

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مواد گرایش شناسایی و انتخاب مواد

بررسی میکروساختاری جوش لیزر پالسی فولاد زنگ نزن دوفازی (۲۲۰۵)

نگارنده

فاطمه میرآخورلی

استاد راهنمای اصلی

دکتر فرشید مالک قائینی

استاد راهنمای دوم

مهندس محمد جواد ترکمنی

دی ۱۳۸۸

تقدیر و تشکر

پاس بی کران پروردگار کیلتراکه، هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را، نمونه‌مان شد و به بهمنشینی رحروان علم و دانش

مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

اکنون در آستانه راهی نوبه پاس نعت بی حد پروردگار بر خود لازم می دانم پاس گذارتام عزیزانی باشم که در برابر سختی ها و

ناملاایات در مراحل مختلف این تحقیق مرایاری رسانده اند. بخصوص از استاد ارجمند جناب آقای دکتر فرید مالک

قائمی که بارها بهمانی های سودمند، هدایت این پایان نامه را به عهده داشته اند و جناب آقای مهندس محمد جواد ترکمنی که به

عنوان استاد مشاور با این جانب مساعدت و بهکاری بسیار نموده اند کمال سپاس و تشکر را دارم.

همچنین از مسئولین محترم مرکز تحقیقات لیزر پیامپرتو آقای دکتر صباغ زاده و آقای مهندس جواد حامدی به دلیل

مساعدت ها و راهنمایی های لازم و در اختیار قرار دادن امکانات و تجهیزات موجود کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

تقدیم بہ

مادر م،

اسطورہ عشق و ایثار کہ می دانم ہیج تقدیمی جایگزین زحمات بی دریغ او نمی شود

سایہ اش مستدام

پدر م،

کہ مهرش بی دریغ بود و دلگسلی ام برایش بی پایان...

روحش شاد

چکیده

بررسی میکروساختار حاصل از جوشکاری لیزر پالسی Nd:YAG با توان متوسط ۴۰۰ W بر روی ورق از جنس فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ انجام گرفت. آزمایشاتی برای تعیین اثر پارامترهای مختلف لیزر طراحی گردید از جمله انرژی پالس، عرض پالس، و تاثیر آنها بر ابعاد حوضچه جوش و عبور از حالت هدایتی به سوراخ کلیدی مورد بررسی قرار گرفت و همچنین بررسی تغییر میزان همپوشانی لیزر پالسی با استفاده از تغییر سرعت و فرکانس پرتو لیزر و اثر آن بر میکروساختار، تعادل فازی فریت-آستنیت و مورفولوژی آستنیت و سختی جوش حاصله مورد بررسی قرار گرفت. دیده شد که در درصدهای همپوشانی پایین تر می توان ناحیه های میکروساختاری مختلفی را در سطح حوضچه جوش شناسایی کرد و با افزایش درصد همپوشانی، فلز جوش هم از نظر میکروساختاری و هم سختی به شرایط همگن تری رسید.

جوش لب به لب نیز توسط پارامترهای بهینه لیزر انجام شد که از نمونه های جوش لب به لب تست کشش صورت گرفت و استحکام کششی نزدیک محدوده فلز پایه بدست آمد.

کلید واژه: ورق فولاد زنگ نزن دوفازی، جوشکاری لیزر پالسی Nd:YAG، همپوشانی پالس ها تعادل فریت-آستنیت، مورفولوژی آستنیت.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
1.....	1- مقدمه.....
	فصل دوم
2.....	2- مروری بر منابع.....
3.....	1-2- فولاد های زنگ نزن دوفازی.....
5.....	2-2- متالورژی فیزیکی فولاد زنگ نزن دوفازی.....
5.....	1-2-2- تعادل فازي فریت -آستنیت.....
6.....	3-2- متالورژی جوشکاری فولاد زنگ نزن دوفازی.....
8.....	1-3-2- منطقه متاثر از حرارت.....
11.....	2-3-2- منطقه ذوب جوش.....
11.....	4-2- قابلیت جوش پذیری.....
11.....	1-4-2- ترک خوردگی انجمادی جوش.....
13.....	2-4-2- ترک خوردگی هیدروژنی.....
14.....	3-4-2- تردی درجه حرارت میانی.....
15.....	5-2- کنترل تعادل فریت-آستنیت.....
15.....	1-5-2- حرارت ورودی.....
16.....	2-5-2- اثر نرخ سرد شدن.....
18.....	6-2- محاسبه و اندازه گیری فریت.....

