دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "*M.Sc.*"

مهندسی مواد- شناسایی وانتخاب مواد مهندسی

عنوان :

تاثیر عملیات حرارتی بین بحرانی بر روی خواص مکانیکی فولاد کرم– وانادیم دا در سختی یکسان با کوئنچ تمپر

استاد راهنما :

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان مطالب **شماره صفحه**

چکیده

مقدمه ۱

فصل اول

عملیات حرارتی ۳

۱-۱ عملیات حرارتی بین بحرانی IHT ۴

۱-۲ سیکل های عملیات حرارتی بین بحرانی ۶

۱- ۳ فاز مارتنزیت ۸

۱-۴ فاز فریت ۹

۱-۵ فاز آستنیت ۱۰

۱-۶ فولاد های گروه کرم- وانادیم دار در استاندارد AISI ۱۱

۱-۷ تاثیر عناصر آلیازی بر خواص مکانیکی فولادهای کرم –وانادیم ۱۱

۱-۸ تاثیر کربن ۱۲

۱-۹تاثیر منگنز ۱۲

۱-۱۰ تاثیر کرم ۱۳

۱-۱۱ تاثیر وانادیم ۱۴

۱-۱۲ چقرمگی در فولادهای IHT ۱۴

فصل دوم

تاثیر عملیات حرارتی بین بحرانی بر روی خواص مکانیکی فولا های کم آلیاژ کم کربن ۱۶

۲-۱ اثر عملیات حرارتی در دمای بحرانی روی خواص مکانیکی فولادهای IHT ۱۷

۲-۲ اثر مورفولوژی فاز دوم مارتنزیت بر خواص کششی فولاد دو فازی ۲۳

۲-۳ اثر مقدار مارتنزیت و بینیت بر خواص کششی فولاد دو فازی ۲۶

فهرست مطالب

عنوان مطالب **شماره صفحه**

فصل سوم

عملیات حرارتی بین بحرانی بر روی فولاد کرم – وانادیم دار ۴۲

۳-۱ عملیات حرارتی ۴۳

۳-۱-۱ سختکاری و تمپرینگ ۴۳

۳-۲ سیکلهای عملیات حرارتی بین بحرانی برای فولاد AISI6150 ..... ۴۶

۳-۳ نمودار تغییرات CCT و TTT تغیرات تمپرینگ ۴۸

۳-۴ تغییرات سختی ۵۰

فصل چهارم

نتایج حرارتی بین بحرانی بر روی فولاد کرم – وانادیم ۵۳

۴-۱ انتخاب سیکل های عملیات حرارتی بین بحرانی دارای سختی مشابه با کوئنچ تمپر ۵۴

۴-۲ نتایج متالوگرافی و ریز ساختارنمونه ها ۵۵

۴-۳بررسی مقاومت به ضربه برای نمونه های آزمایش ۵۶

۴-۴ بررسی نمودار های تنش - کرنش نمونه های آزمون کشش ۵۸

۴-۵ بررسی سطوح شکست ۵۹

فصل پنجم

نتیجه گیری ۶۱

پیوست ۶۴

منابع و مراجع ۷۱

فهرست جدول‌ها

عنوان مطالب **شماره صفحه**

جدول (۱-۱) ترکیب شیمیایی فولادهای کرم- وانادیم دار ۱۱

جدول (۱-۲) ترکیب شیمیایی فولاد AISI 3115 مورد استفاده در تحقیق ۱۷

جدول (۲-۲) درصد ترکیب شیمیایی فولاد مورد آزمایش ۲۱

جدول (۳-۲) ترکیب شیمیایی فولاد مورد آزمایش ۲۳

جدول(۴-۲) خواص مکانیکی فولادهای دو فازی مورد مطالعه ۲۵

جدول (۵-۲) ترکیب شیمیایی فولاد مورد آزمایش در تحقیق mesplant ۲۷

جدول (۱-۳) عملیات حرارتی های طراحی شده از نظر نوع، زمان، محیط خنک کننده و دما و زمان تمپرینگ ۴۷

