

بررسی اثر نیتروژن و آلیاژسازی مکانیکی بر انجام استحاله فریت به آستنیت در تولید فولاد زنگ نزن آستنیتی پر نیتروژن

طاهره حقیر¹، مسعود پنجه پور²، محمد حسن عباسی³، محمد علی گلعدار³

چکیده:

در این تحقیق اثر آلیاژسازی مکانیکی و اتمسفر نیتروژن بر انجام استحاله فریت به آستنیت در دمای اتاق مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور مخلوط پودری Fe-18Cr-11Mn در یک آسیای گلوله ای سیاره ای تحت اتمسفر گاز نیتروژن آسیاکاری شد. نتایج نشان داد که با آسیاکاری در اتمسفر نیتروژن با افزایش زمان آسیاکاری میزان جذب نیتروژن افزایش یافته و بعد از 100 ساعت آسیاکاری فولاد زنگ نزن آستنیتی نانو ساختار با 0/65 درصدوزنی نیتروژن تولید می شود. بعلاوه ساختار فولاد تولیدی نیز نانومتری بوده است. همچنین نتایج عملیات حرارتی روی نمونه ها نشان داد که فولاد زنگ نزن آستنیتی پر نیتروژن تولیدی از پایداری حرارتی بالایی برخوردار بوده و میزان نیتروژن قبل و بعد از انجام عملیات حرارتی تغییری نمی کند.

کلمات کلیدی: آلیاژسازی مکانیکی، فولاد زنگ نزن آستنیتی پر نیتروژن، نانو ساختار، پایداری حرارتی.

¹ - کارشناس ارشد مهندسی مواد، شرکت فولاد آلیاژی ایران

² - استادیار دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان 841683111

³ - استاد دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان 841683111

مقدمه:

در بین فولادهای زنگ‌نزن، فولاد زنگ‌نزن آستنیتی پرکاربردترین آنها است. این درحالیست که 70٪ از کل تولید فولاد زنگ‌نزن را به خود اختصاص داده است [1]. این فولادها مزایای زیادی چون خواص سرمایشی عالی، مقاومت در برابر خوردگی و سازگاری خوب با بدن را دارا هستند. طبق دیاگرام Fe-C فاز آستنیت در دماهای بالا پایدار است، اما می‌توان با اضافه کردن عناصر آلیاژی پایدارکننده این فاز مثل Mn، Ni، N و C در دمای اتاق نیز فاز آستنیت به دست آورد [2]. امروزه تحقیقات نشان داده که از بین این عناصر، عنصر نیتروژن مناسب‌ترین گزینه برای تولید فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی و حذف عنصر گران‌قیمت نیکل از ترکیب این فولادها است. فولادهای پر نیتروژن بدون نیکل علاوه بر داشتن خواص مکانیکی و خوردگی عالی به دلیل عدم حضور فاز فرورمغناطیس و عنصر نیکل، یک ماده سازگار جهت کاربردهای بیومواد بوده و از لحاظ اقتصادی نیز تولید این فولادها مقرون به صرفه است [3].

روش‌های تولید فولاد پرنیتروژن (HNS) به دو دسته کلی روش‌های فشاری و متالورژی پودر تقسیم بندی می‌شود. روشهای فشاری مثل PESR¹ با ذوب در فشار بالا حلالیت نیتروژن در فولاد را افزایش می‌دهند. اما با مشکلاتی چون گران بودن تجهیزات و سخت بودن کنترل فشار مواجه هستند. علاوه بر اینکه میزان انحلال نیتروژن با این روش محدود است [4-6]. روش متالورژی پودر یک روش تولید در حالت جامد است. از جمله مزایای روش متالورژی پودر می‌توان به افزایش میزان نیتروژن ورودی به فولاد، توزیع یکنواخت نیتروژن در ترکیب، تمیزتر بودن فرایند اشاره کرد [7]. از جمله روشهای متالورژی پودر که برای تولید HNS به کار برده شده است روش آلیاژسازی مکانیکی است. برای تولید فولاد پرنیتروژن با آلیاژسازی مکانیکی می‌توان از دو روش آلیاژسازی مکانیکی پودر آهن با نیتrideهای آهن و آلیاژسازی در اتمسفر گاز نیتروژن استفاده کرد.