- 19.....7-2-جوشکاری با استفاده از لیزر
- 22.....1-7-2-انواع حالت های جوشکاری با لیزر
- 23.....2-7-2-انواع لیزر های مورد استفاده در جوشکاری
- 24.....3-7-2- کنترل پلاسما
- 25.....4-7-2- استفاده از گازهای مختلف
- 25.....5-7-2-جوشکاری خطی با استفاده از لیزر پالسی
- 26.....1-5-7-2-انرژی پالس و مدت زمان پالس^[33]
- 27.....2-5-7-2-توان متوسط^[37]
- 27.....3-5-7-2-چگالی قله توان
- 27.....4-5-7-2-قله توان و عرض پالس
- 28.....6-7-2-ضریب همپوشانی
- 30.....7-7-2-انتقال حرارت و جریان سیال در جوشکاری لیزر
- 30.....8-7-2-خواص منطقه جوش لیزر
- 33.....8-2-میکروساختار جوش لیزر فولاد زنگ نزن دوفازی
- 34.....1-8-2-استحاله فریت و آستنیت در فولاد دوفازی جوشکاری شده با لیزر

فصل سوم

- 35.....3- روش انجام تحقیق
- 35.....1-3-مواد اولیه و تجهیزات
- 37.....2-3-آزمایشات اولیه انجام شده روی ورق
- 38.....3-3-آزمایشات جوش لیزرانجام شده روی ورق

38.....4-3-روند کلی طراحی آزمایشات جوش لیزر

39.....5-3-آزمایشهای متالوگرافی

39.....6-3-آزمایشات مکانیکی

فصل چهارم

40.....4- نتایج و بحث

40.....1-4-مشخصات میکروساختاری فلز پایه

41.....2-4- نتایج آزمایشات انجام شده روی ورق

41.....1-2-4-اثر متغییر های مختلف لیزر

41.....1-1-2-4-اثر قله توان

45.....2-1-2-4-تاثیر افزایش عرض پالس

48.....3-1-2-4- افزایش انرژی پالس

50.....2-2-4-اثر تغییر همپوشانی پالس ها

50.....1-2-2-4-افزایش میزان همپوشانی پالس ها با تغییر سرعت جوشکاری

56.....2-2-2-4-افزایش میزان همپوشانی پالس ها با تغییر فرکانس

58.....3-2-2-4-تاثیر درصد همپوشانی بر تعادل فازی

60.....4-2-2-4-تغییر درصد همپوشانی تحت گاز محافظ نیتروژن

65.....3-2-4-تاثیر تغییر همپوشانی بر روی همگنی ساختار فلز جوش

68.....4-2-4- جوش لب به لب ورق ها

69.....5-2-4-نتایج آزمایش کشش

- 70.....6-2-4-بررسی سطوح شکست نمونه های تحت کشش.....
- 71.....7-2-4- نتایج آزمایش ریزسختی سنجی
- 71.....1-7-2-4-نتایج ریز سختی ناشی از افزایش قله توان.....
- 72.....2-7-2-4- نتایج ریز سختی سنجی ناشی از تغییر همپوشانی پالس ها.....
- 75.....5- نتیجه گیری
- 76.....6-پیشنهادات.....
- 77.....7-مراجع.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل 1-2-1-دیگرام فازی Fe-Cr-Ni.....	6.....
شکل 2-2- ریزساختار فلز جوش از جنس فولاد زنگ نزن دوفازی با مقدار فریت متوسط.....	7.....
شکل 3-2- سیکل حرارتی HAZ در نزدیکی خط ذوب یک فولاد زنگ نزن دوفازی. واکنش های منطقه ای: منطقه 1، استحاله آستنیت به فریت و حل شدن رسوب ؛ منطقه 2، ساختار کاملاً فریتی و رشد دانه ؛ منطقه 3، شکل گیری مجدد آستنیت و واکنش های رسوبی	8.....
شکل 4-2- دیگرام فازی برای آلیاژ فولاد زنگ نزن دوفازی 2205 که نشان دهنده تاثیر افزودن نیتروژن می باشد.....	10.....
شکل 5-2- منطقه HAZ در جوش های GTA خودزا در فولاد زنگ نزن دوفازی.....	10.....

