

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



Effect of Cold Drawing Process on The Austenite to Martensite Transformation of Stainless Steel 304 AISI

Abstract

Increased use of stainless steel in various industries as diverse shapes and sizes needed to produce the desired mechanical properties increased dramatically. Conventional austenitic structure of stainless steel 304 in plastic deformation of the martensite phase. austenite transforms to martensite due to cold drawing stainless steel 304 using metallographic studies, hardness and XRD analysis was performed. The results obtained with the 50% increase in the reduction of hardness 160-335 (VH) ultimate tensile strength of the specimen cross-sectional area by 50 percent (1147 MPa) is almost twice the tensile strength of samples of raw sample (785 MPa) obtained 's. Increased strength and hardness resulting from an increase in inappropriate places, and you increase the amount of martensite.

Keywords: 304 stainless steel wire drawing, tensile strength, microstructure

بررسی تأثیر فرآیند کشش سرد مفتول بر استحاله آستنیت به مارتنزیت در فولاد زنگ‌نزن ۳۰۴

چکیده

افزایش روز افزون استفاده از فولادهای زنگ‌نزن در صنایع مختلف به شکل‌ها و ابعاد گوناگون نیاز تولید آن‌ها را با خواص مکانیکی بهینه و مناسب به صورت چشمگیری افزایش داده است. فولادهای زنگ‌نزن ۳۰۴ در شرایط معمولی دارای ساختار کاملاً آستنیتی بوده و در اثر تغییر شکل پلاستیک درصدی از آن به فاز مارتنزیت تبدیل می‌شود. مقدار مارتنزیت عمدتاً به ویژگی‌های مکانیزم‌های تغییر شکل شامل کرنش پلاستیک و روش‌های تغییر شکل بستگی دارد. با توجه به اینکه تأثیر کشش سرد مفتول بر روی استحاله آستنیت کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است، در این تحقیق بررسی کاهش سطح مقطع در اثر کشش سرد مفتول بر روی استحاله آستنیت به مارتنزیت فولاد زنگ‌نزن ۳۰۴ با استفاده از مطالعات متالوگرافی، سختی سنجی و آزمایش XRD انجام پذیرفته است. طبق نتایج بدست آمده با افزایش در کاهش سطح مقطع تا ۵۰ درصد سختی از ۱۶۰ به ۳۳۵ (ویکرز) رسیده و استحکام کششی نهایی نمونه‌ی ۵۰ درصد کارسرد شده (۱۱۴۷ مگاپاسکال) تقریباً ۲ برابر استحکام کششی نمونه‌ی خام (۷۸۵ مگاپاسکال) به دست آمده است. افزایش سختی و استحکام مربوط به افزایش دانسیته نابجایی‌ها و افزایش میزان مارتنزیت ناشی از کرنش می‌باشد.

کلمات کلیدی: فولاد زنگ‌نزن ۳۰۴، کشش مفتول، استحکام کششی، ریزساختار.

Conference 2014

مقدمه

فولادهای زنگ نزن آستنیتی معمولاً مقاومت به خوردگی بسیار عالی، تافنس و جوش پذیری خوبی را از خود نشان می دهند اما دارای استحکام تسلیم نسبتاً پایینی می باشند که موجب کاهش استفاده از آنها در سازه های ساختمانی می شود [۱]. مطالعات زیادی درباره ی استحکام دهی فولادهای زنگ نزن و مکانیزم های آن صورت گرفته است، یکی از این روش ها انجام کار سرد است که اغلب بعد از آنیل محلولی، صورت می گیرد. در اثر تغییر شکل پلاستیک در این فولادها مقدار مارتنزیت تحت عنوان مارتنزیت متاثر از تغییر شکل بوجود می آید که موجب افزایش ظرفیت کرنش سختی و شکل پذیری می شود [۲]. مقدار مارتنزیت در این مورد بستگی به پایداری آستنیت (ترکیب شیمیایی) و همچنین شرایط کار سرد (مقدار تغییر فرم، دمای تغییر فرم و مقدار کرنش اعمالی دارد بنابراین مقدار مارتنزیت وقتی پایداری آستنیت کم است افزایش می یابد. مقدار تغییر فرم زیاد و دمای تغییر فرم کم نیز باعث افزایش مارتنزیت می شود. بسته به میزان کار سرد و دمای آنیل، احتمال وقوع رشد دانه اضافی و حتی تبلور مجدد ثانویه وجود دارد [۳].