محققان دریافته‌اند که با آلیاژسازی پودر آهن در اتمسفر گاز نیتروژن بیش از یک درصد وزنی نیتروژن وارد ساختار می‌شود. اما فاز پایدار بعد از 100 ساعت آسیاکاری همچنان فاز BCC است [3]. مندز² و همکارانش [8] در سال 2002 پودر Fe-18Cr-11Mn-5Mo را تحت اتمسفر نیتروژن در یک آسیای سایشی به مدت زمان 192 ساعت آلیاژسازی کردند. با 192 ساعت آسیاکاری میزان نیتروژن به

1. Pressurized Electro-Slag Remelting
2. Mendes

1/63 درصدوزنی رسیده و ساختار همچنان فریتی باقی مانده است. همچنین سینروس¹ و همکارانش [9]-
[10] مخلوط پودری Fe-18Cr-11Mn رابه منظور تولید فولاد زنگ‌نزن آستنیتی در یک آسیای
سایشی و تحت اتمسفر نیتروژن به مدت 170 ساعت آسیاکاری کرده و به ساختار فریتی با 5 درصد
وزنی نیتروژن رسیدند و سپس با عملیات حرارتی در دمای 1000°C و 1100°C به مدت یک ساعت
فولاد زنگ‌نزن آستینی نانوساختار بدون نیکل تولید شد. از طرف دیگر با استفاده از آسیای Spex بعد از
120 ساعت آسیاکاری فاز آستنیت تشکیل شد.

با توجه به اهمیت ذکر شده راجع به فولاد زنگ‌نزن آستنیتی پرنیتروژن و همچنین مزایای روش آلیاژسازی
مکانیکی برای تولید این نوع از فولاد، در پژوهش حاضر تلاش شده است تا با آلیاژسازی مکانیکی پودر
Fe-18Cr-11Mn تحت اتمسفر گاز نیتروژن امکان انجام استحاله و تولید فولاد زنگ‌نزن آستنیتی
پرنیتروژن نانوساختار در دمای اتاق و همچنین پایداری حرارتی پودر فولاد تولیدی بررسی شود.

مواد و روش آزمایش:

مواد اولیه به کار رفته در این پژوهش، پودرهای آهن، کرم و منگنز (با خلوص 99+) ساخت شرکت
مرک آلمان بود. از گاز نیتروژن با خلوص بالا (99/999) نیز جهت آلیاژسازی در اتمسفر گازی
استفاده شد. برای انجام فرایند آلیاژسازی مکانیکی از یک دستگاه آسیای گلوله‌ای- سیاره‌ای یک
محفظه‌ای مدل PM100 ساخت شرکت رچ² آلمان استفاده و برای جلوگیری از نشت گاز محفظه،
واشر گرد سیلیکونی بین در و محفظه قرار داده شد. کنترل فشار درون محفظه با یک فشار سنج مدل VC-
9200 با دقت یک میلی بار انجام گرفت. به منظور یکسان سازی شرایط، آلیاژسازی با سرعت چرخش
آسیا 300rpm و نسبت وزنی گلوله به پودر 1:25 انجام شد. به منظور بررسی پایداری حرارتی روی دو
نمونه عملیات حرارتی انجام شد. برای جلوگیری از اکسیداسیون پودر، نمونه‌ها درون لوله‌های کوارتزی
با خلأ 3×10^{-5} torr قرار داده شد. عملیات حرارتی با استفاده از یک کوره موفلی الکتریکی
کربولایت³ به مدت یک ساعت و در دمای 1100°C انجام شده و سپس نمونه‌ها درون کوره سرد
شدند. جهت بررسی فازهای تشکیل شده در نمونه‌ها، تعیین زمان جوانه‌زنی فاز، محاسبه پارامتر شبکه،

1. Cisneros

2. Retsch

3. Carbolite

اندازه دانه و کرنش درون شبکه‌ای از آنالیز پراش پرتو ایکس استفاده شد. این آنالیزها با دستگاه XRD مدل MPD- X'PERT ساخت شرکت فیلیپس¹ انجام شد.