- شکل 2-6 میزان حساسیت به ترک خوردگی انجمادی جوش بر حسب Cr_{eq}/Ni_{eq}12
- شکل 2-7 نمودار WRC-1992 با محدوده تقریبی نشان دهنده ترکیبات شیمیایی فولاد زنگ نزن
دوفازی.....12
- شکل 2-8 تشکیل رسوب در فولاد های زنگ نزن دوفازی.....15
- شکل 2-9 تاثیر حرارت ورودی بر زمان سرد شدن $t_{1200-8000C\Delta}$ آستنیت و فلز جوش فولاد
زنگ نزن دوفازی.....17
- شکل 2-10 دیاگرام شفلر (ASTM A 800-91).....19
- شکل 2-11 شکل شماتیک از (a) جوش هدایتی و (b) جوش نفوذی.....23
- شکل 2-12 متغیرهای اصلی جوشکاری لیزری.....26
- شکل 2-13 رابطه بین فرکانس و عرض پالس و میزان انرژی.....27
- شکل 2-14 تاثیر عرض پالس و توان حداکثر در شکل.....28
- شکل 2-15 تاثیر عرض پالس و قله توان بر شکل جوش.....29
- شکل 2-16 طرحواره ای از سطح جوش در مسیر جوش لیزر.....31
- شکل 2-17 اثر افزایش منطقه mushy zone بر تغییر مورفولوژی جوش.....32
- شکل 2-18 تغییرات مورفولوژی ساختار با تغییرات G و R و نرخ سرد شدن.....33
- شکل 3-1 چیدمان آزمایشگاهی مورد استفاده در تحقیق.....36
- شکل 3-2 فیکسچر استفاده شده جهت جوش صفحات.....37
- شکل 3-3 ابعاد نمونه کشش.....40

- شکل 4-1 ریزساختار فلز پایه در جهت نورد SEM 41
- شکل 4-2 تأثیر قله توان بر تغییر ابعاد جوش 43
- شکل 4-3 تصویر متالوگرافی مقطع جوش سری a در قله توان های $1/8 \text{ KW}$, $1/6 \text{ KW}$ (D) 44
- (a $0/8 \text{ KW}$, $1/2 \text{ KW}$, $1/4 \text{ KW}$, $1/6 \text{ KW}$) 44
- شکل 4-4 نمودار تغییرات ابعاد حوضچه جوش با تغییر عرض پالس در توان ثابت 45
- شکل 4-5 تصاویر متالوگرافی سطح مقطع عرضی جوش مربوط به تغییر عرض پالس (ms): (a) 3(b) 5 46
- 11(d) 7(c) 46
- شکل 4-6 نمودار تغییرات ابعاد حوضچه جوش بر حسب قله توان با تغییر عرض پالس 46
- شکل 4-7 تصاویر متالوگرافی سطح مقطع عرضی جوش با افزایش انرژی پالس (mj): (a) 5/4(b) 7/2 49
- 10(d) 9 (c) 49
- شکل 4-8 تأثیر افزایش عرض پالس بر در قله توان ثابت روی شکل حوضچه جوش 50
- شکل 4-9 تصویر متالوگرافی مقطع طولی جوش با تغییر سرعت (mm/s): (a) 11/5(b) 8(c) 6/67(d) 51
- 1/6 (e) 4 51
- شکل 4-10 تصاویر متالوگرافی سطح مقطع عرضی جوش مربوط به تغییر سرعت (mm/s) 52
- 1/6 (e) 4(d) 6/67(c) 8(b) 11/5(a) : 52
- شکل 4-11 نمودار تغییر ابعاد جوش بر حسب EPPD با کاهش سرعت 53
- شکل 4-12 تغییر درصد آستنیت با کاهش سرعت 54
- شکل 4-13 تصویر SEM جوش با کاهش سرعت: (a) 11/5(b) 8(c) 6/67(d) 4(e) 1/8 55