مونگانون^۱ و توماس^۲ تشکیل فاز مارتنزیت حین آزمایش کشش در فولاد ۳۰۴ را بررسی کردند تحقیقات آن ها نشان داد که مارتنزیت ϵ (hcp، پارامغناطیس) با شروع تغییر شکل، تشکیل شده و در کرنش کششی حدود ۵ درصد به بیشترین مقدار رسیده و بعد از آن در کرنش پلاستیک ۲۰٪ تقریباً به صفر کاهش می یابد. میزان مارتنزیت α' (bcc، فرو مغناطیس)، همراه با افزایش کرنش به طور پیوسته زیاد می شود. در کرنش های بالاتر α' تنها فاز مارتنزیت در فولاد می باشد [۴]. نتایج مشابهی نیز توسط سیتارمن^۳ و کریشین^۴ گزارش شده است [۵].

میلاد^۵ و همکارانش اثر تغییر فرم موسسان (نورد سرد در دمای محیط) در مقادیر مختلف را بر خواص کششی فولاد زنگ نزن AISI ۳۰۴ را بررسی کرده اند نتایج نشان می دهد که شکل گیری مارتنزیت ناشی از کرنش برشی به طور کاملاً واضح به افزایش استحکام فولاد بستگی دارد. استحکام کششی، استحکام تسلیم و سختی با افزایش درصد کاهش در سطح مقطع تا بالای ۴۵ درصد افزایش پیدا می کند، مضاف بر این که افزایش تغییر فرم موسسان بین ۴۵ تا ۵۰ درصد اثر ناچیزی بر استحکام کششی و تسلیم این فولاد دارد [۶].

روش تحقیق

جهت ایجاد تغییر شکل و ایجاد مارتنزیت ناشی از کرنش در نمونه های فولاد زنگ نزن AISI ۳۰۴ از فرآیند کشش مفتول استفاده شد. نمونه های استوانه ای شکل به قطر ۱۲ میلی متر و ارتفاع ۳۵ سانتیمتر انتخاب شد که ترکیب شیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است، در انتخاب ابعاد دقت کافی جهت جلوگیری از خمش نمونه ها اعمال شد، نمونه ها قبل از تست کشش مفتول به مدت ۳۰ دقیقه در یخ خشک در دمای ۳۵- کونچ شده اند و به دنبال آن تحت کاهش سطح مقطع ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ درصد قرار گرفتند، سپس نمونه ها در یخ خشک به مدت ۵ دقیقه سرد شده اند.

- 1.P.L.Mongnon
- 2.G.Thomas
- 3.V.Seetharman
- 4.R.Krishnan
5. M.Milad

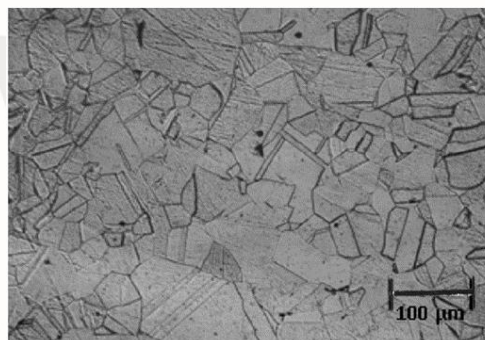
جدول ۱. ترکیب شیمیایی (درصد وزنی) آلیاژ ۳۰۴ مطابق آنالیز کوانتومتری

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
۷۰٫۸	۰٫۰۷۶۳	۰٫۵۲۹	۱٫۵۷	۰٫۰۳۰۸	۰٫۰۳۵	۱۷٫۲	۰٫۱۳۲	۸٫۶۶