جدول (۱-۴) انتخاب سیکل های عملیات حرارتی بین بحرانی با سختی یکسان ۵۴

جدول (۲-۴) نتایج حاصل از آزمایش ضربه و درصد فریت پرو ۵۶

جدول (۳-۴) مشخصات استحکام تسلیم و کشش نمونه ۵۸

فهرست شکل ها

عنوان مطالب **شماره صفحه**

شکل (۱-۱) تصویر TEM مارتنزیت در زمینه فریت، مقادیر تیره مارتنزیت مقادیر روشن فریت می باشد ۵

شکل (۲-۱) منطقه تیره محدوده دو فازی آستنیت- فریت در نمودار تعادلی آهن و کربن..... ۶

شکل (۳-۱) شماتیک عملیات حرارتی IHT1 ..... ۷

شکل (۴-۱) شماتیک عملیات حرارتی IHT2..... ۷

شکل (۵-۱) شماتیک عملیات حرارتی IHT3..... ۸

شکل (۶-۱) محلهای جوانه زنی فریت از آستنیت. ۱۰

شکل (۱-۲) تغیرات دمایی بین بحرانی بر حسب انرژی شکست فولادAISI3115 ..... ۱۸

شکل (۲-۲)، نمودار S-N خستگی بر روی فولاد IHT شده AISI3115 ..... ۱۹

شکل(۳-۲) خواص مکانیکی فولاد AISI3115 ؛ a) تغییرات دمای بحرانی بر حسب استحکام کششی؛ b) تغییرات دمای بحرانی بر حسب استحکام تسلیم؛ c) تغییرات دمای بحرانی بر حسب انعطاف پذیری و d) تغییرات دمای بحرانی بر حسب سختی ۲۰

شکل (۴-۲) انرژی ضربه بر حسب تمپرینگ در دماهای مختلف و کسر حجمی مارتنزیت متفاوت..... ۲۲

شکل(۵-۲) نمودار تنش کرنش بعد از انجام عملیات حرارتی بین بحرانی در دمای ^{o}C ۸۰۰ و تمپرینگ در دماهای مختلف نشان داده شده..... ۲۲

شکل(۶-۲) روش انجام آزمایش برای فولاد ۱ ٪ کربن..... ۲۴

شکل (۷-۲) فولاد دوفازی مورد آزمایش؛ (a) نمونه آزمایش عملیات حرارتی نوع A دمای مورد آزمایشK ۱۰۵۳؛ (b) نمونه آزمایش عملیات حرارتی نوع B و (c) نمونه آزمایش عملیات حرارتی نوع C..... ۲۵

شکل (۸ -۲) ریز ساختار اولیه فولاد مورد آزمایش در تحقیق mesplant..... ۲۷

شکل (۹-۲) شماتیک عملیات حرارتی در تحقیق mesplant به منظور به دست آوردن ساختار a) فریتی - بینیتی؛ b) فریتی – مارتنزیتی..... ۲۸

شکل (۱۰-۲) انواع ساختارهای میکروسکوپی برای فولاد ۰۸/ ٪ کربن a) ۹۰٪؛ b) ۸۰ ٪؛ c) ۷۰ ٪ و d) ۵۰٪ بینیت در این شکل نقاط سفیدتر، فریت و نقاط تاریکتر، بینیت می باشد..... ۲۹

فهرست شکل ها

عنوان مطالب **شماره صفحه**

شکل (۱۱-۲) تغییرات سختی ویکرز برحسب به کسر حجمی بینیت ۳۰

شکل(۱۲-۲) تغییرات سختی ویکرز برحسب به کسر حجمی مارتنزیت ۳۰

شکل (۱۳-۲) تغییرات میکرو سختی ویکرز با توجه به کسر حجمی بینیت ۳۱

شکل(۱۴-۲) منحنی تنش - کرنش فولادهای فریتی- بینیتی ۳۲

شکل(۱۵-۲) منحنی تنش - کرنش فولادهای فریتی- مارتنزیتی ۳۲

شکل (۱۶-۲) منحنی تنش کرنش فولاد ٪۰/۰۸ کربن با ساختارهای فریتی – بینیتی،فریتی – مارتنزیتی و فریتی – پرلیتی ۳۳

شکل (۱۷-۲) منحنی تغییرات استحکام تسلیم و استحکام کششی فولاد فریتی- بینیتیبا افزایش کسر حجمی بینیت ۳۴