- شکل 4-14 تصاویر متالوگرافی مقطع عرضی جوش حاصل از افزایش فرکانس (a) 10 (b) 15 (c) 20 (d) 25.....56
- شکل 4-15 تصاویر SEM حوضچه جوش با تغییر میزان همپوشانی در نتیجه تغییر فرکانس (Hz) 57 (a) 10 (b) 15 (c) 20 (d) 25.....57
- شکل 4-16 درصد فاز آستنیت با افزایش فرکانس58
- شکل 4-17 تصاویر متالوگرافی مقطع عرضی جوش حاصل از افزایش فرکانس تحت گاز محافظ نیتروژن (a) 10 (b) 15 (c) 20 (d) 25.....61
- شکل 4-18 مقطع طولی فلز جوش حاصل از افزایش فرکانس تحت گاز محافظ نیتروژن (a) 10 (b) 15 (c) 20 (d) 25.....62
- شکل 4-19 تصویر SEM فلز جوش حاصل از افزایش فرکانس تحت گاز محافظ نیتروژن (a) 10 (b) 15 (c) 20 (d) 25.....63
- شکل 4-20 تغییر درصد فاز آستنیت با افزایش فرکانس تحت اتمسفر نیتروژن63
- شکل 4-21 دیاگرام سه تایی Fe-Cr-Ni در 65% Fe (خطوط خط چین دلالت بر تاثیر نیتروژن بر انتقال خط انحلال دارد) [62].....64
- شکل 4-22 میکروساختار سطح بالایی حوضچه جوش در درصد همپوشانی (a) 35% (b) 82% در اثر تغییر سرعت66
- شکل 4-23 میکروساختار جوش لیزر لب به لب (a) میکروسکوپ نوری (b) میکروسکوپ SEM.....69
- شکل 4-24 میکروساختار جوش لب به لب (a) جوش شده از یک طرف (b) جوش شده از دو طرف ..70
- شکل 4-25 سطح شکست حاصل از تست کشش برای نمونه (a) فلز پایه (b) جوش شده از دو طرف 71

شکل 4-26 تغییرات سختی در نمونه آزمایش سری A (تغییر قله توان) بر حسب فاصله از مرکز جوش

72.....

شکل 4-27 تغییرات سختی در نمونه آزمایش سری D (تغییر سرعت جوشکاری) بر حسب فاصله از

مرکز جوش 73.....

شکل 4-28 تغییرات سختی در نمونه آزمایش سری E (تغییر فرکانس جوشکاری) بر حسب فاصله از

مرکز جوش 73.....

شکل 4-29 تفاوت میکرو سختی بین مرکز و کناره حوضچه در درصد همپوشانی های متفاوت با تغییر

سرعت جوشکاری 73.....

فهرست جداول

صفحه	عنوان
36.....	جدول 3-1 ترکیب شیمیایی ورق فولاد زنگ نزن دوفازی 2205.....
37.....	جدول 3-2 محدوده مناسب پارامترهای مورد آزمایش.....
42.....	جدول 4-1 آزمایشات انجام شده روی ورق با تغییر انرژی پالس.....
42.....	جدول 4-2 تغییر ابعاد حوضچه جوش با تغییر انرژی پالس.....
45.....	جدول 4-3 آزمایشات مربوط به تغییر عرض پالس در قله توان متوسط ثابت.....
47.....	جدول 4-4 مقایسه مشخصات دو نمونه A5 و B2.....
49.....	جدول 4-5 آزمایشات مربوط به افزایش انرژی پالس.....