برای تعیین اندازه دانه و کرنش مخلوط پودری از معادله ویلیامسون- هال² استفاده شد [11]:

$$\beta \cdot \cos \theta = \frac{K\lambda}{d} + 2\varepsilon \cdot \sin \theta \quad (1)$$

که در این معادله β پهناى پیک در نیمه ارتفاع آن، λ طول موج پرتو ایکس، ε میزان کرنش درونی شبکه، d میانگین اندازه دانه و θ زاویه براگ می‌باشد. با رسم نمودار β بر حسب θ برای این نمونه، میزان پهن شدگی ابزاری برای نمونه‌های پودری در زوایای براگ محاسبه شده و سپس از پهناى آزمایشگاهی طبق معادله 2 کم شده تا پهناى واقعی هر نمونه به دست آید.

$$\beta_{exp}^2 = \beta^2 + \beta_{inst}^2 \quad (2)$$

که در این معادله β_{exp} پهناى آزمایشگاهی، β پهناى واقعی و β_{inst} پهناى ابزاری می‌باشد.

نتایج و بحث:

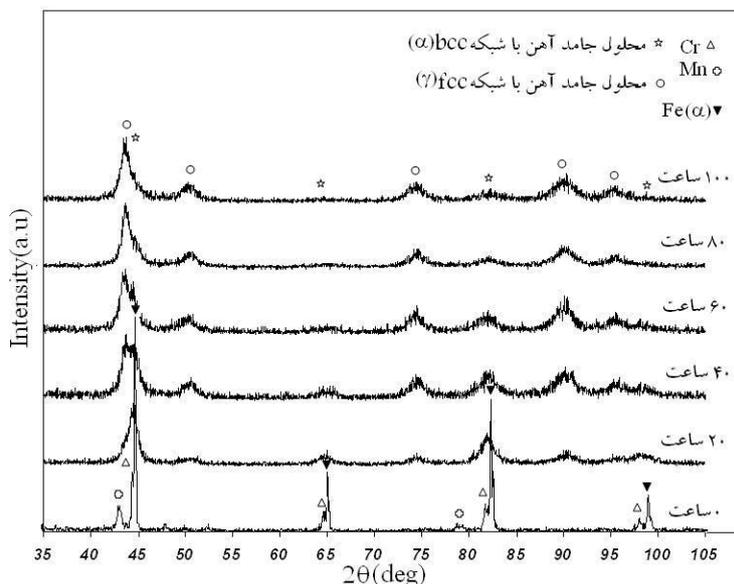
الف- بررسی فازی

شکل (1) الگوی پراش پرتو ایکس مخلوط پودری Fe-18Cr-11Mn را قبل و پس از آسیاکاری در اتمسفر نیتروژن در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشاهده می‌شود پس از گذشت 20 ساعت از آسیاکاری پیک‌های مربوط به عناصر کرم و منگنز که در نمونه آلیاژسازی نشده به‌خوبی مشاهده می‌شوند، به‌طور کامل حذف شدند. از بین رفتن پیک‌های عناصر آلیاژی اولیه نشانه حل شدن این عناصر در شبکه آهن به‌صورت جانیشینی و تشکیل محلول جامد Fe-18Cr-11 Mn با شبکه عنصر غالب یعنی آهن bcc می‌باشد. از طرفی پس از 20 ساعت آسیاکاری در اتمسفر نیتروژن، علاوه بر این که پیک‌های مربوط به عناصر اولیه از بین رفته‌اند، فاز آستنیت نیز در مخلوط جوانه زده است. با ادامه روند آسیاکاری همراه با جوانه‌زنی و تشکیل فاز آستنیت پیک‌های فاز فریت ضعیف‌تر شده و کم‌کم از بین می‌روند. رشد فاز آستنیت در زمینه فریت به تدریج پیش می‌رود تا این که پس از 100 ساعت آسیاکاری، تحت انجام استحاله فاز فریت به آستنیت ساختار آستنیتی حاصل می‌شود. قبل از این که استحاله مذکور به‌طور کامل انجام شود، (بطور مثال بعد از 20 ساعت) ساختار فاز فریت به‌صورت محلول

1. Philips

2. Williamson & Hall

جامدآمورف شده و سپس به فاز آستنيت تبديل می شود. بنابراین قبل از انجام استتاله بخش زيادی از ساختار آمورف شده و سپس فاز آستنيت در زمينه آمورف جوانه زده و با ادامه آسیاکاری رشد می کند.



