Stainless Steel

تهیه :

گروه ترجمه ایران مواد

info@iran-mavad.com

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فولادهای زنگ نزن دوفازی

معرفی

فولادهای زنگ نزن دوفازی یک خانواده از گریدهای با ترکیب خوب مقاومت خوردگی و استحکام بالا هستند که تاکنون تولید گردیده اند .

خواص فیزیکی آنها بین فولادهای زنگ نزن آستنیتی و فریتی است اما خواصشان بیشتر به سمت فولادهای فریتی و فولادهای ساده کربنی میل می کند مقاومت خوردگی کاری و حفره برداری کلریدی فولادهای زنگ نزن دوفازی نتیجه عملکرد همزمان مقادیر کرم ، مولیبدن ، تنگستن و نیتروژن آنهاست . این فولادها می توانند مشابه نوع 316 یا رنج زیر فولادهای مورد استفاده در آب دریا مانند فولادهای زنگ نزن آستنیتی 6٪ باشند . تمام فولادهای زنگ نزن دوفازی نسبت به فولادهای سری 300 زنگ نزن دارای مقاومت بسیار بیشتری در مقابل ترک های خوردگی تنشی کلریدی هستند .

این دسته از فولادهای زنگ نزن به دلیل اینکه دارای ساختاری می باشند که از مقادیر تقریبا یکسان فریت و آستنیت تشکیل شده به این نام شناخته شده اند این فولادها حاوی درصد نسبتا بالایی از کرم و مولیبدن می باشند که دارای استحکامی تقریبا دوبرابر استحکام فولادهای زنگ نزن آستنیتی آنیل شده و از مقاومت به خوردگی خوبی در ارتباط با خوردگی های حفره ای، شیاری و تنشی در محیط های سولفیدی و کلریدی برخوردار می باشند.همچنین این دسته از فولادهای زنگ نزن هم در شرایط کارشده و هم در شرایط ریختگی تهیه و تولید می شوند.

نیتروژن در این دسته از فولادها به منظور بهبود قابلیت جوشکاری و نیز مقاومت به خوردگی آنها اضافه می شود این در حالی است که دوآلیاژ 329 کارشده و CD4MCu در استاندارد ASTM A240 یا ASTM A890 نیازی به نیتروژن ندارند چرا که این دوآلیاژقبل از اینکه به اهمیت نیتروژن در این دسته از فولادهای زنگ نزن پی برده شود تولید شدند.

تاریخچه

فولادهای زنگ نزن دوفازی ،بعنوان یک میکروساختار با خواص همسانی از نوع آستنیتی و فریتی ، از حدود 80 سال اخیر کشف و مورد استفاده قرار گرفته است . آخرین گریدهای این نوع ، آلیاژهایی هستند از کرم ، نیکل و مولیبدن . اولین فولاد زنگ نزن دوفازی در سال 1930 در سوئد ، در صنعت کاغذ مورد استفاده قرار گرفت . این گرید های برای کاهش مشکلات خوردگی بین دانه ای و اخیراً برای فولادهای آستنیتی پرکربن گسترش یافته اند . نوع ریختگی این آلیاژها در همین سال ها و در فنلاند پا به عرصه صنعت گذاشت و الین حق امتیاز فولادهای زنگ نزن دوفازی در سال 1936 در فرانسه به آلیاژ Uranus 50 تعلق گرفت . اولین نوع فولادهای زنگ نزن دوفازی با هدف بهبود خواص مقاومت در برابر خوردگی تنشی کلریدی با نام 3RE60 به وجود آمد و در سال های بعد هر دو نوع ریختگی و کار شده این نوع آلیاژهای در دامنه وسیعی از تجهیزات صنایع از جمله مخازن تحت فشار ، مبدل های حرارتی و پمپ ها استفاده شد .

اولبن فولادهای زنگ نزن دوفازی تولید شده در عین عملکردی مناسب ، دارای محدودیت هایی در حالت جوشکاری شده بودند . نواحی حرارت دیده ناشی از جوشکاری(HAZ) به علت درصد بالای فریت ، تافنس و مقاومت به خوردگی کمتری نسبت به فلز پایه داشتند و این موضوع محدودیت استفاده از این الیاژها را در حالت جوشکرای نشده و آن هم تنها در برخی کاربردها به همراه داشت . در سال 1968 پیشرفت صنایع

فولادسازی ، زمینه ایجاد فولادهای زنگ نزن جدید را بوجود آورد . از جمله استفاده از نیتروژن به عنوان عنصر آلیاژی در فولادها امکان پذیر شد .

شکل 1 – تصویر همزن خمیر کاغذ سولفیت پیوسته و برج اشباع ، Soda سوئد

نیتروژن با افزایش تافنس و مقاومت به خوردگی ناحیه HAZ مشکل جوشکاری فولادهای زنگ نزن دو فازی را برطرف نموده و همچنین با توجه به نقش آستنیت زا بودن نیتروژن ، اثر تخریبی فازهای بین فلزی کاهش یافت .

بدین ترتیب دومین گروه فولادهای زنگ نزن دوفازی با توجه به نقش آلیاژی نیتروژن وارد بازار شد ، نیاز صنایع به فولادهای زنگ نزن با مقاومت در برابر خوردگی تنشی کلریدی و قابلیت ساخت عالی در دهه 1970 ، با توسعه صنایع فرا ساحل نفت و گاز در دریای شمال رو به فزونی گذاشت و بدین ترتیب فولاد زنگ نزن دوفازی 2205 به عنوان پرمصرف ترین نوع در صنایع نفت و گاز فراساحل شناخته شد . استحکام

بالای این آلیاژ کاهش ضخامت و در نتیجه کاهش وزن سکوهای دریایی را امکان پذیر می کرد که این موضوع در نوع خود مشوق الی توسعه استفاده از این نوع آلیاژها بوده است .

مشابه سایر گروه های فولادهای زنگ نزن ، مقاومت به خوردگی فولادهای زنگ نزن دوفازی نیز به عناصر آلیاژی موجود در فولاد بستگی دارد . توسعه فولادهای زنگ نزن دوفازی ادامه داشته و این فولادها به پنج دسته کلی زیر تقسیم می شوند :

. lean Duplex مانند 2304 که حاوی مولیبدن نیستند .