- جدول 4-6 آزمایشات مربوط به تغییر سرعت جوشکاری 50
- جدول 4-7 جدول مربوط به محاسبه پارامتر EPPD با تغییر فرکانس و سرعت 53
- جدول 4-8 آزمایشات مربوط به افزایش فرکانس 56
- جدول 4-9 مقادیر EPPD با تغییر درصد همپوشانی در آزمایشات سری E (تغییر سرعت) و D (تغییر فرکانس) 58
- جدول 4-10 شرایط جوشکاری لب به لب جهت تست کشش 69

فولادهای زنگ نزن دواي Fe-Cr-Ni دارای خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی خوبی می باشند که باعث شده است این فولادها کاربردهای گسترده ای در صنایع نفت و گاز، خطوط لوله و ساخت مخازن داشته باشد. که آن هم به دلیل میکروساختار خاص این فولاد می باشد که شامل درصدهای تقریباً برابر از فاز آستنیت و فریت در دمای محیط است. این میکروساختار معمولاً پس از جوشکاری ذوبی این فولاد تغییر قابل ملاحظه ای می کند که بستگی به شرایط جوشکاری، نرخ سرمایش و ترکیب شیمیایی فلز دارد.

تحقیقات و بررسی های بسیاری روی جوشکاری فولاد زنگ نزن دوفازی با استفاده از روش های معمول جوشکاری و همچنین بررسی میکروساختاری آن انجام گرفته است اما مطالعات کمی روی جوشکاری لیزر فولاد زنگ نزن دوفازی و تغییرات میکروساختاری و انجمادی ناشی از آن بخصوص در حالت پالسی لیزر صورت گرفته است. به دلیل خصوصیات ویژه جوشکاری لیزر پالسی، همانند سرد شدن سریع از دماهای بالا، انتقال میزان انرژی خاص در یک مدت زمان کوتاه به ناحیه کوچکی از ماده، قابلیت کنترل بهتر میزان انرژی ورودی در جوش حاصل از لیزر پالسی، نیاز به بررسی و تحقیق بیشتر روی جوشکاری لیزر فولاد زنگ نزن دوفازی احساس می شود. در طول جوشکاری لیزر پالسی، زمان انجماد به علت دانسیته توان بالا بسیار کوتاه می باشد و همچنین به دلیل طبیعت پالسی جوشکاری، حوضچه جوش تحت چرخه حرارتی مختلف و پیچیده ای قرار می گیرد که منجر به تغییرات میکروساختاری و مکانیکی فلز جوش در مقایسه با فلز پایه می گردد.

هدف اصلی این پروژه بررسی میکروساختاری جوش حاصل از لیزر پالسی Nd:YAG با توان ۴۰۰W و تعیین پارامترهای جوشکاری لیزر مذکور بر روی فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ می باشد. با توجه به امکانات کم و زمان محدود، از جمله پارامترهای مورد بررسی در این راستا عرض پالس، انرژی پالس، توان پالس و

تغییر درصد همپوشانی می باشد که تاثیر افزایش پارامتر درصد همپوشانی، بر تغییر میکروساختاری و انجمادی در نواحی مختلف فلز جوش، در اثر برخورد پالس های متناوب بر یکدیگر، مورفولوژی فاز فریت و همگنی ساختار نهایی جوش مورد ارزیابی و بررسی قرار می گیرد.

۲- مروری بر منابع

۲-۱- فولادهای زنگ نزن دوفازی

نام فولادهای زنگ نزن دوفازی فریتی-آستنیتی از ریزساختار نرمال آنها در درجه حرارت اتاق گرفته شده است که تقریباً نصف فریت و نصف دیگر آستنیت است. فولادهای زنگ نزن دوفازی از سال ۱۹۳۰ شناخته شده اند و اخیراً در محدوده وسیعی از کاربرد ها استفاده می شوند که بیشتر آنها نیازمند مقاومت به خوردگی بالا می باشد که آن هم به دلیل نقش کلیدی نیتروژن به عنوان یک عنصر آلیاژی است [۲۱]. پیشرفت های قابل ملاحظه ای هم در زمینه جوش پذیری و مقاومت به خوردگی این فولادها صورت گرفته است این فولادها از آنجا که حاوی میزان بالایی فریت نسبت به فولادهای آستنیتی هستند، بیشتر فرو مغناطیسی می باشند و هدایت حرارتی بالاتر و انبساط حرارتی پایین تری نسبت به فولادهای آستنیتی دارند. آنها اغلب برای مقاومت به خوردگی انتخاب می شوند و در بسیاری از کاربردها که خوردگی تنشی و خوردگی حفره ای مسئله می باشد، جایگزین آلیاژهای آستنیتی شده اند و همچنین نسبت به فولادهای ساختمانی مقاومت به خوردگی و استحکام بالاتری دارند و به طور گسترده ای در خطوط لوله نفت و گاز کاربرد دارند [۱].