شکل 1- الگوی پراش پرتو ایکس مخلوط پودری آسیا شده در اتمسفر نیتروژن.

تغییرات اندازه دانه و کرنش مخلوط پودری مورد مطالعه بر حسب زمان آسیاکاری در جدول 1 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود اندازه دانه در تمام موارد نانومتری است. افزایش و کاهش اندازه دانه و کرنش به دلیل این است که سیر تکاملی تشکیل فاز جدید همراه با تشکیل نانو ساختار است. بدین معنی که همواره چندین عامل تولید کننده و مصرف کننده انرژی با یکدیگر در حال رقابت هستند و اندازه دانه و کرنش ایجاد شده در ساختار ماحصل چنین رقابت پیچیده ای است. به دلیل پیچیدگی فرایند آلیاژسازی مکانیکی، تغییرات اندازه دانه و کرنش در حین انجام استتاله تنها به صورت کیفی قابل بحث می باشد.

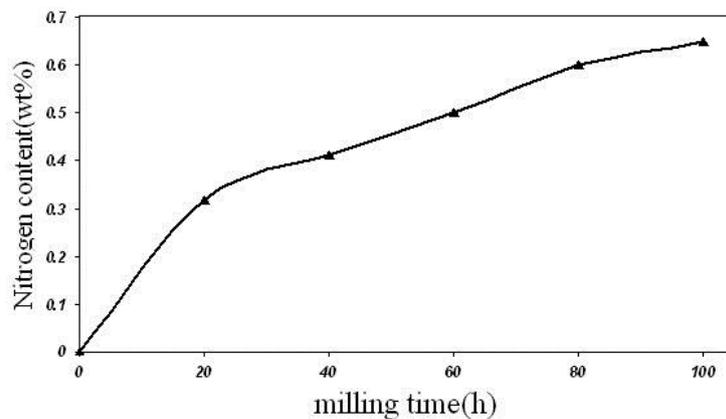
جدول 1- تغییرات اندازه دانه و کرنش مخلوط های پودری

کرنش (%)		اندازه دانه (نانومتر)		زمان (ساعت)
γ	α	γ	α	
	0/18		7	20
0/9	0/5	10	5	40
0/4	---	7/5	---	60
0/8	---	8/5	---	80

0/95	---	9	---	100
------	-----	---	-----	-----

ب- جذب نیتروژن

شکل (2) میزان نیتروژن را بر حسب زمان آسیاکاری نشان می دهد. افزایش زمان آلیاژسازی مخلوط پودری Fe-18Cr-11Mn تحت اتمسفر گاز نیتروژن، باعث شده که همواره میزان نیتروژن ساختار افزایش یابد. از اشکال (1) و (2) می توان استنتاج نمود که افزایش فاز آستنیت در ساختار همواره با افزایش میزان نیتروژن همراه بوده است. از اینرو پیش بینی می شود که نیتروژن ورودی به ساختار می تواند پایداری فاز آستنیت در دمای محیط را افزایش دهد.



شکل 2- میزان جذب نیتروژن بر حسب زمان آسیاکاری

در فرایند آلیاژسازی، اجزای پودری به دلیل نیروی وارده از طرف گلوله ها دچار تغییر شکل شدید مکانیکی می شوند. در طی مراحل تغییر شکل، اجزا شکسته شده و سطوح تمیز فلزی ایجاد می شود. با ایجاد چنین سطوح تمیزی انرژی سطحی سیستم افزایش پیدا می کند. در نتیجه اتم های موجود در سطح فلز، به دلیل پیوندهای شکسته شده شان، دارای انرژی بیشتری بوده و قادر هستند که با اتم های فعال محیط که در این جا اتم نیتروژن است، پیوند فیزیکی یا شیمیایی برقرار کنند. بدین ترتیب نیتروژن جذب سطحی پودر می شود. با ادامه روند آسیاکاری سطوح به یکدیگر جوش سرد خورده و نیتروژن جذب سطحی شده می تواند از سطح به داخل ساختار منتقل شود. با افزایش زمان آسیاکاری و یا به عبارت دیگر با تکرار فرایندهای شکست و جوش سرد این روند ادامه داشته به طوریکه منجر به افزایش مقدار نیتروژن ورودی به ساختار می شود. محققان دیگری نیز نشان دادند که سینتیک جذب نیتروژن با میزان عیوب ساختار متناسب است [12].

