

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



Effect of heat treatment on mechanical properties of steel AISI431

Paper Presenter: saeid forghani

Saeid forghani¹, Ali Shafyei², Mohammad Ali Soltani³, Reza baradaran⁴.

1,2- Isfahan University of Technology

3,4- Isfahan Alloy Steel Complex

Corresponding Author's E-mail, s.forghani@ma.iut.ac.ir

Abstract

Stainless steels are one type of steels that have good corrosion resistance and mechanical properties. The stainless steels have a lot of application in industries such as ball bearings, surgical instruments, turbine blades, manufacturing equipment such as tanks or pipelines. Using steel in industrial applications requires proper selection of heat treatment parameters. One of the martensitic stainless steel is the AISI431 steel, with more than 12% chromium produces in Isfahan Alloy Steel Complex. Due to martensitic stainless steels are more sensitive to heat treatment cycles, so, cycles of heat treatment of the steel must be properly identified. In this study, tensile and impact specimens at temperatures of 950° C, 1050° C, 1150° C and 1250° C are kept in for 1, 2 and 3 hours, then quenched in oil. Double tempering treatment at 660 and 650 °C have been done for two hours. Effect of heat treatment on mechanical properties and microstructure of the steel AISI431 was studied and the results were achieved. The showed that the highest tensile strength and impact energy were obtain respectively for heat treated samples at 1250°C and 1050°C, for one and two hours.

Keywords: Martensitic stainless steel AISI431, Heat treatment, tensile strength, impact energy.

¹ Graduate student at the Faculty of Materials Engineering, Isfahan University

² Associate Professor, Department of Materials Engineering, Isfahan University

³ MA of alloy steel

⁴ MA of alloy steel

تأثیر عملیات حرارتی بر خواص مکانیکی فولاد AISI431

ارایه دهنده مقاله: سعید فرقانی^۱

سعید فرقانی^۱، علی شفیعی^۲، محمدعلی سلطانی^۳ و رضا برادران^۴

۱ و ۲- دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشکده مهندسی مواد

۳ و ۴- شرکت فولاد آلیاژی اصفهان

ایمیل مسئول مقاله: s.forghani@ma.iut.ac.ir

چکیده

فولادهای زنگ نزن گروهی وسیعی از فولادها می باشند که علاوه بر خواص مکانیکی مناسب از مقاومت به خوردگی خوبی نیز برخوردارند. این فولادها در والوها، بلبینگ ها، وسایل جراحی، تیغه های توربین، در ساخت تجهیزات ماندتاک ها، یا خطوط لوله کاربرد وسیعی دارند. به کارگیری فولادها در کاربردهای صنعتی مستلزم انتخاب صحیح پارامترهای عملیات حرارتی است. یکی از انواع فولاد های زنگ نزن مارتنزیتی فولاد AISI431 می باشد که با بیش از ۱۲ درصد کروم در شرکت فولاد آلیاژی اصفهان تولید می شود. اگرچه این فولاد تحت سیکل های عملیات حرارتی مختلف قرار گرفته است و نتایج مطلوبی نیز داشته است ولی به دلیل اینکه فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی بیش از فولادهای ساده کربنی و کم آلیاژی به سیکل عملیات حرارتی حساس می باشند، بایستی محدوده سیکل عملیات حرارتی این فولاد به خوبی شناسایی شود. در این پژوهش نمونه های کشش و ضربه در دماهای ۹۵۰، ۱۰۵۰، ۱۱۵۰ و ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد و در زمان های ۱، ۲ و ۳ ساعت آستنیته شدند و در روغن سرد شدند. عملیات تمپر دو مرحله ای در دمای ۶۶۰ و ۶۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۲ ساعت انجام شد. تأثیر عملیات حرارتی بر روی خواص مکانیکی و ساختار میکروسکوپی فولاد AISI431 مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و مشخص شد بیشترین استحکام کششی و انرژی ضربه به ترتیب برای نمونه عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۵۰ و ۱۰۵۰ و به مدت زمان ۱ و ۲ ساعت حاصل شد.