فولادهای زنگ نزن دوفازی به طور قابل ملاحظه ای پر استحکام تر از فولادهای زنگ نزن آستنیتی هستند. نوعاً استحکام تسلیم آنها بیشتر از ۴۲۵ Mpa در مقایسه با ۲۱۰ MPa برای فولادهای آستنیتی است. از آنجا که فولادهای دوفازی محکم تر می باشد سختی آنها نیز بیشتر می باشد و در جاهایی که سایش همانند خوردگی نگران کننده است، مورد توجه قرار می گیرند. اکثر فولادهای زنگ نزن دوفازی دارای چقرمگی و نرمی خوب هستند. این فولادها متحمل یک انتقال نرم به ترد در درجه حرارت های پایین می شوند، بنابراین برای کاربردهایی که تحت تغییر دمای بروندی قرار می گیرند مناسب نیستند. همچنین فولادهای زنگ نزن دوفازی تشکیل رسوب های تردی در دماهای نسبتاً پایین می دهند در نتیجه برای کاربرد، در دمای بالاتر از ۲۸۰ °C توصیه نمی شوند [۴،۱]. انبساط حرارتی آلیاژهای دوفازی بسیار نزدیک به فولادهای کربنی و کم آلیاژ می باشد. در نتیجه این

تشابه ممکن است این فولادها در موقعیت های کاری نظیر مخازن فشار در کنار فولادهای کربنی به کار برده شوند. تنش های ناشی از اختلاف انبساط حرارتی در مقایسه با آلیاژهای آستنیتی کاهش خواهد یافت ولی به دلیل واکنش های رسوبی در درجه حرارت های نسبتاً کم که در فولادهای زنگ نزن دوفازی رخ می دهند، کاربرد آنها در وضعیت های که نیازمند تنش گیری حرارتی (عملیات حرارتی پس از جوش) می باشد عموماً مناسب نیست.

بر طبق مقدار معادل مقاومت به خوردگی حفره ای ($PREN^1$)، Van Nassav فولادهای زنگ نزن دوفازی را به چهار گروه تقسیم کرده است که نام اقتصادی برخی از آنها نیز وارد شده است [۵].

(۱) فولادهای زنگ نزن حاوی ۲۳% Cr و عاری از Mo با PREN 25. این فولادها با شماره ۲۳۰۴ مشخص می شوند.

(۲) فولادهای زنگ نزن حاوی ۲۲% Cr با PREN36-30 این طبقه شامل فولادهای زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ می باشد که معروف ترین و ارزان ترین آلیاژ در خانواده دوفازی می باشد.

(۳) فولاد زنگ نزن حاوی ۲۵% Cr، ۰-۲/۵% Cu با PREN40-32

(۴) فولاد زنگ نزن با ۷۵-۷% Ni، ۲۵% Cr، ۴-۳۵% Mo، فولادهای زنگ نزن سوپر دوفازی با میزان PREN. بالاتر

از ۴۰

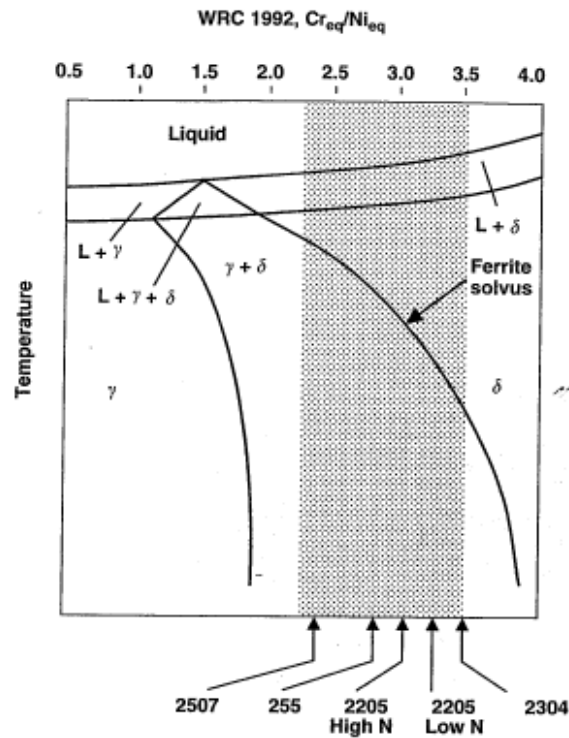
¹ Pitting Resistance Equivalent(PREN) values $PREN = \%Cr + 3.3\%Mo + 165Ni$