جهت تعیین تغییرات سختی آلیاژ در شرایط مختلف و درک روند تغییرات خواص، از آزمون سختی سنجی روش ویکرز استفاده شده است. آزمون کشش دردمای محیط جهت بررسی خواص کششی آلیاژ طبق استاندارد ASTM-E8 استفاده شده و برای بررسی ریزساختاری فولاد از میکروسکوپ نوری و تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM استفاده شده است. نمونه ها پس از آماده سازی در محلول گلیسر جیا (۱۵ درصد اسید کلریدریک، ۸ درصد اسید نیتریک، ۴ درصد گلیسرین) اچ شدند. تغییرات نسبی مارتنزیت و آستنیت در نمونه خام و ۵۰ درصد کار سرد شده، به وسیله دستگاه XRD مدل Seifert 3003 TT اندازه گیری شد.

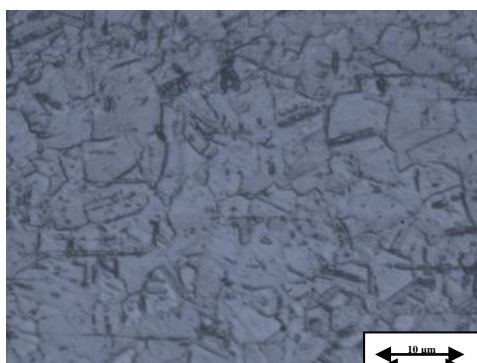
یافته ها

شکل ۱ ریز ساختار فولاد را پس از آنیل محلولی نشان می دهد. ریز ساختار شامل ساختار تکفاز آستنیت است.

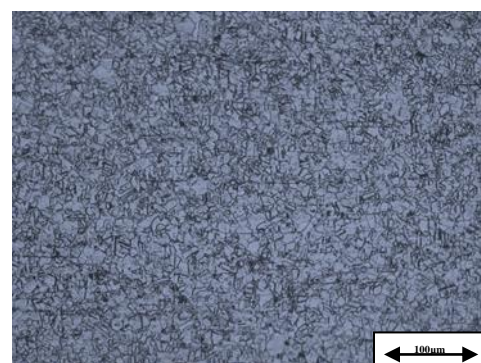


شکل ۱. ریز ساختار آلیاژ پس از آنیل محلولی

شکل ۲ ریز ساختار آلیاژ را پس از ۲۰ درصد کاهش سطح مقطع نشان می دهد. تشکیل مارتنزیت متاثر از کار سرد، با سرعت کمی افزایش یافته که در تصویر قابل مشاهده است.

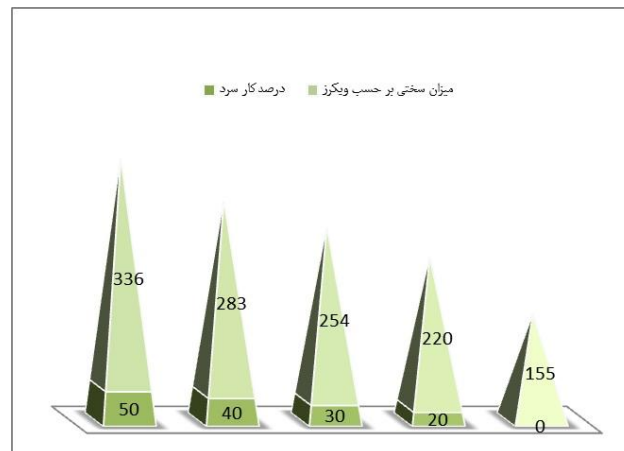


(ب) بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر



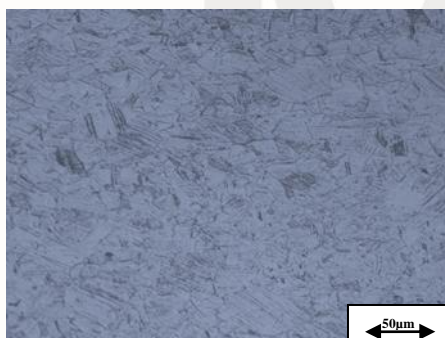
شکل ۲- (الف) بزرگنمایی ۱۰۰ میکرومتر

شکل ۳ تغییرات سختی را بر حسب میزان کارسرد مختلف نشان می دهد با افزایش میزان کرنش، سختی افزایش می یابد.