. standard Duplex مانند 2205 پرمصرف ترین فولاد زنگ نزن دوفازی با بیش از 80٪ مصرف .

. Cr Duplex 25 مانند Alloy 255 با PREN کمتر از 40

. Super Duplex (PREN 40-45) مانند 2507 با 26-25 درصد کروم و افزایش مولیبدن و نیتروژن نسبت به دسته قبل

. Hyper Duplex فولادهای زنگ نزن دوفازی با PREN بیش از 45

عدد مقاومت در برابر حفره دار شدن از معادله زیر محاسبه می شود :

PREN=Pitting Resistance Equivalent Number =5Cr+3.3(%Mo+0.5%W) +16%N

جدول 1 ترکیب شیمیائی نسل دوم فولادهای زنگ نزن دوفازی و فولادهای زنگ نزن دوفازی ریختگی را نشان می دهد . گریدهای دوفازی نسل اول و فولادهای زنگ نزن معمول نیز برای مقایسه در این جدول آورده شده اند .

Grade	UNS No.	EN No.	C	Cr	Ni	Mo	N	Mn	Cu	W
Wrought duplex stainless steels										
First-generation duplex grades										
329	S32900	1.4460	0.08	23.0–28.0	2.5–5.0	1.0–2.0	–	1.00	–	–
**	S31500	1.4424	0.03	18.0–19.0	4.3–5.2	2.5–3.0	0.05–0.1		–	–
	S32404		0.04	20.5–22.5	5.5–8.5	2.0–3.0	0.20	2.00	1.0–2.0	–
Second-generation duplex grades										
Lean										
	S32001	1.4482	0.03	19.5–21.5	1.0–3.0	0.6	0.05–0.17	4.0–6.0	1.0	–
	S32101	1.4162	0.04	21.0–22.0	1.35–1.7	0.1–0.8	0.20–0.25	4.0–6.0	0.1-0.8	–
	S32202	1.4062	0.03	21.5–24.0	1.0–2.8	0.45	0.18–0.26	2.00	–	–
	S82011		0.03	20.5–23.5	1.0–2.0	0.1–1.0	0.15–0.27	2.0–3.0	0.5	–
2304	S32304	1.4362	0.03	21.5–24.5	3.0–5.5	0.05–0.6	0.05–0.20	2.50	0.05–0.60	–
		1.4655	0.03	22.0–24.0	3.5–5.5	0.1–0.6	0.05–0.20	2.00	1.0–3.0	–
Standard										
	S32003		0.03	19.5–22.5	3.0–4.0	1.5–2.0	0.14–0.20	2.00	–	–
2205	S31803	1.4462	0.03	21.0–23.0	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20	2.00	–	–
2205	S32205	1.4462	0.03	22.0–23.0	4.5–6.5	3.0–3.5	0.14–0.20	2.00	–	–
25 Cr										
	S31200		0.03	24.0–26.0	5.5–6.5	1.2–2.0	0.14–0.20	2.00	–	–
	S31260		0.03	24.0–26.0	5.5–7.5	2.5–3.5	0.10–0.30	1.00	0.2–0.8	0.1–0.5
	S32506		0.03	24.0–26.0	5.5–7.2	3.0–3.5	0.08–0.20	1.00	–	0.05–0.30
	S32520	1.4507	0.03	24.0–26.0	5.5–8.0	3.0–4.0	0.20–0.35	1.50	0.5–2.0	–
255	S32550	1.4507	0.04	24.0–27.0	4.5–6.5	2.9–3.9	0.10–0.25	1.50	1.5–2.5	–
Super duplex										
2507	S32750	1.4410	0.03	24.0–26.0	6.0–8.0	3.0–5.0	0.24–0.32	1.20	0.5	–
	S32760	1.4501	0.03	24.0–26.0	6.0–8.0	3.0–4.0	0.20–0.30	1.00	0.5–1.0	0.5–1.0
	S32808		0.03	27.0–27.9	7.0–8.2	0.8–1.2	0.30–0.40	1.10	–	2.1–2.5
	S32906		0.03	28.0–30.0	5.8–7.5	1.5–2.6	0.30–0.40	0.80–1.5	0.8	–
	S32950		0.03	26.0–29.0	3.5–5.2	1.0–2.5	0.15–0.35	2.00	–	–
	S39274		0.03	24.0–26.0	6.8–8.0	2.5–3.5	0.24–0.32	1.0	0.2–0.8	1.5–2.5
	S39277		0.025	24.0–26.0	6.5–8.0	3.0–4.0	0.23–0.33	0.80	1.2–2.0	0.8–1.2
		1.4477	0.03	28.0–30.0	5.8–7.5	1.5–2.6	0.30–0.40	0.80–1.50	≤0.8	–
Hyper duplex										
	S32707		0.03	26.0–29.0	5.5–9.5	4.0–5.0	0.30–0.50	1.50	1.0	–
	S33207		0.03	29.0–33.0	6.0–9.0	3.0–5.0	0.40–0.60	1.50	1.0	–

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Grade	UNS No.	EN No.	C	Cr	Ni	Mo	N	Mn	Cu	W
Wrought austenitic stainless steels										
304L	S30403	1.4307	0.03	17.5–19.5	8.0–12.0	–	0.10	2.00	–	–
316L	S31603	1.4404	0.03	16.0–18.0	10.0–14.0	2.0–3.0	0.10	2.00	–	–
317L	S31703	1.4438	0.03	18.0–20.0	11.0–15.0	3.0–4.0	0.10	2.00	–	–
317LMN	S31726	1.4439	0.03	17.0–20.0	13.5–17.5	4.0–5.0	0.10–0.20	2.00	–	–
904L	N08904	1.4539	0.02	19.0–23.0	23.0–28.0	4.0–5.0	0.10	2.00	1.0–2.0	–
Cast duplex stainless steels										
CD4MCu Grade 1A	J93370		0.04	24.5–26.5	4.75–6.0	1.75–2.25	–	1.00	2.75–3.25	–
CD4MCuN Grade 1B	J93372		0.04	24.5–26.5	4.7–6.0	1.7–2.3	0.10–0.25	1.00	2.7-3.3	–
CD3MCuN Grade 1C	J93373		0.03	24.0–26.7	5.6–6.7	2.9–3.8	0.22–0.33	1.20	1.4–1.9	–
CE8MN Grade 2A	J93345		0.08	22.5–25.5	8.0–11.0	3.0–4.5	0.10–0.30	1.00	–	–
CD6MN Grade 3A	J93371		0.06	24.0–27.0	4.0–6.0	1.75–2.5	0.15–0.25	1.00	–	–
CD3MN Cast 2205 Grade 4A	J92205		0.03	21.0–23.5	4.5–6.5	2.5–3.5	0.10–0.30	1.50	–	–
CE3MN Cast 2507 Grade 5A	J93404	1.4463	0.03	24.0–26.0	6.0–8.0	4.0–5.0	0.10–0.30	1.50	–	–
CD3MWCuN Grade 6A	J93380		0.03	24.0–26.0	6.5–8.5	3.0–4.0	0.20–0.30	1.00	0.5–1.0	0.5–1.0
Cast austenitic stainless steels										
CF3 (cast 304L)	J92500	1.4306	0.03	17.0–21.0	8.0–12.0	–	–	1.50	–	–
CF3M (cast 316L)	J92800	1.4404	0.03	17.0–21.0	9.0–13.0	2.0–3.0	–	1.50	–	–