شکل (۱۸-۲)منحنی تغییرات استحکام تسلیم و استحکام کششی فولاد فریتی- بینیتی ۳۵

شکل(۱۹-۲) منحنی ازدیاد طول و کاهش سطح مقطع افزایش کسر حجمی بینیت ۳۵

شکل(۲۰-۲) منحنی ازدیاد طول و کاهش سطح مقطع افزایش کسر حجمی مارتنزیت ۳۶

شکل(۲۱-۲) منحنی رفتار کار سختی فولاد های دو فازی فرلیتی- بینیتی با ۵۰ ، ۷۰ و٪۹۰ بینیت ۳۷

شکل(۲۲-۲) منحنی تغییرات توان کار سختی فولادهای دو فازی بر حسب کسر حجمی ۳۷

شکل(۲۳-۲) منحنی تغییرات توان کار سختی بر حسب ازدیاد طول یکنواخت ۳۸

شکل (۱-۳)منحنی طولی سختی بر حسب RC و منحنی عرضی فاصله از سطح فولاد AISI6150 ۴۴

شکل(۲-۳) نرخ خنک کنندگی یک نوع روغن کوئنچ ۴۵

شکل(۳ -۳) قدرت سردکنندگی سه نوع روغن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد ۴۵

شکل(۴-۳) نمودار CCT فولاد AISI6050 ۴۸

شکل(۵-۳) نمودار TTT فولاد AISI6150 ۴۹

شکل (۶-۳) نمودار تمپرینگ فولاد AISI6150 ۴۹

شکل (۷-۳) تغییرات سختی بر حسب دمای بین بحرانی تمپر شده در ^{o}C ۵۰۰ ۵۱

شکل (۸-۳) تغییرات سختی بر حسب دمای بین بحرانی تمپر شده در ^{o}C ۴۵۰ ۵۱

شکل (۹-۳) تغییرات سختی بر حسب دمای بین بحرانی تمپر شده در ^{o}C ۴۰۰ ۵۲

فهرست شکل ها

عنوان مطالب **شماره صفحه**

شکل (۱۰-۳) تغییرات سختی بر حسب دمای بین بحرانی تمپر شده در ^{o}C ۳۵۰ ..... ۵۲

شکل (۱-۴) تصویر میکروسکوپ نوری ساختار حاصل از عملیات حرارتی IHT2 تمپر در دمای ^{o}C ۴۰۰ نمونه ۵ با سختی ۴۵ HRC ۵۴

شکل (۲-۴) سطح شکست ضربه نمونه حاصل از عملیات حرارتی IHT2 با سختی ۴۵ HRC ۵۹

چکیده

برای گسترش و بدست آ وردن ترکیب خوبی از استحکام و انعطاف پذیری در فولاد ها با کاربردهای مختلف، عملیات حرارتی بین بحرانی می باشد. برای فولادهای کم آلیاژ کم کربن بعد از عملیات حرارتی بین بحرانی دو فاز فریت و مارتنزیت در ریز ساختار فولاد به وجود می آید که کنترل کسر حج می و مورفولوژی مارتنزیت و فریت باعث ایجاد خواص مطلوب مورد نظر می شود. فولادهای دو فازی دسته ای از فولادهای کم آ لیاژ استحکام بلا هستند که در صنایع مختلف کاربرد های وسیعی دارند. در پژوهش حاضر فولاد AISI6150 از گروه فولادهای کرم-وانادیم دار، مورد عملیات حرارتی بین بحرانی قرارگرفت تا در سختی های مورد نظر امکان رسیدن به استحکام و انعطاف پذیری بالاتر نسبت به روش مرسوم کوئنچ تمپر مطالعه شده و بهترین سیکل عملیات حرارتی بین بحرانی برای این نوع فولاد بدست آید . بدین منظور نمونه های متالوگرافی، سختی سنجی، آزمون ضربه و کشش طبق استاندارد ASTM تهیه شدند. ابتدا با استفاده از روشهای عملیات حرارتی و مقایسه با فرمولهای موجود محدوده دمایی A_1 و A_3 بدست آمد. ۲۴ نوع سیکل عملیات حرارتی بین بحرانی در محدوده های مختلف دمایی و زمانی مختلف طراحی و مورد بررسی قرار گرفت . آزمایشهای ضربه، کشش، سختی و متالوگرافی بر روی این نمونه ها انجام شد. سپس با استفاده از دو نمونه شاهد کوئنچ تمپر شده در سختی های ۴۵ و HRC ۴۸ نتایج حاصله، با نمونه های حاصل از عملیات حرارتی بین بحرانی در همان سختی ها مو رد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که چقرمگی در نمونه های عملیات حرارتی بین بحرانی در مقایسه با نمونه های کوئنچ تمپر شده در سختی های یکسان ۴۵ و HRC ۴۸ بین ۶ الی ۲۰ ٪ بهبود یافته است. علت بهبود چقرمگی را می توان به وجود درصد فریت بیشتر در کنار مارتنزی ت تمپر شده در ساختار نمونه های عملیات حرارتی بین بحرانی نسبت داد.