به همان گونه که از شکل مشاهده می شود پس از 100 ساعت آسیاکاری 0/65 درصد وزنی نیتروژن وارد ساختار شده است. این مقدار نیتروژن جذب شده بسیار بیشتر از حد حلالیت تعادلی نیتروژن در آهن در دمای اتاق است [13]. البته هر چند حضور عناصر آلیاژی مثل کرم و منگنز باعث افزایش حلالیت نیتروژن می شوند، اما دلیل اصلی افزایش میزان حلالیت در ساختار را می توان ناشی از فرایند آلیاژسازی مکانیکی بیان نمود [8]. با آلیاژسازی مکانیکی ساختار ذرات پودری نانومتری شده و هنگامی که ذره به حد نانومتر برسد، بیش از 50 درصد از حجم آن را مرزدانه تشکیل می دهد [11]. مرزدانه ها محل اصلی قرارگیری عیوب از جمله نابجایی ها هستند. بنابراین در اثر انجام فرایند آلیاژسازی مکانیکی، محل های مرجح برای قرارگیری اتم های بین نشینی نیتروژن (نابجایی ها و مناطق نقص در چیده شدن و مرزدانه ها) افزایش پیدا کرده و ساختار قادر به انحلال مقدار بیشتری از نیتروژن در خود می گردد. لذا به نظر می رسد که غلظت نیتروژن در ساختار به شدت به میزان عیوب ساختاری وابسته است. محققین مختلفی نیز با استفاده از آنالیزهای پیشرفته نشان دادند که اکثر نیتروژن ورودی به ساختار در درون مرزدانه قرار گرفته و داخل دانه عموماً عاری از اتم بین نشینی است [14].

از شکل (1) مشاهده می شود که پیک های نمونه علاوه بر پهن شدن به مقدار جزئی جابجا نیز شده اند. جابجایی پیک ها نشان دهنده تغییر در فاصله بین صفحه های (d) در شبکه مورد مطالعه می باشد. بر اساس رابطه براگ میزان d بر حسب زاویه براگ به صورت زیر محاسبه می شود [15]:

$$\lambda = 2d \sin \theta \quad (3)$$

که در آن λ طول موج پرتو ایکس، θ زاویه براگ و d فاصله بین صفحه های است. در جدول (2) میزان فاصله بین صفحه های برای فاز فریت و آستنیت بر حسب میزان نیتروژن نشان داده شده است. همان طور که از این جدول مشاهده می شود با قرارگیری اتم نیتروژن در ساختار، شبکه کریستالی بسط داده شده و فاصله بین صفحه های در هر دو فاز فریت و آستنیت افزایش یافته است.

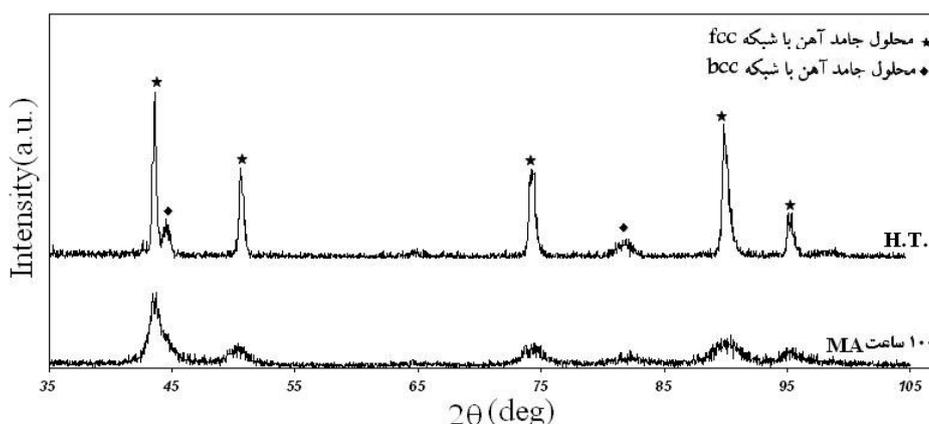
جدول 2- فاصله بین صفحه های برای فاز فریت و آستنیت بر حسب میزان نیتروژن و زمان آسیاکاری.