جدول 1. ترکیب شیمیائی فولادهای زنگ نزن دوفازی شکل پذیر و ریختگی(گرید های آستنیتی جهت مقایسه نشان داده شده است)

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ترکیب شیمیائی

این چنین پذیرفته شده است که خواص ایده آل فولادهای زنگ نزن دوفازی می تواند برای تعادل فازی در حدود 30 درصد فریت و 70 درصد آستنیت بدست آید . هر چند که فولادهای زنگ نزن دوفازی معمولاً بصورتی در نظر گرفته می وشند که مقدار فریت و آستنیت برابری داشته باشند .

ترکیب شیمیایی فولادهای زنگ نزن دوفازی در محدوده 17–30 درصد کرم و 3–13 درصد نیکل می باشد ولی برای اطمینان از تشکیل فریت در حد کافی در گستره بالا اغلب کرم را حداکثر و نیکل را حداقل انتخاب می کنند و مولیبدن نیز بمنظور پایدار کردن فریت در این فولادها وجود دارد.

نقش عناصر آلیاژی در ترکیب فولاد زنگ نزن آستنیتی-فریتی

کروم:

یک مقدار حداقل 10.5٪ کروم برای تشکیل فیلم پسیو کروم که مقاومت کافی جهت حفاظت از فولاد در خوردگی اتمسفری معتدل داشته باشد، لازم است. مقاومت به خوردگی یک فولاد با افزایش میزان کروم آن بالاتر می رود. کروم فریت زا بوده یعنی افزودن آن موجب تولید ساختار bcc آهن می شود. در مادیر بالاتر کروم، نیاز به نیکل بیشتری جهت تشکیل آستنیت یا ساختار دو فازی می باشد. همچینین کروم بیشتر باعث تشکیل فازهای بین فلزی می شود. معمولا حداقل 16٪ کروم در فولادهای زنگ نزن آستنیتی و حداقل 20٪ در گریدهای دو فازی آن نیاز است. همچنین کروم، مقاومت به اکسیداسیون دما بالا را افزایش می دهد.

مولیبدن:

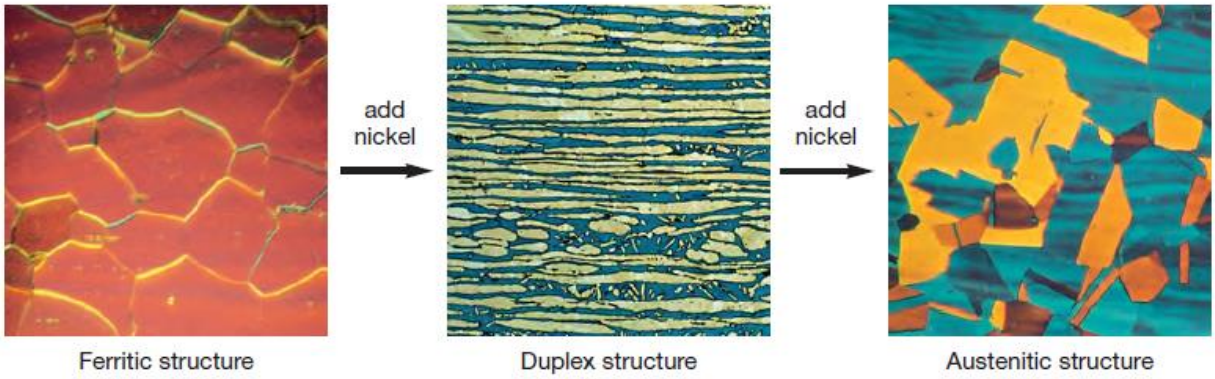
مولیبدن به همراه کروم، مقاومت به حفره دار شدن را در فولادهای زنگ نزن افزایش می دهد. اگر میزان کروم این فولادها حداقل 18٪ باشد، می بایست برای داشتن تاثیر مناسب مولیبدن در جلوگیری از حفره داد شدن و خوردگی شیاری در محیط های حاوی یون کلرید، مقدار آن سه برابر کروم باشد. مولیبدن فریت زا بوده و تمایل فولادهای زنگ نزن را به تشکیل فازهای بین فلزی مخرب افزایش می دهد. در نتیجه مقدار آن محدود به 7.5٪ در فولادهای زنگ نزن آستنیتی و 4٪ در فولادهای دو فازی می شود.

نیتروژن:

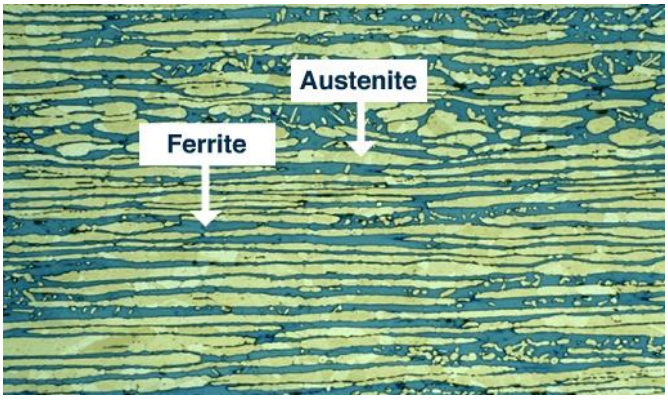
نیتروژن مقاومت به حفره دار شدن و خوردگی شیاری فولادهای زنگ نزن آستنیتی و دو فازی را افزایش می دهد.همچنین استحکام آنها را افزایش داده و در واقع یک عنصر استحکام دهنده محلول جامد و ارزان می باشد. نیتروژن از تشکیل بین فلزی ها جلوگیری نمی کند اما تشکیل آنها را به تاخیر می اندازد. نیتروژن آستنیت زا قوی بوده و می تواند جایگزین مقداری از نیکل در فولادهای زنگ نزن آستنیتی شود. نیتروژن انرژی نقص شبکه را کاهش داده و نرخ سخت کاری آستنیت را افزایش می دهد.