۲-۲- متالورژی فیزیکی فولاد زنگ نزن دوفازی

۲-۲-۱- تعادل فازی فریت-آستنیت

فولادهای زنگ نزن دوفازی بر پایه سیستم آلیاژی Fe-Cr-Ni-N می باشند. ترکیبات شیمیایی این فولادها طوری می باشد که میکروساختار فلز پایه شامل حدوداً ۵۰٪ فریت و ۵۰٪ آستنیت است. هرچند تمام فولادهای زنگ نزن دوفازی به صورت ۱۰۰٪ فریتی منجمد می شوند و تعادل میکروساختار بستگی به استحاله حالت جامد فریت به آستنیت دارد. نیتروژن معمولاً به عنوان یک عنصر آلیاژی جهت تسریع بخشیدن به شکل گیری فاز آستنیت اضافه می شود و باعث پایداری فاز آستنیت و افزایش مقاومت به خوردگی می شود. مولیبدن، تنگستن یا مس نیز جهت افزایش مقاومت به خوردگی ممکن است اضافه شود. فولادهای زنگ نزن دوفازی عمدتاً میزان بالاتری از نسبت عناصر ترغیب کننده فریت به آستنیت، نسبت به فولادهای زنگ نزن آستنیتی دارند. این موضوع دلالت بر این حقیقت دارد که فولادهای زنگ نزن دوفازی به صورت ۱۰۰٪ فریتی منجمد می شوند و شکل ۲-۱ نشان می دهد آلیاژی که کرم معادل آنها بر طبق WRC-1992 حدود ۱/۸۵ برابر نیکل معادل آنها یا بیشتر باشد، به صورت ۱۰۰٪ فریت منجمد می شوند.

فلز پایه فولاد زنگ نزن دوفازی، معمولاً نسبتهای کرم به نیکل بین ۲/۲۵ و ۳/۵ دارند. در دماهای بالا (بالای انحلال فریت) آلیاژها به صورت ۱۰۰٪ فریت باقی می مانند. آستنیت تنها می تواند در زیر دمای انحلال فریت جوانه زنی و رشد کند [۴].



شکل ۲-۱-۲ دیاگرام فازی Fe-Cr-Ni [۴].

۲-۳- متالورژی جوشکاری فولاد زنگ نزن دوفازی

میکرو ساختار فلز جوش معمولاً به طور قابل ملاحظه ای از واکنش های شیمیایی که در طول انجماد رخ می دهد و سرمایش بعدی فلز جوش منجمد شده، تاثیر می پذیرد. تطابق شیمیایی حوضچه جوش با فلز پایه فاکتور بسیار مهمی می باشد که اغلب به منظور حصول یک ساختار مناسب در نظر گرفته می شود. همانطور که گفته شد تمام فولادهای زنگ نزن دوفازی به صورت کاملاً فریتی انجماد می یابند. بسته به ترکیب، فاز فریت در طول محدوده ای از دمای بالا قبل از این که به زیر دمای انحلال فریت برسد و استحاله آستنیت شروع شود، پایدار است. طبیعت استحاله فریت به آستنیت، هم به ترکیب و هم سرعت سرد شدن بستگی دارد. استحاله آستنیت به فریت در حقیقت مشخص کننده تعادل نهایی فریت-آستنیت و توزیع آستنیت در فلز جوش می باشد. ترتیب استحاله برای فولادهای زنگ نزن دوفازی به صورت زیر می باشد.