میزان نیتروژن (wt%)	فاز فریت (nm)	فاز آستنیت (nm)
0	0/2026	—
0/32	0/2031	—

0/2069	0/2033	0/42
0/2071	—	0/50
0/2074	—	0/62
0/2081	—	0/65

د- بررسی پایداری حرارتی فولاد تولید شده

به منظور بررسی پایداری حرارتی فاز تشکیل شده مخلوط‌های پودری 100 ساعت آسیاکاری شده در اتمسفر نیتروژن تحت عملیات حرارتی آنیل قرار گرفتند. شکل (3) الگوی پراش پرتو ایکس این مخلوط پودری را قبل و بعد از انجام عملیات حرارتی نشان می‌دهد. عملیات حرارتی آنیل باعث آزاد شدن کرنش ساختار شده و در نتیجه فازهای موجود در ساختار به‌طور واضح‌تر نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل (3) مشاهده می‌شود در ساختار هیچ‌گونه فاز نیتريدی وجود ندارد و ساختار غالب فاز آستنیت می‌باشد.



شکل 3- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه قبل و بعد از عملیات حرارتی

در جدول (3) اندازه دانه و کرنش نمونه قبل و بعد از عملیات حرارتی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان نیتروژن در ساختار تقریباً ثابت مانده و اندازه دانه همچنان در حد نانومتر باقی مانده است. این امر نشان می‌دهد که ساختار مذکور در برابر رشد دانه نیز مقاوم می‌باشد.

جدول 3- میزان اندازه دانه و نیتروژن محلول در ساختار قبل و بعد از انجام عملیات حرارتی

نمونه 100 ساعت آسیاکاری شده سری B		
نیتروژن (wt%)	اندازه دانه (nm)	
0/65	9	قبل از عملیات حرارتی
0/6	40	بعد از عملیات حرارتی

سینتیک رشد دانه به شدت به توانایی حرکت مرزدانه¹ بستگی دارد. عواملی که روی توانایی حرکت مرزدانه اثر دارند عبارت است از: جدایش اتمی در مرزدانه، ناخالصی حل شده در مرزدانه، وجود فاز ثانویه و ... [14]. همان گونه که در قسمت قبل بیان شد، مقدار زیادی از نیتروژن ورودی به ساختار در مرزدانه قرار می گیرد. نیتروژن موجود در مرز به عنوان یک عامل بسیار موثر در قفل کردن مرزدانه به شمار رفته و مانع از حرکت آن و در نتیجه رشد دانه می شود.

بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که با آلیاژسازی مکانیکی مخلوط Fe-18Cr-11Mn تحت گاز نیتروژن می توان فولاد زنگ نزن آستنیتی پرنیتروژن با پایداری حرارتی بالا تولید کرد. مقاومت فولاد تولیدی در برابر تغییر فاز و رشد دانه باعث می شود که امکان تولید قطعات با دانسیته کامل از طریق فرایندهای مختلف متالورژی پودر فراهم شود.

نتیجه گیری:

در این بخش مهمترین نتایج به دست آمده از آلیاژسازی مکانیکی مخلوط پودری آهن- کرم- منگنز ارائه می شود:

1- با آلیاژسازی مکانیکی مخلوط پودری Fe-18Cr-11Mn در اتمسفر نیتروژن پس از 20 ساعت آسیاکاری جوانه های فاز آستنیت در ساختار تشکیل شده و بعد از 100 ساعت فولاد زنگ نزن آستنیتی پرنیتروژن با 0/65 درصد وزنی نیتروژن به وجود می آید.

2- با افزایش زمان آسیاکاری میزان جذب نیتروژن در ساختار افزایش می یابد.

3- میزان فاصله بین صفحه ای با افزایش زمان آسیاکاری و جذب نیتروژن افزایش یافته و اندازه دانه به 10 نانومتر کاهش می یابد.

4- فولاد زنگ نزن آستنیتی نانو ساختار و پرنیتروژن تولید شده با آلیاژسازی مکانیکی از پایداری حرارتی بالایی برخوردار است.

تشکر و قدردانی

1. Grain boundary mobility

بدینوسیله از شرکت فولاد صبا، مجتمع فولاد مبارکه اصفهان به جهت همکاریهای ارزشمندشان در انجام آنالیز نیتروژن نمونه ها کمال تشکر و قدردانی به عمل می آید.