نیکل:

نیکل پایدار کننده آستنیت بوده و باعث تغییر ساختار کریستالی فولادهای زنگ نزن از BCC (فریت) به FCC (آستنیت) می شود



شکل 1 . نمونه ای ساختار فولادهای زنگ نزن دوفازی و مقایسه آن با فولادهای زنگ نزن آستنیتی و فریتی و اثر نیکل بر ساختار آن



شکل2.ساختار فولاد زنگ نزن دوفازی و نمایش حضور آستنیت و فریت و مجاورت یکدیگر

متالورژی فیزیکی

سیستم آلیاژی این فولادها معمولا Fe-Cr-Ni-N می باشد همه فولادهای زنگ نزن دو فازی بصورت فریت منجمد شده و در انتهای انجماد کاملا فریتی می باشند. وابسته به ترکیب شیمیایی، فاز فریت در برخی از محدوده های درجه حرارت بالا و قبل از اینکه تا زیر درجه حرارت انحلال فریت افت یابد و استحاله به آستنیت شروع شود پایدار می شود. از آنجایی که با تغییر دما مرز بین نواحی فریتی–آستنیتی تغییر می کند مقادیر فریت و آستنیت تشکیل شده در ضمن کار گرم و یا آنیل کردن تابعی از دماست همچنین استحاله

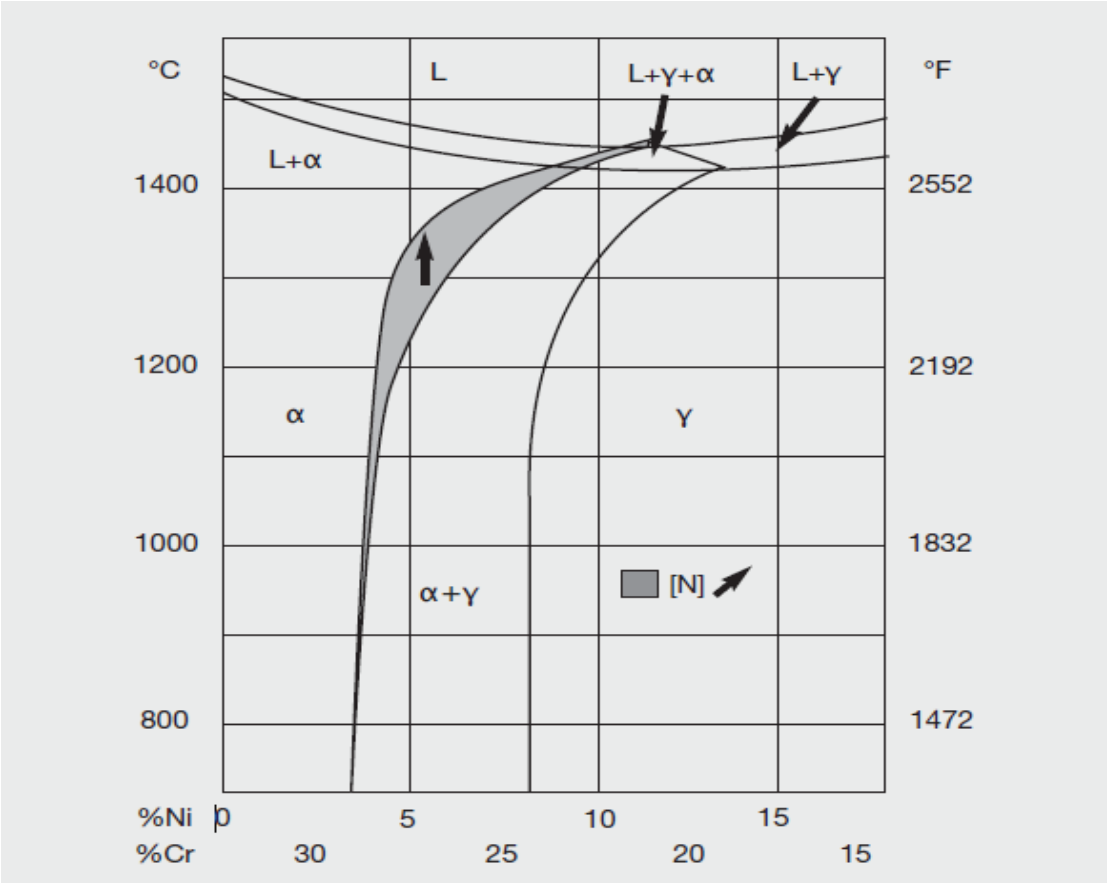
فریت به آستنیت به ترکیب شیمیایی نیز وابسته می باشد بطوری که نیتروژن معمولا به عنوان یک عنصر آلیاژی جهت پایداری تشدید شکل گیری آستنیت و بهبود مقاومت به خوردگی حفره ای اضافه می شود.

نسبت عناصر پایدار کننده فریت به عناصر پایدار کننده آستنیت در فولادهای زنگ نزن دوفازی بالاتر از فولادهای زنگ نزن آستنیتی می باشد.

آستنیت فقط در زیر مرز انحلال فریت جوانه زده و رشد می کند و عملیات های آنیل و کار گرم این فولادها عموما در درجه حرارت هایی پائین تر از مرز انحلال فریت که در آن آستنیت و فریت می توانند در حالت تعادلی در کنار هم وجود داشته باشند انجام می گیرد.