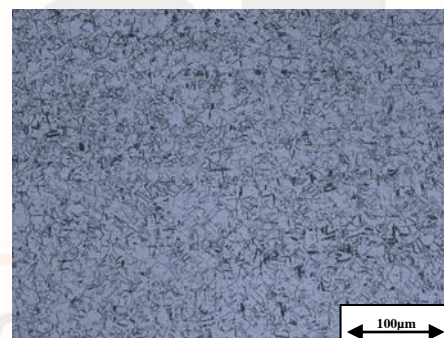


شکل ۳- تغییرات سختی بر حسب میزان کارسرد

شکل ۴ ریزساختار راپس از ۳۰ درصد کاهش در سطح مقطع، نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود ریز ساختار فاز آستنیت، در مرز و درون دانه ها فازهای تیغه ای شکل مارتنزیت دیده می شود.

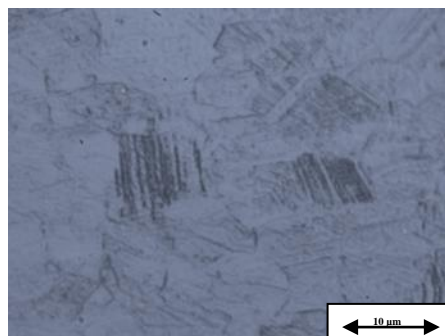


(ب) بزرگنمایی ۵۰ میکرومتر

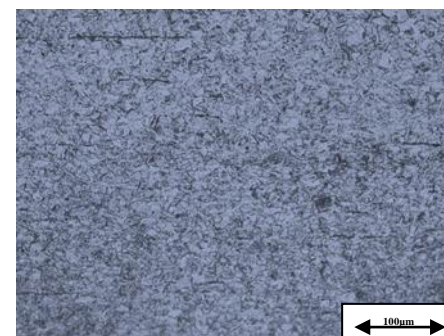


شکل ۴- (الف) بزرگنمایی ۱۰۰ میکرومتر

شکل ۵ ریزساختار راپس از ۴۰ درصد کاهش در سطح مقطع نشان می دهد. یکی از عوامل مهم در افزایش مارتنزیت در فولاد مورد بررسی ریز کردن یعنی افزایش تعداد دانه ها و افزایش مرز دانه ها می باشد.