مراجع:

- [1] Yuan, Z.Z., Dai, Q.X., Cheng, X.N., "In situ SEM tensile test of high-nitrogen austenitic stainless steels", *Materials Characterization*, Vol. 56, pp.79-83, 2006.
- [2] گلغذار، م.ع.، اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها، نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، 1378.
- [3] Uggowitz, P.J., Magdowski, R., "Nickel free high nitrogen austenitic steels", *ISIJ Int.*, Vol.36, No.7, pp.901-908, 1996.
- [4] Menzel, J., Kirschner, W., Stein, G., "High nitrogen containing Ni-free austenitic steels for medical application", *ISIJ Int.*, Vol.36, No.7, pp.893-900, 1996.
- [5] Rennhard, C.A.P., "New industrial applications of HNS", *Mater.Sci.Forum*, Vol. 318-320, pp.175-180, 1999.
- [6] Bern, H., "Manufacture and Application of High Nitrogen Steels", *ISIJ Int.*, Vol.36, No.7, pp.909-914, 1996.
- [7] Liimatainen, J., "Powder metallurgically produced high nitrogen steels", *Mater.Sci.Forum*, Vol. 318-320, pp.629-634, 1999.
- [8] Mendez, M., Mancha, H., Cisneros, M.M., Mendoza, G., "Structure of a Fe-Cr-Mn-Mo-N alloy processed by mechanical alloying", *Metall. And Mater. Trans. A*, Vol. y 33A, pp. 3273-3279, 2002.
- [9] Cisneros, M.M., Lopez, H.F., Mancha, H., "Development of austenitic nanostructures in high nitrogen steel powders processed by mechanical alloying", *Metall. And Mater. Trans. A*, Vol. 33A, pp. 2139-2144, 2002.
- [10] Cisneros, M.M., Lopez, H.F., Mancha, H., "Processing of nanostructured high nitrogen stainless steel by mechanical alloying", *Metall. And Mater. Trans. A*, Vol. 36A, pp. 1309-1316, 2005.
- [11] Tjong, S.C., Chen, H., "Nano material and coating", *Mater.Sci.Eng.* Vol.R45, pp.1-88, 2004.
- [12] Eskandarany, Sh., *Mechanical alloying for fabrication of advanced engineering materials*, Noys, New York., 2001.
- [13] Rawers, J., Govier, D., Doan, R., "Nitrogen addition to iron powder by mechanical alloying", *Mater. Sci. Eng. A*, Vol.220, pp. 162-167, 1996.
- [14] Meng, Q.P., Rong, Y.H., Hsu, T.Y., "Distribution of solute atoms in nanocrystalline materials", *Mater. Sci. Eng. A*, Vol. 471, pp. 22-27, 2007.
- [15] Cullity, D.B., *Elements of X-Ray diffraction*, second edition, Addison Wesley, 1978.

The Effect of Mechanical Alloying and Nitrogen Atmosphere in Producing High Nitrogen Stainless Steel

T.Haghir¹, M.Panjepour², M.H.Abbasi³, M.A.Golozar³

T_haghir@ma.iut.ac.ir

M_panjepour@cc.iut.ac.ir

Abbasi32@cc.iut.ac.ir

golozar@cc.iut.ac.ir

Key Words: Mechanical alloying, High nitrogen stainless steel, Nanostructure, Thermal stability

Abstract

The effect of mechanical alloying (MA) and nitrogen atmosphere on the room temperature α to γ transformation in Fe-18Cr-11Mn powder mixture was evaluated. MA was performed under nitrogen atmosphere using a high-energy planetary ball mill. It was found that the amount of nitrogen absorption increases by increasing the milling time and steel containing 0.65 wt% nitrogen was produced after 100 hours of milling. The structure of the produced steel was in the range of nanometer. The heat treatment of the produced high-nitrogen stainless steel showed that it has a high thermal stability, and the amount of nitrogen before and after heat treatment was nearly constant.

¹. M.S.c material engineering, Iran Alloy Steel Company, Yazd

². Assistant Professor of Department of Materials Science and Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran 8415683111

³. Professor of Department of Materials Science and Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran 8415683111