شکل 3. اتصالات ساخته شده از فولاد زنگ نزن دوفازی

به دلیل حالت آلیاژی پیچیده شاخه های دوفازی تعدادی از واکنش های رسوبی می توانند در یک محدوده حرارتی از تقریبا پائین تر از 1000 درجه سانتی گراد واقع شوند همه این واکنش های رسوبی وابسته به زمان و درجه حرارت می باشند. رسوباتی که ایجاد می شوند می تواند شامل سیگما،chi و آلفا پرین و نیترید کرم باشند که باعث ترد شدن فولادهای زنگ نزن دوفازی می شوند از عواملی که باعث شکل گیری و یا تشدید شکل گیری این رسوبات می شود می توان به اضافه شدن مقدار Cr,Mo و W اشاره نمود.



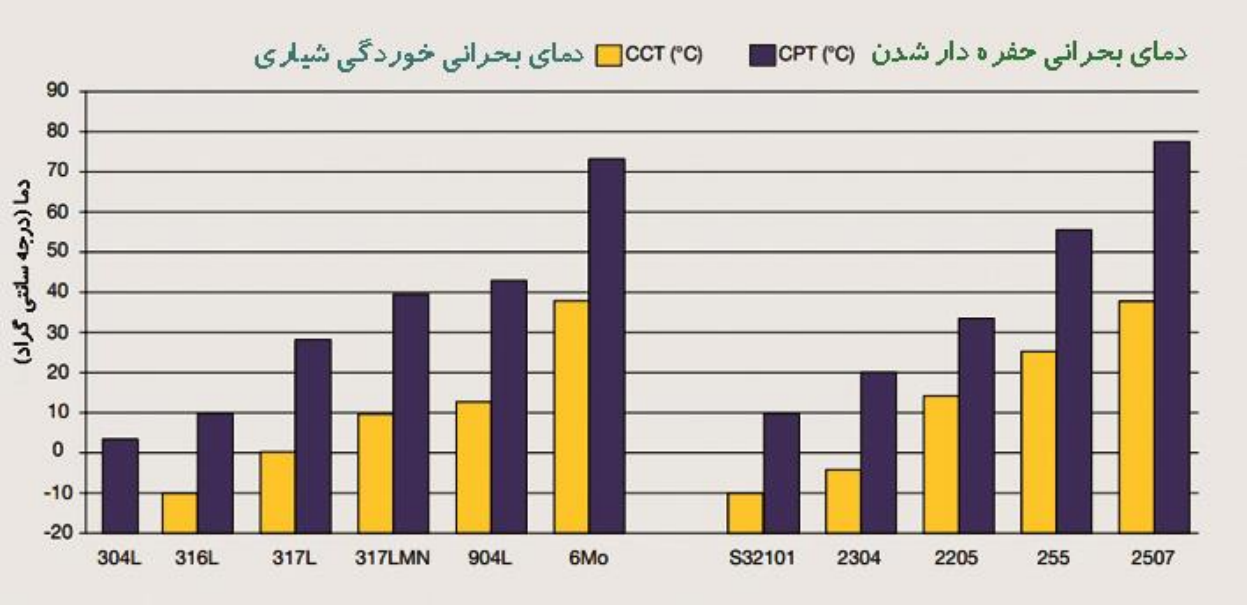
شکل4.قسمتی از دیاگرام فازی سه تایی Fe-Cr-Ni در 68٪ آهن (تغییرات کوچکی در مقادیر نیکل و کرم تاثیر بسزایی در میزان آستنیت و فریت در فولادهای زنگ نزن دوفازی دارد .)

مقاومت به خوردگی

فولادهای زنگ نزن دوفازی مقاومت به خوردگی بالائی در اکثر محیط هایی که فولادهای استاندارد آستنیتی استفاده می شوند ، از خود نشان می دهد ، از طرفی برخی استثناها استفاده از این نوع آلیاژها را در اولویت قرار می دهد . بعنوان مثال درصد بالاتر کروم فولادهای زنگ نزن دوفازی مزیتی در محیط های اسیدی اکسید کننده است . همچنین مقدار کافی مولیبدن و نیکل مقاومت لازم در

برابر محیط های متوسط اسیدهای احیا کننده را در پی دارد . مقدار بالای کروم ، مولیبدن و نیتروژن مقاومت به خوردگی شیاری و حفره دار شدن را در فولادهای زنگ نزن دوفازی افزایش می دهد .

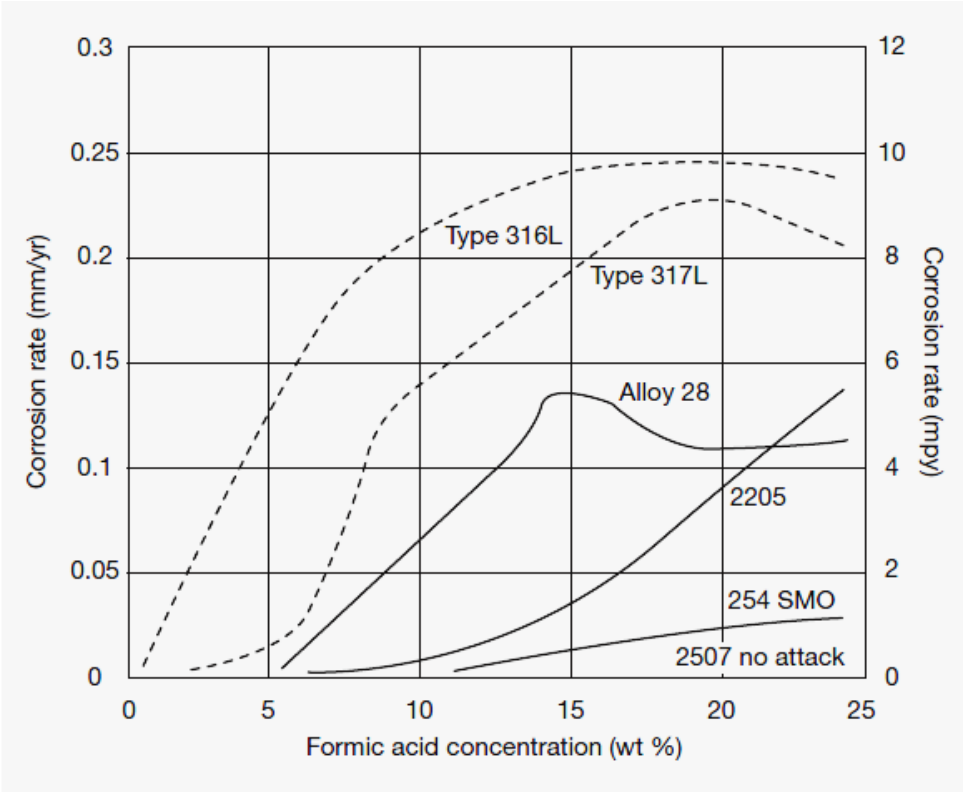
مقایسه ای مابین مقاومت به خوردگی شیاری و حفره دار شدن تعدادی از فولادهای زنگ نزن در شرایط آنیل شده که بر اساس استاندارد ASTM G 48اندازه گیری شده اند در شکل 4 نشان داده شده است.