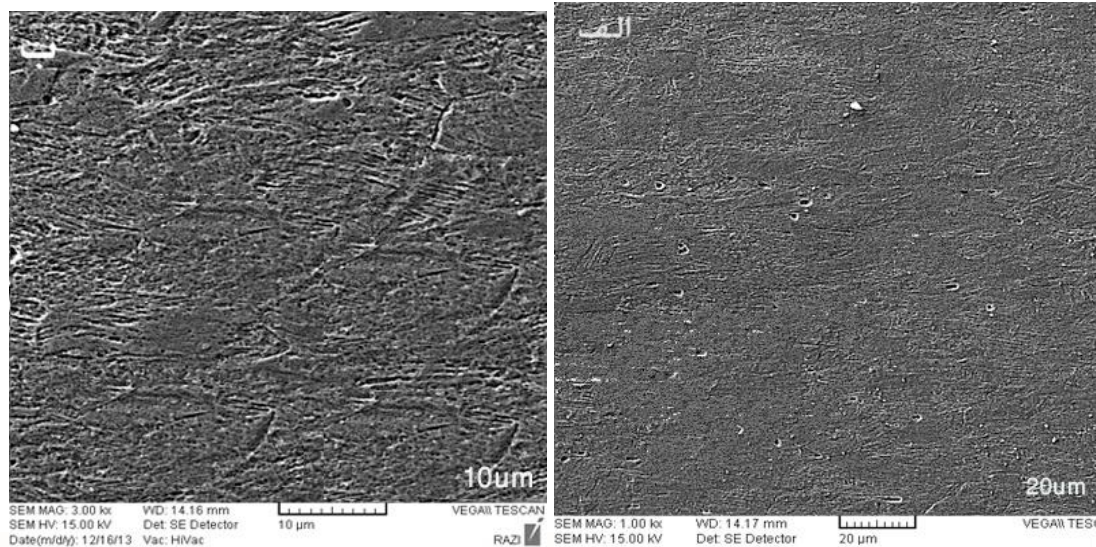


(ب) بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر



شکل ۵- (الف) بزرگنمایی ۱۰۰ میکرومتر

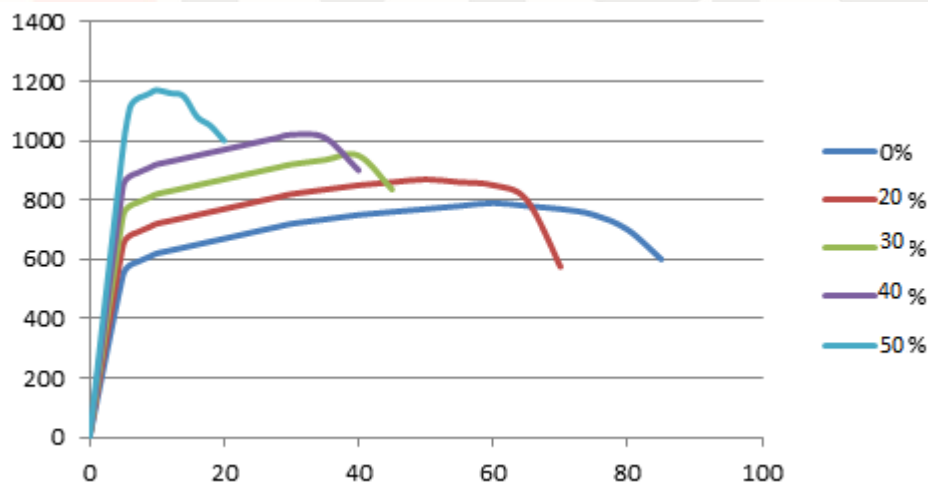
شکل ۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) راپس از ۵۰ درصد کاهش در سطح مقطع نشان می‌دهد.