مقدمه

فولادهای که دارای دو فاز شامل جزایر مارتنزیت در فریت نرم باشند فولادهای دوفازی می گویند. ممکن است به دلیل نوع سیکل طراحی شده عملیات حرارتی بین بحرانی وهمچنین درصد عناصر آلیاژی موجود در ترکیب فلز مورد نظر فازهای دیگری نیز با مقدار کم وجود داشته باشد. خواص مکانیکی فولادهای دو فازی به انضمام استحکام تسلیم، دارای خواص منحصر به فردی دیگری از جمله رفتار تسلیم مداوم و درصد ازدیاد طول بالا نیز می باشند. فولادها مهم‌ترین و پرکاربردترین مواد صنعتی و مهندسی جهان می باشند. پیشرفت روز افزون علم و توسعه تکنولوژی ساخت ماشین آلات و ابزارهای مختلف صنعتی در جهان امروز، باعث شده است تا فولادهایی با خواص مکانیکی خاص، مورد نظر صنا یع قرار گیرند . به همین دلیل، بدست آوردن سیکل های جدید برای عملیات حرارتی این فولادها تا رسیدن به خواص بهتر، بیشتر مورد توجه مهندسین قرار گرفته است . از جمله این خواص؛ داشتن سختی و در عین حال استحکام ضربه یا چقرمگی در فولادها می باشد . در بعضی از صنایع مانند صنایع نظامی، خودروسازی و صنایع ابزار سازی به خصوص در زمینه ساخت تیغه های برش لازم است که قطعات علاوه بر داشتن یک سختی مناسب، در مقابل ضربات وارده نیز مقاوم باشند . از فولادهای مورد استفاده در این صنایع، فولاد های کرم – وانادیوم دارمی باشند که اهمیت و کاربردهای زیادی دارند .

عملیات حرارتی کوئنچ تمپرکه عملیات حرارتی مرسوم در اغلب فولادها است دارای مشکلاتی از قبیل عدم حصول انعطاف پذیری مطلوب در استحکام بالا، یکنواخت نبودن ریز ساختار در امتداد ضخامت قطعه، اعوجاج، ترکهای ناشی از کوئنچ، بروز پدیده تردی ناشی از م ارتنزیت تمپر شده، تردی حرارتی و غیره می باشد. وجود این مشکلات، باعث شده مهندسین توجه خود را به ایجاد خواص مناسب‌تر از طریق توسعه عملیات حرارتی مطلوب معطوف نمایند . یک راه حل ارائه شده، استفاده از روش نوین عملیات حرارتی بین بحرانی است . این روش عملیات حرارتی در دماهای مختلف بین دماهای بحرانی A_1 و A_3 انجام می گیرد . نوع سیکل عملیات حرارتی و زمان نگهداری فولاد در این محدوده با عملیات کوئنچ بعدی منجر به تشکیل نمونه هایی با کسر حجمی مارتنزیت متفاوت در زمینه فریت می شود. اثر انواع

مختلف این نوع عملیات حرارتی بر روی فولادهای مختلف از نظر خواص مکانیکی و ریز ساختار آنها مورد مطالعه قرار گرفته و با هم مقایسه شده‌اند. در این تحقیق نیز برای بدست آوردن خواص مکانیکی مطلوب تر نسبت به روش کوئنچ تمپر مرسوم یک نوع فولاد از گروه فولادهای کرم- وانادیم دار انتخاب شده و مورد عملیات حرارتی بین بحرانی قرار گرفت.