ساختار دوگانه فولادهای زنگ نزن دوفازی مقاومت در برابر خوردگی تنشی کلریدی را بهبود بخشیده و در صورتی که ساختار حاوی 25تا30 درصد فریت باشد این فولادها بسیار مقاوم تر از فولادهای زنگ نزن آستنیتی 316 و AISI 304 در برابر این نوع خوردگی عمل می کنند .

از طرف دیگر ساختار فریت مستعد به تردی هیدروژنی است و در نتیجه فولادهای زنگ نزن دوفازی در محیط هایی که امکان نفوذ هیدروژن به درون فلز وجود دارد از منظر تردی هیدروژنی مناسب

نیستند .در شکل 5 مقایسه ای در رابطه با مقاومت در برابر خوردگی شیاری و حفره دار شدن فولادهای زنگ نزن داپلکس با وفادهای زنگ نزن آستنیتی آمده است .



شکل5-خوردگی فولادهای زنگ نزن دوفازی و فولادهای زنگ نزن آستنیتی در محلول جوشان 50٪ اسید استیک و درصدهای متفاوت اسید فرمیک

خواص مکانیکی

فولادهای زنگ نزن دوفازی دارای خواص مکانیکی استثنائی هستند . در جدول 2 گریدهای دوفازی استاندارد لیست شده اند . استحکام تسلیم آنها در دمای محیط در شرایط آنیل شده بیشتر از دوبرابر فولادهای زنگ نزن آستنیتی بدون نیتروژن است . این مزیت می تواند به مهندس طراح امکان کاهش ضخامت دیواره در برخی کاربردها را کاهش دهد .

	ASTM				EN			
Grade	UNS No.	Yield strength 0.2% MPa (ksi)	Tensile strength MPa (ksi)	Elongation in 2" %	EN No.	Proof strength $Rp_{0.2}$ MPa (ksi)	Tensile strength R_m MPa (ksi)	Elongation A_5 %
2304	S32304	400 (58)	600 (87)	25	1.4362	400 (58)	630 (91)	25
2205	S32205	450 (65)	655 (95)	25	1.4462	460 (67)	640 (93)	25
2507	S32750	550 (80)	795 (116)	15	1.4410	530 (77)	730 (106)	20

جدول2– حداقل خواص مکانیکی بر اساس استاندارد های ASTM و EN برای ورق فولاد زنگ نزن دوفازی

با وجود استحکام بالای فولادهای زنگ نزن دوفازی ، انها داکتیلیته و تافنس خوبی نیز از خود نشان می دهند . در مقایسه با فولادهای کربنی یا فولادهای زنگ نزن فریتی انتقال نرم به ترد بسیار آهسته تری دارند . فولادهای زنگ نزن دوفازی حتی در دماهای پایین تافنس خود را حفظ می کنند . برای مثال در دمای –40 درجه سانتیگراد ، هر چند که داکتیلیته و تافنسی فولادهای زنگ نزن دوفازی در کل پایین تر از فولادهای زنگ نزن آستنیتی هستند . فولادهای زنگ نزن آستنیتی عموماً تبدیل نرم به تردی از خود نشان نمی دهد و تافنسی عالی خود را در دماهای زیر صفر حفظ می کنند . یک مقایسه از حداقل ازدیاد طول در تست کشش برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی استاندارد و دوفازی در جدول 3 نشان داده شده است .

در حالیکه استحکام تسلیم بالای فولادهای زنگ نزن دوفازی می تواند امکان اندازه گیری و کالیبره دقیق تری بسته به مدول یانگ گرید فولاد را فراهم کند ، این نوع فولادها معمولاً می تواند در حین ساخت نیز قد علم کنند . از آنجا که استحکام این فولادها بالاست ، تغییر شکل پلاستیک آنها نیازمند نیروی بسیاری می باشد .

ASTM A 240			EN 10088-2			
UNS No.	Grade	Elongation, min. (%)	EN No.	Elongation, min. (%)*		
				P	H	C
S32003		25				
S32101		30	1.4162	30	30	30
S32202		30	1.4062			
S32304	2304	25	1.4362	25	20	20
S32205	2205	25	1.4462	25	25	20
S32750	2507	15	1.4410	20	15	15
S30403	304L	40	1.4307	45	45	45
S31603	316L	40	1.4404	45	40	40

P = hot rolled plate H = hot rolled coil C = cold rolled coil and sheet * transverse direction

جدول 3 – مقایسه داکتیلیته فولادهای زنگ نزن آستنیتی و دوفازی بر طبق ASTM A 240 و EN 10088-2

بدلیل سختی بالا و سرعت کارسختی زیاد ، فولادهای زنگ نزن دوفازی عموماً عمر ابزار را در عملیات ماشینکاری کاهش می دهد . سیکل های آنیلینگ ممکن است نیاز باشد که بین شکل دهی و یا عملیات اتصال دهی انجام شود زیرا داکتیلیته فولادهای زنگ نزن دوفازی تقریباً نصف فولادهای زنگ نزن آستنیتی است .

روش های تولید

برشکاری

از آنجا که استحکام و کارسختی فولادهای زنگ نزن دوفازی بالاست ، برشکاری آنها مشکل تر از فولادهای ساده کربنی می باشد . استحکام برشی فولادهای زنگ نزن حدود 58٪ استحکام کشش نهایی آن است .

حداکثر ضخامت فولادهای زنگ نزن سوپرداپلکس که می تواند برش داده شود حدود 65٪ گرید های آستنیتی معمول آنهاست .