واژه های کلیدی: فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI431، عملیات حرارتی، استحکام کششی، انرژی ضربه.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ دانش یار دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳ کارشناس ارشد فولاد آلیاژی اصفهان

^۴ کارشناس ارشد فولاد آلیاژی اصفهان

مقدمه:

فولادهای زنگ نزن گروهی وسیعی از فولادها می‌باشند که علاوه بر خواص مکانیکی مناسب از مقاومت به خوردگی خوبی نیز برخوردارند. فولادهای زنگ نزن به انواع گوناگونی تقسیم می‌شوند که در این بین فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی مقاومت مکانیکی بالاتری نسبت به انواع فریتی و آستنیتی از خود نشان داده‌اند. بنابراین در مواقعی که نیاز به خواص مکانیکی مطلوب همراه با مقاومت به خوردگی لازم باشد فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی می‌توانند جوابگو باشند (محسنی و زارعی، ۱۳۸۰). افزودن کرم به فولاد باعث تشکیل لایه چسبنده اکسیدی شده و مقاومت قطعه به خوردگی و اکسیداسیون افزایش می‌یابد. فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی با مقادیر مناسب کرم و کربن و عناصر دیگر پس از سرد کردن براحته ساختار مارتنزیتی خواهند داشت (طاهری، ۱۳۸۰). نیاز به خواص برتر کاربردهای خاص (به عنوان مثال مولد بخار، تیغه‌های مخلوط کن، و ابزار مورد نیاز برای استخراج نفت، مخازن تحت فشار و غیره) به تحقیقات گسترده‌ای در بهبود عملکرد از این فولاد منجر شده است. عملیات حرارتی به عنوان یکی از بهترین راه در این زمینه توصیه می‌شود. از این رو اثرات دما و زمان آستنیت‌ه بر روی ریزساختار، خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی مورد مطالعه قرار گرفته است. این فولادها در الوها، بلبرینگ‌ها، وسایل جراحی، تیغه‌های توربین، در ساخت تجهیزات مانند تانک‌ها، یا خطوط لوله کاربرد وسیعی دارند (ساعتچی، ۱۳۸۲؛ نصرافهانی، ۱۳۹۰). در سال ۱۹۱۲، فولاد با درصد کرم بالا به عنوان فولادهای مقاوم به خوردگی شناسایی شد. از این زمان کرم به عنوان مهمترین عنصر آلیاژی در فولادهای زنگ نزن به کار گرفته شد (گل‌عذار، ۱۳۸۴). یکی از انواع فولاد های زنگ نزن مارتنزیتی فولاد ۱/۴۰۵۷ می باشد که با بیش از ۱۲ درصد کرم در شرکت فولاد آلیاژی اصفهان تولید می شود. اگرچه این فولاد تحت سیکل های عملیات حرارتی مختلف قرار گرفته است و نتایج مطلوبی نیز داشته است (کابالپرو و آلواریز، ۲۰۰۳). ولی به دلیل اینکه فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی بیش از فولادهای ساده کربنی و کم آلیاژی به سیکل عملیات حرارتی حساس می باشند، بایستی محدوده سیکل عملیات حرارتی این فولاد به خوبی شناسایی شود و فرایندهای مختلف آنیل، آستنیت‌ه کردن، سرد نمودن و تمپر با دقت و حساسیت بالایی بر روی این فولادها صورت پذیرد (گل‌عذار، ۱۳۸۴). با توجه به عناصر موجود در این آلیاژ، کنترل دقیق عملیات حرارتی برای تشکیل یک ساختار کاملاً مارتنزیتی، بدون تشکیل فریت دلتا و آستنیت باقیمانده ضروری است. بسته به نوع ترکیب و تاریخچه فرایند، فولاد زنگ نزن مارتنزیتی شامل مارتنزیت، کاربیدهای حل نشده و فریت می باشد. بنابراین، برای ترکیب داده شده از فولاد، استحکام و مقاومت در برابر خوردگی به طور کامل به مقدار کربن و دیگر عناصر آلیاژی موجود در آستنیت بستگی دارد. به طور کلی، در فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی متوسط کربن، کربن تا بیش از ۰/۲ درصد وزنی، کاملاً حل می شود. با این حال، باید از رشد دانه، دکربوراسیون و آستنیت باقی مانده اجتناب شود. علاوه بر این، وجود تنش باقی مانده به وضوح می تواند خواص مکانیکی و خوردگی را خراب کند. استفاده از درجه حرارت تمپر مناسب می تواند تنش را کاهش دهد و تجزیه کاربیدهای جدید را باعث می شود (لیولا، ۱۹۸۶). بنابراین، آنچه مشخص است، خواص در فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی به شدت به دمای تمپر و عملیات آستنیت‌ه کردن وابسته است. از آنجایی که فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی بیش از فولادهای ساده کربنی و کم آلیاژی به سیکل عملیات حرارتی حساس می باشند، لذا هنوز سیکل مناسب برای این نوع فولادها تعریف نشده است و بنابراین بایستی محدوده سیکل عملیات حرارتی این فولاد به خوبی شناسایی شود و فرایندهای مختلف آنیل، آستنیت‌ه کردن، سرد نمودن و تمپر با دقت و حساسیت بالایی بر روی این فولادها صورت پذیرد. در این پژوهش تاثیر پارامترهای مختلف عملیات حرارتی آستنیت‌ه کردن و سپس کونچ کردن بر روی خواص مکانیکی و ساختار میکروسکوپی فولاد ۱/۴۰۵۷ (AISI431) تولید فولاد آلیاژی اصفهان مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