ب) بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر

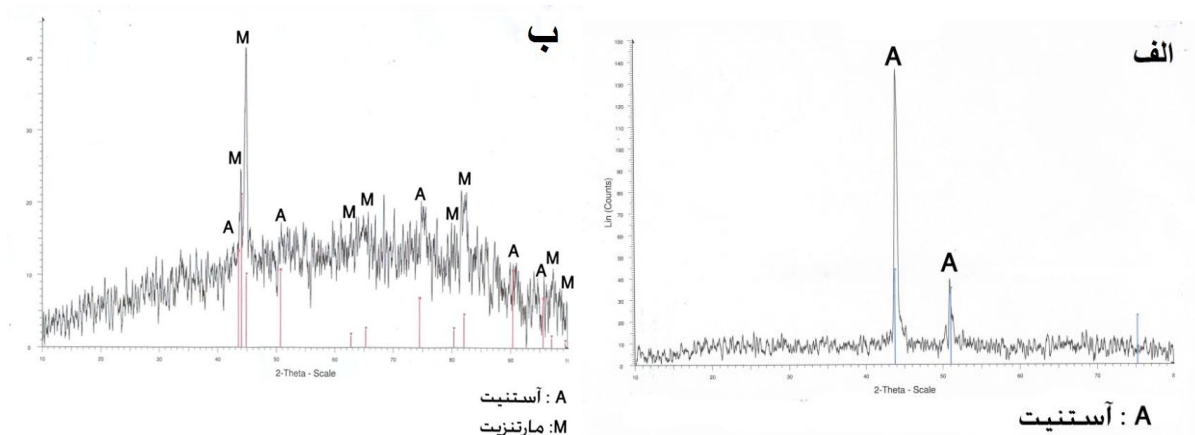
شکل ۶-الف) بزرگنمایی ۲۰ میکرومتر

شکل ۷ منحنی تنش - کرنش فولاد پژوهش حاضر، پس از ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، درصد کاهش سطح مقطع و نمونه خام را نشان می‌دهد. افزایش کرنش اعمالی باعث افزایش نابجاییها و مارتنزیت ناشی از کرنش می‌شود، این امر باعث افزایش استحکام کششی و تنش تسلیم در فولاد مورد تحقیق می‌شود.



شکل ۷ - نمودار تنش و کرنش مهندسی نمونه خام و کاهش سطح مقطع یافته

استحکام تسلیم و کششی نمونه خام به ترتیب ۵۸۲ و ۷۸۵ مگا پاسکال و استحکام کششی نهایی نمونه ۵۰ درصد کارسرد شده ۱۱۴۷ مگا پاسکال بوده که این افزایش استحکام ناشی از ساختار مارتنزیتی نمونه پس از کار سرد نسبت به ساختار آستنیتی نمونه خام می‌باشد. شکل ۸ الگوی تفرق اشعه ایکس نمونه خام و ۵۰ درصد کارسرد شده را نشان می‌دهد. با بررسی دقیق تر مشاهد می‌شود با ایجاد کرنش در فولاد ۳۰۴ پیکهای مارتنزیت ایجاد می‌شوند.



شکل ۸ - الف) طیف اشعه X نمونه خام

ب) طیف اشعه X نمونه ۵۰ درصد کاهش سطح مقطع

بحث

ابتدا نمونه ها در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت پنج ساعت تحت عملیات آنیل محلولی قرار گرفتند و سپس در آب سرد شدند، هدف از این عملیات آزاد کردن و کاهش تنشهای داخلی ناشی از کار مکانیکی قبلی و انحلال کاربیدها بوده است.

تصویر شماره (۱) ریز ساختار نمونه خام فولاد زنگ‌نزن ۳۰۴ مورد پروژه را در شرایط آنیل نشان می‌دهد همانطور که ملاحظه می‌شود، ساختار شامل دانه های آستنیت هم محور و میزان زیادی دوقلویی در زمینه می‌باشد.

تصویر شماره (۲) ریز ساختار ۲۰ درصد کاهش سطح مقطع یافته فولاد زنگ‌نزن ۳۰۴ می‌باشد. همانگونه که ملاحظه می‌شود ریز ساختار فاز آستنیت با مقداری دوقلویی به همراه مقدار ذرات ریز کاربیدی و فازهای تیغه‌ای شکل در مرز دانه‌ها دیده می‌شود.

تصویر شماره (۳) نمودار افزایش سختی بر حسب میزان کرنش حقیقی را نشان می‌دهد. افزایش میزان کرنش اعمالی باعث افزایش دانسیته نابجایی ها و مارتنزیت ناشی از کرنش می‌شود.

با مقایسه شکل ۲ و ۴ افزایش مارتنزیت قابل مشاهده است و این موضوع افزایش قابل توجه سختی را به دنبال دارد که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، این افزایش مقدار سختی مربوط به افزایش دانسیته نابجایی‌ها و همچنین افزایش میزان فاز مارتنزیت ناشی از کرنش در حین افزایش کاهش سطح مقطع می‌باشد. شکل ۵ نیز ریز ساختار آلیاژ را پس از ۴۰ درصد کاهش سطح مقطع نشان می‌دهد با توجه به منحنی تغییرات سختی در شکل ۳، نرخ سخت شدن بالای این فولاد در پاس های اولیه کشش قابل مشاهده است، در میزان کاهش سطح مقطع ۲۰ درصد، افزایش قابل ملاحظه ای نداشته زیرا که نیرو محرکه برای تبلور مجدد وجود ندارد و یا کار سرد انجام شده کمتر از حد بحرانی است. در میزان کاهش سطح مقطع ۴۰ درصد، سختی افزایش یافته است.

با افزایش کار سرد، فاز مارتنزیت در فولاد مورد تحقیق بطور پیوسته افزایش می‌یابد، که نشان دهنده آن است که با افزایش تغییر فرم پلاستیک فاز شبه پایدار آستنیت، بطور پیوسته به فاز مارتنزیت تبدیل می‌شود. برگمن^۶ براساس تحقیقات انجام داده و تجزیه و تحلیل اشعه X رابطه زیر را بعنوان میزان پایداری فاز آستنیت S بر حسب ترکیب شیمیایی تعریف کرده است [۷].

$$S=Ni+0/68Cr + 0/55Mn +0/45 Si+27(C+N) \quad (\text{رابطه ۱})$$

میزان پایداری فاز آستنیت S بر حسب ترکیب شیمیایی برای فولاد زنگ‌زن مورد تحقیق ۲۳/۵۱ محاسبه شده است. در فولادهای زنگ زن هر چه عناصر آلیاژی بیشتر باشد باعث پایداری بیشتر آستنیت می‌شود. این پایداری باعث می‌شود که در اثر تغییر فرم، مارتنزیت یا خیلی کم ایجاد شود یا اصلاً ایجاد نشود. مقدار مارتنزیت در نمونه ۵۰ درصد کاهش سطح مقطع یافته به میزان ۴۵ درصد محاسبه شده است که پیک‌های مارتنزیت به خوبی در شکل ۸ دیده می‌شود.

نتیجه گیری

- ۱- در مراحل اولیه کار سرد میزان مارتنزیت ناشی از کرنش با سرعت کمی افزایش می‌یابد و در ادامه کارسرد تا ۵۰ درصد میزان مارتنزیت ناشی از کرنش با سرعت زیادی افزایش می‌یابد.
- ۲- افزایش سختی ناشی از کاهش سطح مقطع مربوط به افزایش دانسیته نابه‌جایی‌ها و افزایش میزان فازمارتنزیت ناشی از کرنش می‌باشد.
- ۳- استحکام کششی نهایی نمونه‌ی ۵۰ درصد کار سرد شده ۱۱۴۷ مگاپاسکال تقریباً ۲ برابر استحکام کششی نمونه‌ی خام ۷۸۵ مگاپاسکال می‌باشد که این افزایش استحکام ناشی از ساختار مارتنزیتی نمونه پس از کارسرد نسبت به ساختار آستنیتی نمونه خام می‌باشد.
- ۴- حداقل بیش از ۱۰ درصد کاهش سطح مقطع برای شروع استحاله مارتنزیت از آستنیت در آلیاژ مورد تحقیق، مورد نیاز است.

منابع و مراجع

- [1]. Padilha A. F., Plaut R. L., Rios P. R., (2003). "Annealing of Cold-worked Austenitic Stainless Steels", "ISI International", Vol. 43, No. 2, pp. 135-143.
- [2]. Davis J.R., (1999). "ASM Special Handbook of Stainless Steel", 3th edition, Asm International Handbook Committee, Materials park, pp. 12-16.
- [3]. Spencer. k, Embury. J.D, Conlon K.T, Veron, M and Brechet, Y., (2004). "Strengthening Via the Formation of Strain-Induced Martensite in Stainless Steel", Mat. Sci. Eng., 387, pp 873-881.
- [4]. Magngonon P.L. and thomas G., (2002). "fine Structure of Austenite Produced by Reverse Martensitic Transformation", Acta. Metal. 11, pp 499-509.
- [5]. Seetharaman V and Krishnan, R Mater J Sci, (1992)
- [6]. Milad. M, Zreiba, N. Elhalouani, F, Baradai. C., (2008) " The Effect of cold work on structure and properties of AISI 304 stainless steel", Journal Of Materials Processing Technology 203, 80-85.
- [7]. Spencer K, Embury J.D, Conlon K.T., Véron .M, Bréchet Y., (2004) " Strengthening via the formation of strain-induced martensite in stainless steels" Materials Science and Engineering: A 387, 873-881.