شکلدهی داغ

فولادهای زنگ نزن دوفازی شکل پذیری داغ عالی (با باربرداری نسبتاً اندک در حداقل 1230 درجه سانتیگراد) از خود نشان می دهند . اکثر تولید کنندگان بدلیل تاثیر دمای بالا بر پایداری ابعادی یک قطعه از طرفی و آسان تر شدن شکلدهی از طرف دیگر ، دمای شکلدهی داغی که توصیه می کنند حدود 1100 تا 1150 درجه سانتیگراد است .

عملیات آنیلینگ

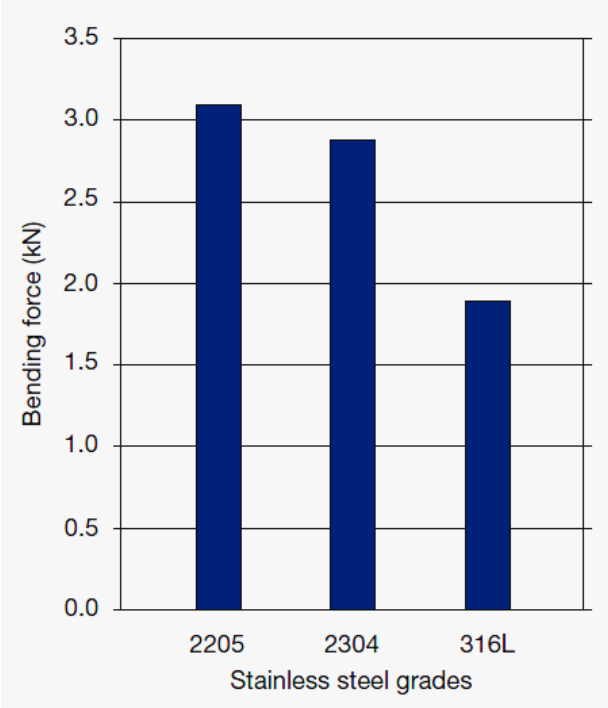
پس از شکلدهی داغ ، لازم است که عملیات آنیلینگ و سپس بمنظور بازیابی خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی ، یک کوئینچ سریع اعمال گردد . قطعه کار بایستی زیر دمای حداقل آنیل آورده شده و به اندازه کافی نگه داشته شود تا تمامی رسوبات مرزدانه ای حل شوند .

شکل دهی گرم

گاهی اوقات یک حرارت گرم برای بهبود عملیات شکلدهی نیاز است ، هر چند که حرارت دهی طولانی فولادهای زنگ نزن دوفازی بالاتر از 315درجه سانتیگراد ممکن سبب کاهش تافنس در دماهای زیر صفر و همچنین کاهش مقاومت به خوردگی گردد . در دماهای بالاتر ، خطر ایجاد تاثیرات مضر بیشتر ناشی از رسوب فازهای مرزدانه ای بیشتر است . از آنجائیکه این فازها نمیتواند مانعی برای عملیات شکلدهی باشند ، فولادهای زنگ نزن دوفازی را میتوان برای شکلدهی ، مقداری گرم کرد .

شکل دهی سرد

فولادهای زنگ نزن دوفازی ، در انواع فرایند های تولید ، شکل پذیری خوبی از خود نشان داده اند . بیشتر کاربردهای فولادهای زنگ نزن دوفازی نیازمند حداقل یک عملیات شکلدهی ساده هستند . بعنوان مثال نورد مقاطع استوانه ای ، شکلدهی فشاری و .... . در اکثر این کاربردها یکی از نگرانی های اصلی ، استحکام بالای فولادهای زنگ نزن دوفازی و نیاز به قدرت تجهیزات شکلدهی است . یک مقایسه بین حداقل نیروی مورد نیاز برای شروع تغییرشکل پلاستیک در شکل 6 نشان داده شده است .



شکل14- مقایسه حداقل نیروی مورد نیاز برای شروع تغییرشکل پلاستیک فولادهای زنگ نزن دوفازی و فولاد زنگ نزن آستنیتی

جوشکاری

تمامی روش های جوش معمول مانند MMA , MIG/MAG, TIG , SAW , FCAW پلاسما و جوش لیزر میتوانند بعنوان روش های جوشکاری فولادهای زنگ نزن دوفازی مورد استفاده قرار گیرند .

کاربردهای فولادهای زنگ نزن دوفازی

گوگردزدائی گاز (FGD)

با برنامه های جهانی سلامت هوا ، کاربردهای الکتریکی زغال سنگ آینده ی نامعلومی در پیش دارد . علاوه بر احیاء So2 ، پخش آن نیز مورد نیاز خواهد بود . و لوله های گوگرد زدا یکی از روش های دست یابی به پخش دی اکسید گوگرد پائین می باشد . استفاده از آهک یا دوغاب سنگ آهک برای " سایش تر " دی اکسید تر از لوله های گاز یک تکنولوژی کامل است . اسکرابر های مدرن هم اکنون قابلیت حذف 90٪ از So2 از گاز خروجی را دارا هستند .در اروپا و آسیا تا کنون برای صنعت گوگردزدائی گاز نوع 2205 از فولادهای زنگ نزن بدلیل قیمت پایین و مقاومت به خوردگی خوب در مقایسه با فولادهای زنگ نزن آستنیتی استفاده می شده است . اخیراً استفاده از فولادهای زنگ نزن دوفازی در شمال آمریکا پذیرفته شده است و این گرید هم اکنون بدلیل استحکام بالا ، مقاومت به خوردگی خوب و خواص تافنسی بالا پس از جوشکاری ، بهترین گزینه برای صنعت FGD شده است .

نمک زدائی

نمک زدائی یکی از سختگیرانه ترین تست ها برای مالکان مواد در معرض محیط خورنده دما بالا، کلرید بالا است . مزایای استفاده از فولادهای زنگ نزن دوفازی برای این کاربرد ، استحکام بالا (تا دو برابر بیشتر از گرید های آستنیتی) همراه با مقاومت به خوردگی عالی می باشد . خشک کن های فولادهای زنگ نزن دوفازی می تواند با ورق های باریک تری ساخته شود ، در نتیجه مواد کمتری استفاده شده و جوشکاری کمتری مورد نیاز است . یکی دیگر از مزایای استفاده ازین فولادها جابجائی راحت تر و ضربات محیطی کمتر است .