پیشینه پژوهش

گارسيا دآندرس، کارونا و آلوارز (۱۹۹۸) نشان دادند که در فولاد زنگ نزن مشابه افزایش دمای آستنیت کردن، کاربیدهای از ۹/۹ درصد به ۶/۶ درصد کاهش یافته است. افزایش قابل توجه استحکام ناشی از انحلال کاربید M23C6 در زمینه که سبب افزایش میزان فوق اشباع کربن و اعوجاج شبکه مارتنزیت، همراه با مقدار از مرزهای دوقلو و نابجایی در ساختار است. مینگ لئورا نشان داد بیشترین سختی در ۱۱۱۴ درجه سانتیگراد حاصل می شود. کاهش سختی در دمای بیشتر از ۱۱۱۴ درجه سانتیگراد به دلیل انحلال بیشتر کاربیدها در آستنیت است. همچنین، این افزایش دما به مانند افزایش زمان آستنیت شده، سبب کاهش دمای Ms و افزایش آستنیت باقیمانده می شود. پارک (۲۰۰۷) معتقد است که مقدار آستنیت باقیمانده با توجه به افزایش دمای آستنیت و نرخ سرد کردن، به دلیل کاربیدهای حل شده و افزایش حجم اتم کربن در ماتریس، افزایش یافته است. بررسی دما و زمان مناسب آستنیت توسط چندین محقق بررسی شده است. کالریا ماکزیم سختی فولاد N320 پس از آستنیت کردن در دمای ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد و کونچ، گزارش کرد. تاواریس، محدوده ۹۸۰-۱۱۰۰ درجه سانتیگراد، پیندو محدوده دمای آستنیت ۹۵۰-۱۱۵۰ را برای این فولاد، پیشنهاد کرد. لاتروب ماکزیم سختی ۶۶۰hv و کمترین آستنیت باقی مانده را پس از کونچ در هوا از دمای آستنیت ۱۰۲۵ درجه سانتیگراد گزارش کرد (دش و اوتی، ۲۰۰۲). لی، یینب، پینگ وسونگا (۲۰۱۰) نشان داد که تمپر دو مرحله ای نسبت به تمپر تک مرحله ای از استحاله کمتری برخوردار است. به طور مثال انجام دو عملیات تمپر دو ساعته نسبت به تمپر تک مرحله ای در یک دما، کاهش فاز آستنیت باقی مانده بیشتری را به همراه دارد. این امر هم به کاهش احتمال بروز تردی مارتنزیت تمپر شده و هم به افزایش یکنواختی بیشتر ساختار می شود و لذا انرژی ضربه افزایش می یابد.

روش پژوهش

مواد و فرایندهای اولیه

در این پژوهش فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI 431 مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. ترکیب شیمیایی این فولاد در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI ۴۳۱ (بر حسب درصد وزنی).

عنصر	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Fe
درصد وزنی	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۴۴	۱۵/۲۵	۰/۱	۲/۰۲	Bal.

فولاد سازی این فولاد توسط کوره قوس الکتریکی که شامل عملیات فسفر زدایی، اکسیژن زدایی، گوگرد زدایی و افزودن فروآلیاژها، به منظور تنظیم ترکیب شیمیایی، انجام شد. در مرحله بعد تولید مجدد شمش با استفاده از ذوب قطره ای الکتریکی^۱ صورت پذیرفت. پس از آهنگری، شمش تحت عملیات دو تمپر در دماهای ۶۶۰ و ۶۵۰ درجه سانتیگراد به مدت دو ساعت قرار گرفت. سپس نمونه های استاندارد کشش و ضربه عرضی از بلوک های که از سطح دیسک توسط اهری نواری برش داده شده بود، انتخاب شد. در نهایت نمونه های کشش به صورت نیمه تمام و نمونه های ضربه به صورت تمام شده آماده سازی شد. خواص مکانیکی نمونه خام این فولاد مطابق جدول ۲ است.

¹ ESR

جدول ۲- خواص مکانیکی نمونه خام

درصد کاهش سطح	درصد ازدیاد طول	استحکام شکست (مگاپاسکال)	استحکام کششی (مگاپاسکال)	انرژی ضربه (ژول)	سختی (برینل)
۴۳	۱۷/۱	۷۱۳/۶	۸۷۶/۹	۱۲/۹	۲۷۱

عملیات حرارتی

جهت عملیات حرارتی، نمونه های کشش و ضربه با نرخ گرمایشی ۱۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه تا دماهای ۱۱۵۰، ۱۰۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت زمان ۳۰، ۲۰ و ۱۰ ساعت نگهداری شد. کوره عملیات حرارتی یک کوره ی اتمسفری ساخت کشور آلمان با برند نوبرترم^۱ می باشد که در آزمایشگاه دانشگاه صنعتی مالک اشتر شاهین شهر موجود است. ضمناً به منظور جلوگیری از اکسید شدن نمونه ها، از اتمسفر حاوی گاز آرگون استفاده شد. محدوده دمای کاری آن از ۱۴۰۰-۳۰ درجه سانتیگراد با قابلیت برنامه ریزی مختلف برای انجام عملیات حرارتی می باشد. در این تحقیق نمونه های برش یافته را در داخل کوره قرار داده و طبق برنامه دمایی و زمانی مشخص آن ها را عملیات نمودیم. در نهایت نمونه ها در روغن با دمای محیط سرد شد. نمونه ها تحت عملیات تمپر دو مرحله ای در دمای ۶۶۰ و ۶۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۲ ساعت قرار گرفت و سپس در هوا سرد شد.

آزمون های مکانیکی

آزمون کشش در دمای محیط بر روی نمونه های عملیات حرارتی شده مطابق با استاندارد DIN 250125 با نرخ ۴ میلیمتر بر دقیقه توسط دستگاه کشش انجام گرفت. همچنین آزمون ضربه شیاری مطابق استاندارد E10045 بر روی نمونه های انجام گرفت. عملیات سختی سنجی با استفاده از دستگاه سختی امکو (Emco) بر روی مقطع نمونه های کشش (عملیات شده)، در واحد برینل با نیروی اولیه ۱۰ کیلوگرم صورت گرفت. در هریک از حالت ها، آزمایش ضربه سه بار و سختی سنجی ۴ مرتبه بروی نمونه ها انجام شد و متوسط این نتایج به عنوان نتیجه گزارش شد.

متالوگرافی

در ادامه با انجام آماده سازی نمونه ها و انجام فرآیند اچ ساختار حاصل از عملیات حرارتی بررسی شد. برای بررسی ساختار نمونه های فولادی AISI431 پس از عملیات سنباده زنی با سنباده ها ۱۸۰، ۲۴۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ و پولیش نمونه ها بر روی صفحه پولیش و با استفاده از مواد ساینده از جنس Al_2O_3 و خمیر الماسه ۱ میکرون، انجام شد. از محلول اچ ویلا (شامل ۱۰۰ میلی لیتر اتانول، ۵ میلی لیتر هیدروکلریک اسید، ۱ گرم اسید پیکریک) برای نمایان ساختن ساختار استفاده شد. همچنین به منظور آشکار سازی فریت از محلول الکترواچ (شامل ۱۰۰ گرم پتاسیم هیدروکسید و ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر) با ولتاژ ۱/۵ ولت و به مدت ۵ دقیقه، استفاده شد.

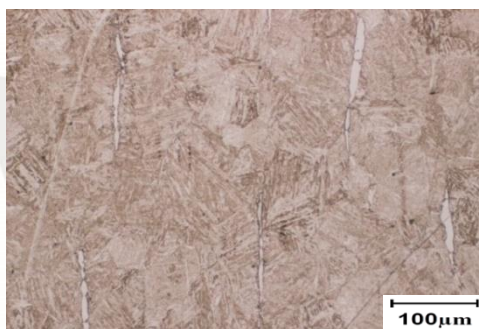
^۱ - Nober Therm1

نتایج و بحث

در این بخش ابتدا ساختار میکروسکوپی فولاد مورد مطالعه، در حالت خام ارزیابی شد و سپس تاثیر دما و زمان آستنیت‌ه بر ساختار و خواص مکانیکی (استحکام کششی، انرژی ضربه و سختی) بررسی شده است.

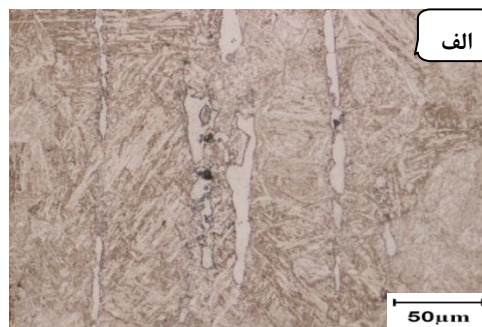
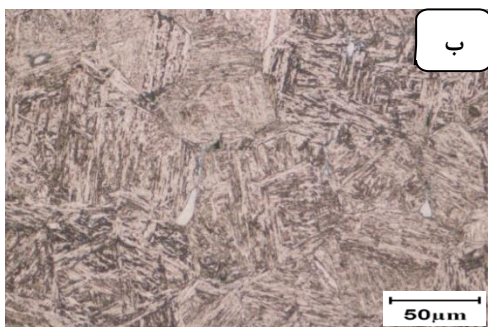
بررسی ساختار میکروسکوپی فولاد AISI431 در حالت خام

پس از اچ کردن، ریزساختار نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ تصویر میکروسکوپی از مقطع طولی شمش فولاد AISI431 که با محلول اچ ویلا اچ شده است را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ریزساختار شامل مارتنزیت و فریت دلتا است.



شکل ۱- تصویر میکروسکوپی نوری از ریز ساختار اولیه فولاد AISI431 در بزرگنمایی X100 با محلول اچ ویلا

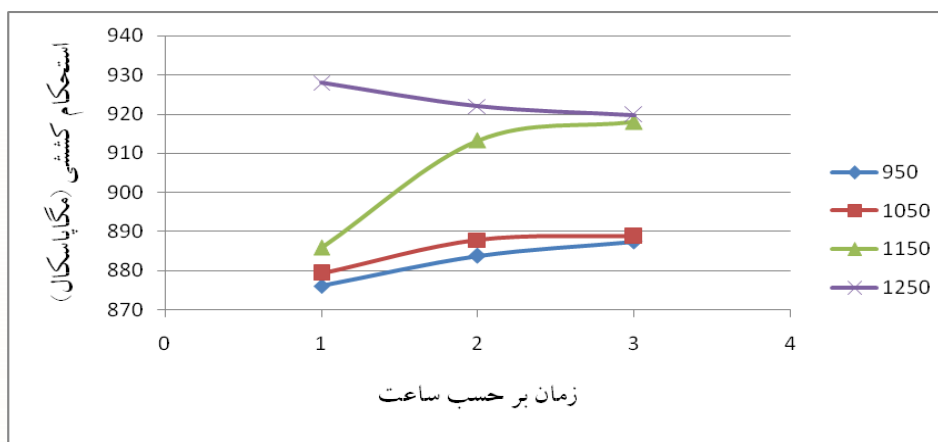
در شکل ۲ ساختار میکروسکوپی این فولاد در عرض و طول دیسک‌ها با هم مقایسه شده است. شکل ۲ نشان می‌دهد که فریت دلتا در جهت طولی شمش کشیده شده است و در تصویر عرضی تنها مقطعی از فریت دلتا آشکار می‌شود. بنابراین به منظور دست‌یابی به نتیجه بهتر، جهت متالوگرافی نمونه‌های عملیات حرارتی از مقطع طولی نمونه‌ها، تصویر برداری شد.



شکل ۲- تصویر میکروسکوپی از ریز ساختار اولیه فولاد AISI431 در بزرگنمایی X200 با محلول اچ ویلا. الف) مقطع طولی. ب) مقطع عرضی

خواص مکانیکی

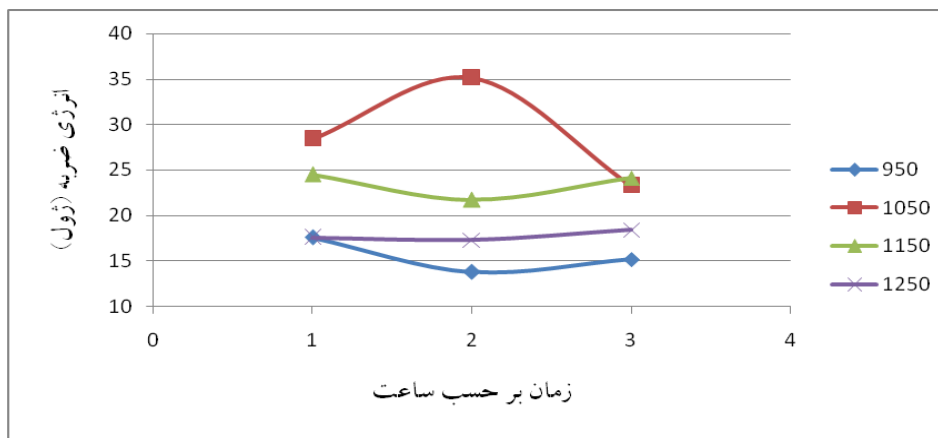
استحکام کششی نمونه ای که از شمش حاصل شده بود (نمونه خام)، ۸۷۶ مگاپاسکال بدست آمد. با توجه به نتایج حاصل از تست کشش (شکل ۳) مشخص شد با افزایش دما و زمان آستنیت‌ه کردن استحکام کششی افزایش می‌یابد. اما در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد با افزایش زمان استحکام کششی فولاد کاهش یافته است. بنابراین بیشترین استحکام کششی برای دمای آستنیت‌ه ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد و برای مدت زمان یک ساعت بدست آمد.



شکل ۳- نمودار استحکام کششی بر حسب دما برای زمان‌های مختلف

نتایج مربوط به انرژی ضربه نمونه‌ها در شکل ۴ آورده شده است. انرژی ضربه نمونه خام ۱۳ ژول بدست آمد. این در حالی است که بیشترین انرژی ضربه مربوط به نمونه عملیات حرارتی شده در دمای ۱۰۵۰ و به مدت ۲ ساعت است.

پس از متالوگرافی از سطح نمونه‌ها، سختی گرفته شد. سختی نمونه خام ۲۷۱ برینل می‌باشد در حالیکه سختی نمونه‌های عملیات حرارتی شده در شکل ۵ ارائه شده است. به طور کلی سختی نمونه‌ها نسبت به نمونه خام افزایش یافت. البته باید توجه کرد این افزایش سختی در نمونه آستنیت‌ه شده در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد محسوس‌تر است.



شکل ۴- نمودار انرژی ضربه بر حسب زمان برای دماهای مختلف



شکل ۵- نمودار سختی بر حسب زمان برای دماهای مختلف

تجزیه و تحلیل داده ها

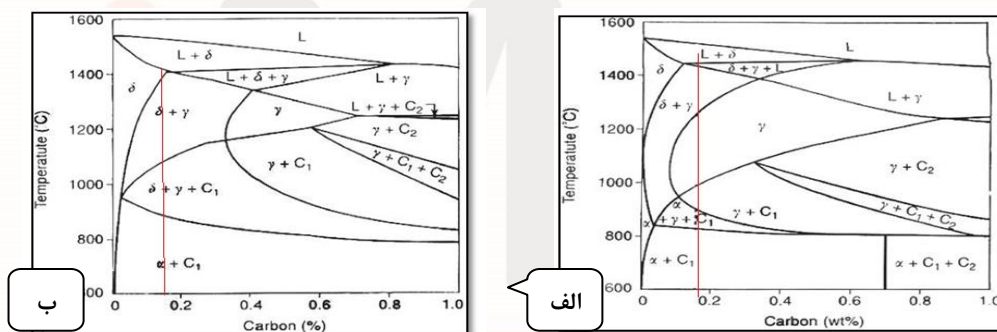
میکروساختار

برای نشان دادن اثر دما در سیستم سه‌تایی Fe-Cr-C از نمودارهای شبه دوتایی استفاده می‌شود. نمودار شبه دوتایی با ۱۳٪ کروم و با کربن متغیر شکل (۶-الف) نشان داده شده است. این نمودار برای توضیح تعادل فازی در فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی با حدود ۱۳٪ کروم (مانند ۴۲۰) استفاده می‌شود. نمودار شبه دوتایی با ۱۷٪ کروم نیز در شکل (۶-ب) نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش کروم حدود ۴٪ منطقه پایداری آستنیت در دمای بالا کاهش و منطقه پایداری فریت گسترش یافته است. نمودار شبه دوتایی با ۱۷٪ کروم برای تشریح تعادل فازی در فولادهای زنگ نزن با حدود ۱۷٪ کروم و مقادیر کم کربن (مانند ۴۳۰) به کار می‌رود. با توجه به شکل با افزایش دما منطقه پایداری فاز فریت دلتا گسترش می‌یابد (لیپولد و کوتکی، ۲۰۰۵). در شکل ۷ میزان فریت دلتا در دمای

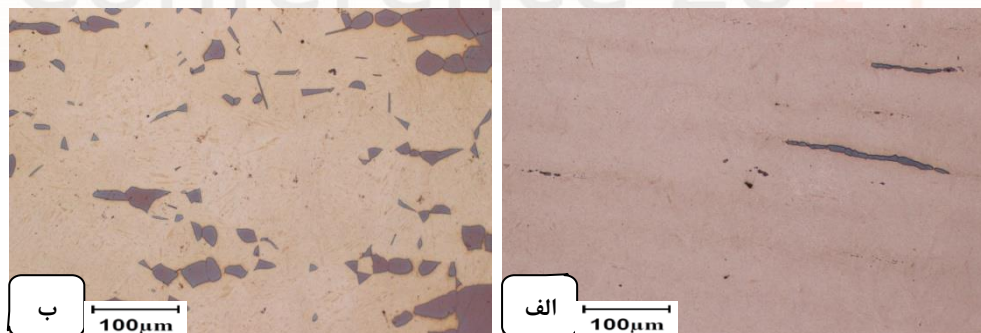
۹۵۰ و ۱۲۵۰ نشان داده شده است. افزایش فریت دلتا در دمای ۱۲۵۰ به خوبی قابل لمس است. همچنین با گذشت زمان میزان این فاز افزایش یافته است (شکل ۸).

خواص مکانیکی

با توجه به نتایج تست کشش مشخص شد با انجام عملیات حرارتی، استحکام کششی نمونه‌ها افزایش یافته است. این افزایش استحکام به دلیل حصول مارتنزیت یکنواخت، انحلال و توزیع مناسب کاربیدها، همگن شدن ساختار نسبت داد. همچنین با افزایش دما، اندازه دانه‌ها افزایش می‌یابد در نتیجه میزان مرز دانه کمتر می‌شود و از طرفی نرخ تشکیل کاربیدها کمتر می‌شود لذا پس از کونچ زمینه مارتنزیتی کربن بیشتری دارد. همه این عوامل کمک می‌کند تا سختی و استحکام نمونه‌ها افزایش یابد. بیشترین استحکام و سختی به ترتیب، مربوط به نمونه‌ای است که دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۱ و ۲ ساعت نگهداری شده است.



شکل ۶ نمودار شبه دوتایی با الف) ۱۳٪ کروم و ب) ۱۷٪ کروم.



شکل ۷- تصویر میکروسکوپی نوری از ریز ساختار فولاد AISI431 در بزرگنمایی X100 با محلول الکتروچ پتاسیم هیدروکسید. الف) در دمای ۹۵۰ و زمان یک ساعت. ب) در دمای ۱۲۵۰ و زمان سه ساعت.

در دمای کمتر از ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد با افزایش زمان استحکام نمونه به دلیل یکنواختی ساختار افزایش یافته است اما در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد با افزایش زمان استحکام کششی نمونه ها کاهش پیدا می کند. با افزایش زمان در دمای بالا دانه های آستنیت به شدت درشت می شوند و باعث می شود که جوانه زنی فریت که در دمای بالا بر روی مرز آستنیت انجام می شود به درون دانه های آستنیت رسوخ کند و بدین ترتیب فرم سوزنی شکل یا صفحه ای فریت در ساختار ظاهر شود که این امر منجر به کاهش استحکام می شود.

انرژی ضربه نمونه خام ۱۲/۹ ژول به دست آمد. به طور کلی با انجام عملیات حرارتی انرژی ضربه فولاد AISI431 افزایش یافته است. انجام عملیات حرارتی از یک طرف منجر به کاهش کسر حجمی کاربیدها می شود که این امر افزایش انرژی ضربه فولاد را به همراه دارد اما از طرف دیگر عملیات حرارتی در زمان و بخصوص در دمای بالا منجر به تشکیل فاز فریت دلتا می شود و چون با تشکیل این فاز پیوستگی و چسبندگی مناسب بین فریت و زمینه مارتنزیتی حاصل نمی شود لذا انرژی ضربه کاهش می یابد. تقابل این دو عامل منجر به این شد که نمونه عملیات حرارتی شده در دمای ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت زمان ۲ ساعت، بیشترین انرژی ضربه را داشته باشد.

نتیجه گیری:

- ۱- با افزایش دما و زمان میزان فریت دلتا افزایش می یابد. همچنین فریت دلتا در جهت مقطع طولی شمش رشد می کند.
- ۲- با افزایش دمای آستنیت از ۹۵۰ تا ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد انرژی ضربه از ۱۳ ژول به ۳۵ ژول افزایش می یابد اما با افزایش بیشتر دما تا ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد، انرژی ضربه به ۱۷ ژول کاهش می یابد.
- ۳- در دماهای کمتر از ۱۲۵۰، با افزایش زمان و دما استحکام کششی از ۸۷۶ مگاپاسکال به ۹۲۸ مگاپاسکال افزایش پیدا می کند اما در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد با افزایش زمان استحکام کششی، به ۹۱۹ مگاپاسکال کاهش می یابد.
- ۴- بیشترین سختی برای نمونه ای که در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت دو ساعت عملیات حرارتی شد، به دست آمد. در این حالت سختی ۲۹۰ برینل حاصل شد.

منابع

- [۱] گلغزار، محمدعلی (۱۳۸۴) اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها (ویرایش دوم)، دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان
- [۲] محسنی، پ.، زارعی هنزکی، ع. (۱۳۸۱). بررسی رفتار تغییر شکل و خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن مارتنزیته در دمای بالا. سمپوزیوم فولاد ۸۱، شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان، ص ۲۸۱-۲۸۹.
- [۳] طاهری، محمد (۱۳۸۰)، اصول عملیات حرارتی فولادها، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران
- [۴] ساعتچی، احمد (۱۳۸۲)، مهندسی خوردگی، دانشگاه صنعتی اصفهان، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان
- [5] Caballero, F.G. & Alvarez, L.F.(2003). "The origin of splitting phenomena in the martensitic formation of stainless steel". scripta Materialia, Vol.49, Pp.315-320.
- [6] Lula, R.A.(1986). "Stainless Steel ", American Society for Metal, 2nd ed , Pp. 60-69 .
- [7] Garcia de Andres C., Caruana G., Alvarez L.F.(1998). "Control of $M_{23}C_6$ carbides in 0.45C-13Cr martensitic stainless steel by means of three representative heat treatment parameters" , Materials Science and Engineering A241, Pp. 211-215.
- [8] Ming Laura Xu., " Secondary carbide dissolution and coarsening in 13% Cr martensitic stainless steel during austenitizing ", Mechanical Engineering Dissertations ,Paper 23
- [9] Park, J.Y., Park, Y.S.(2007). "The effects of heat-treatment parameters on corrosion resistance and phase transformations of 14Cr-3Mo martensitic stainless steel ". Materials Science and Engineering A 449-451 , Pp. 1131-1134.
- [10] Nasery Isfahany, A., Saghafia H., Borhani G.(2011). "The effect of heat treatment on mechanical properties and corrosion behavior of AISI420 martensitic stainless steel", Journal of Alloys and Compounds 509, Pp. 3931-3936.
- [11] Songa, Y.Y., Pingb, D.H., Yinb, F.X., Li, X.Y., Li, Y.Y.(2010). "Microstructural evolution and low temperature impact toughness of a Fe-13%Cr-4%Ni-Mo martensitic stainless steel", Materials Science and Engineering A 52 , Pp. 614-618.
- [12] Dash, J., Otte, H.M.(2002). " The martensite transformation in stainless steel", Acta Metallurgica , Vol 11, Pp . 1169-1178.
- [13] Lippold, J.C., Kotecki , D. J.(2005). "Welding metallurgy and weld ability of stainless steels", New Jersey, Joh Wiley & Son.

8th Congress & 3rd International
Engineering Materials & Metallurgy
Conference

Iranian Metallurgical Engineering Society & Iranian Foundrymen's Soci-
18-19 Nov., 2014 - Shahid Beheshti Conference Center, Tehran, Iran

iMat
Conference 2014

هشتمین همایش مشترک و
سومین کنفرانس بین المللی
مواد مهندسی و متالورژی

(انجمن مهندسين متالورژی ايران و انجمن علمی ريخته‌گری ايران)
۲۷ و ۲۸ آبان ۱۳۹۳ - مرکز همایش های بین المللی شهید بهشتی، تهران

iMat
Conference 2014