صنایع نفت و گاز

در صنایع نفت و گاز ، دوفازی ها به منظور مقاومت کافی در مقابل شرایط مشکل کاری با قوانین بسیار سختی بکار گرفته می شوند . البته این تنها بخاطر مقاومت به خوردگی و استحکام مکانیکی نیست ، بلکه معمولاً بدلیل حفره برداری و مقاومت به خوردگی کاری نسبت به الیاژهای آستنیتی استاندارد با مقاومت به حفره برداری بیش از PREN 40 است . کاربردهای اصلی فولادهای زنگ نزن دوفازی در صنایع نفت گاز مربوط به لوله های شریانی ، فرایند سیستمیک لوله ای و تجهیزات جداسازی ، تصفیه کننده ها و پمپ ها می باشد .

شکل 15– 2507 لوله گذاری داخلی تجهیزات نفت و گاز ساحلی

سوخت های بیولوژیکی

امروزه مواد بیولوژیک (خصوصاً اتانول) یک بخش از بازار مصرف عمده گریدهای دوفازی در حال رشد هستند .گریدهای اندکی از فولادهای زنگ نزن دوفازی که مورد استفاده قرار گرفته اند هم اکنون جایگزین 300 سری از فولادهای زنگ نزن آستنیتی برای کاربردهای مختلف اتانول شده اند .

معماری

فولاد زنگ نزن دوفازی می رود تا نقش مهمی را در ساخت پل ها – در محیط های خورنده و شور با نیاز به استحکام برشی بالا نیاز است – بازی کند . دو مثال اخیر که هر دو در آسیا بودند می توان پل Stonecutters در هنگ کنک و پل Marina Bay pedestrian در سنگاپور نام برد. هر دوی این پل ها از فولاد زنگ نزن دوفازی گرید 2205 ساخته شدند . برای پل Stonecutters ، 2000 تن از ورق و لوله گرید 2205 فولاد زنگ نزن دوفازی در سال 2006 استفاده شد .

شکل 16– پل Stonecutters در هنگ کنک

بزرگترین سقف فولاد زنگ نزن در دنیا در فرودگاه New Doha در قطر از گرید مولیبدنی فولاد زنگ نزن دوفازی ساخته شده است (S32003) . برجسته ترین ویژگی این پایانه سقف غیرمواج آن است که گفته می شود که بزرگترین سقف فولاد زنگ نزن در دنیاست . سطح سقف این ترمینال تقیباً 195.000 مترمربع است و حدود 1600 تن از فولاد زنگ نزن دوفازی در آن بکار رفته است . این سقف بایستی نه

تنها در مقابل حرارت یا رطوبت آسیای میانه مقاومت کند بلکه بایستی در مقابل خوردگی نمک نیز مقاوم باشد . فاکتورهای دیگری که سبب انتخاب این گرید فولاد شده است عبارتند از هزینه و نسبت استحکام به وزن مناسب فولادهای زنگ نزن دوفازی نسبت به دیگر گرید های فولاد .

شکل 17–فرودگاه بین المللی New Dohaبا سقفی از جنس فولاد زنگ نزن دوفازی

شکل 18–تانک های نگهداری در تانکرهای شیمیائی معمولاً از فولادهای زنگ نزن دوفازی ساخته می شوند

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مراجع :

1 J. Charles, Super duplex stainless steels: structure and properties, Proceedings of Duplex Stainless Steels '91, Les Editions de Physique, F-91944 Les Ulis Cedex, France, p. 3, 1991.

2 R. Sánchez, I. Moreno, J. Almagro, J. Botella, X. Llovet, Effects of Composition and Thermal History on the Phase Balance and Elements Distribution of Standard and Modified Duplex Stainless, Fourth Stainless Steel Science and Market Congress, Paris 2002, Conference Proceedings

3 I. Zucato, M. C. Moreira, I. F. Machado and S. M. Giampietri Lebrão, Microstructural Characterization and the Effect of Phase Transformations on Toughness of the UNS S31803 Duplex Stainless Steel Aged Treated at 850 °C, Materials Research Print version ISSN 1516-1439, Mat. Res. vol.5 no.3 São Carlos July/Sept. 2002

4 B. Josefsson, J.-O. Nilsson and A. Wilson, Phase Transformations in duplex steels and the relation between continuous cooling and isothermal heat treatment, Proceedings of Duplex Stainless Steels '91, Les Editions de Physique, F-91944 Les Ulis Cedex, France, 1991, p. 67.

5 C. Hounglu and S. Hertzman, Kinetics of Intermetallic Phase Formation in Duplex Stainless Steel and Their Influence on Corrosion Resistance, Report IM-2689, Swedish Institute of Metals Research, Stockholm, Sweden.

6 G. Herbsleb and P. Schwaab, Precipitation of Intermetallic Compounds, Nitrides and Carbides in AF 22 Duplex Steel and their Influence on Corrosion Behavior in Acids, Proceedings of Duplex Stainless Steels Conference, ASM, Metals Park, Ohio, 1983, p.15

7 L. Iturgoyen and M. Anglada, The Influence of Aging at 475°C on the Fatigue Crack Propagation of a Duplex Stainless Steel, Proceedings of Stainless Steels '91, The Iron and Steel Institute of Japan, Tokyo, Japan, Vol. 2, p. 746, 1991.

8 D. Bauernfeind and G. Mori, Corrosion of Superaustenitic Stainless Steels in Chloride- and Sulfate-Containing Media-Influence of Alloying Elements Cr, Mo, N, and Cu, Proceedings of NACE Corrosion 2003 Conference, Paper 03-257

9 P.-E. Arnvig, and W. Wasielewska, Stress Corrosion Behaviour of Highly Alloyed Stainless Steels under Severe Evaporative Conditions, ACOM 3-1993, Avesta Sheffield AB, 1993.

10 A. Miyasaka, K. Denpo and H Ogawa, Prediction of Application Limits of Stainless Steels in Oilfield Equipment, Proceedings of Stainless Steels '91, The Iron and Steel Institute of Japan, Tokyo, Japan, Vol. 1, p. 241, 1991.

11 J.J. Eckenrod, et al, "Effects of Chemical Composition and Thermal History on the properties of Alloy 2205 Duplex Stainless Steel", New Developments in Stainless Steel Technology, R. A Lula, Ed.,

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد