دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "MSc"

مهندسی مواد – شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

عنوان:

عملیات حرارتی آستمپرینگ، قطعات با ضخامت بالا

استاد راهنما:

استاد مشاور:

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان مطالب **شماره مطالب**

فصل اول: مقدمه ۲

فصل دوم: مروری بر منابع ۱۲

۲-۱ چدن نشکن آستمپر شده (ADI) ۱۲

۲-۲ استاندارد های چدن نشکن آستمپرشده ۱۶

۲-۳ مقایسه چدن داکتیل آستمپرشده با فولاد ۱۸

فصل سوم: عملیات حرارتی آستمپرینگ چدن داکتیل ۲۰

۳-۱ انواع روشهای عملیات حرارتی برای چدن نشکن ۲۰

۳-۲ مراحل مختلف عملیات حرارتی آستمپرینگ ۲۲

۳-۳ عملیات حرارتی آستمپرینگ ۲۳

۳-۴ آستنیته کردن چدن نشکن ۲۷

۳-۴-۱ دما و زمان مناسب برای آستنیته کردن ۲۸

۳-۴-۲ دما و زمان مناسب برای آستمپر کردن ۲۹

فصل چهارم: موثر در عملیات حرارتی آستمپرینگ قطعات چدنی با ضخامت بالا ۳۰

۴-۱ سختی پذیری چدن نشکن ۳۲

۴-۲ تاثیر عناصر آلیاژی ۳۷

۴-۲-۱ تاثیر مولیبدن ۴۰

۴-۲-۲ تاثیر منگنز و سیلیسیم ۴۱

۴-۲-۳ تاثیر مس ۴۲

۴-۳ مورفولوژی آسفریت ۴۳

فهرست مطالب

۴-۴ قابلیت آستمپر پذیری ۴۶
۴-۵ استحاله بینایتی ۵۰
۴-۵-۱ تأثیر عناصر آلیاژی بر استحاله بینایتی ۵۳
۴-۶ تأثیر افزایش دما بر روی خواص مکانیکی و ریز ساختار چدن ADI ۵۵
فصل پنجم: جدایش ۵۹
۵-۱ عوامل موثر بر جدایش ۵۹
۵-۲ جدایش عناصر آلیاژی در چدن نشکن کم آلیاژی ۶۰
۵-۳ جدایش عناصر آلیاژی در حین انجماد ۶۲
۵-۴ تاثیر عناصر آلیاژی بر روی آستنیته کردن ۶۹
۵-۵ مشکلات ناشی از انجماد در مقاطع ضخیم چدن نشکن ۷۱

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

۲-۱ : مقایسه ارزش قطعات پایه آهنی ۱۴

۲-۲ : درصد مناسب عناصر در چدن ADI..... ۱۶

۲-۳ : مشخصات گروه های ADI در استاندارد های مختلف..... ۱۷

۴-۱ : رابطه مولیبدن با ساختار..... ۴۰

۴-۲ : تاثیر Cu بر توسعه میکروساختار..... ۴۳

فهرست شکل ها

عنوان **شماره صفحه**

۲-۱ : مقایسه خواص استحکامی و چقرمگی دسته های مختلف ADI با دیگر دسته های چدن نشکن ۱۲

۲-۲ : مقایسه خواص استحکامی گروه های مختلف چدن ADI با فولاد های آهنگری شده ۱۴

۲-۳ : میزان هزینه بر استحکام تسلیم ADI در مقایسه با آلومینیوم فورج و ریخته و فولاد آهنگری ۱۸

۲-۴ : وزن برتنش تسلیم ADI در مقایسه با آلومینیم آهنگری و ریخته و فولاد آهنگری ۱۸

۳-۱ : پرلیت در ریز ساختارADI ناشی از عدم سرد کردن سریع از دمای آستنیته تا آستمپر ۲۱

۳-۲ : ذرات کاربید مولیبدن در ریز ساختار ADI به علت بیش از حد بودن Mo ۲۲

۳-۳ : مراحل اساسی فرآیند آستمپرینگ ۲۴

۳-۴ : تأثیر دما، زمان و تعداد کره های گرافیت بر روی میزان کربن محلول در آستنیت ۲۴

۳-۵ : اثر افزایش دمای آستنیته کردن بر روی درشت دانگی ۲۵

۳-۶ : نمونه ای از دیاگرام CCT چدن نشکن دارای عناصر آلیاژی 0.27%Mo, 0.5%Ni, 0.5%Cu ۲۶

۳-۷ : دیاگرام تعادلی آهن گرافیت نشانگر دمای بحرانی بالا (UTS) و پایین (LCT) برای آستنیته ۲۹

۴-۱ : تغیرات استحکام کششی و تسلیم بر اساس میزان افزایش در مولیبدن در دمای آستمپرینگ ۳۳

۴-۲ : تغییرات کرنش بر اساس میزان افزایش درصد مولیبدن در دمای آستمپرینگ ۳۴

۴-۳ : نشان دهنده تغیرات سختی بر اساس افزایش درصد مولیبدن ۴۱

۴-۴ : نتیجه جدایش مارتنزیت در آلیاژ ریختگی ۴۲

۴-۵ : دیاگرام CCT شماتیک تاثیر افزودنی های آلیاژی(همچون Mo) ۴۲

۴-۶ : ریز ساختار چدن ADI شامل گرافیت های کروی در زمینه آسفریت ۴۳

۴-۷ : منحنی سرد شدن مغز میله های استوانه ای شکل با قطر ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ میلیمتر ۴۷

۴-۸ : نمونه ای از نمودار های تعیین قطر بحرانی با دمای آستمپرینگ و ترکیب شیمیایی ۴۸

۴-۹ : روش به دست آوردن پارامتر J_L ۵۰

۴-۱۰ : ساختارآسفریت به ترتیب از راست به چپ بینیت پایینی ، بینیت بالایی ۵۱
۴-۱۱ : شماتیک واکنش آستمپرینگ واکنش در دمای پایین آستمپرینگ ۵۱
۴-۱۲ : پایداری فاز آستنیت غنی از کربن تا دمای ۸۰- درجه سانتیگراد ۵۲
۴-۱۳ : شماتیک تغییرات انعطاف پذیری با افزایش زمان آستمپرینگ و نوع مرحله واکنش آستمپرینگ ۵۳
۴-۱۴ : توزیع عناصر آلیاژی حین انجماد در مقطع میکروسکوپی چدن نشکن ۵۵
۵-۱ : جدایش Mn (نواحی سفید) در چدن ADI با ندول کانت پایین در چدن داکتیل ۶۱
۵-۲ : نمودار توزیع عناصر آلیاژی در مرز سلول های اتکتیک ۶۴
۵-۳ : تشکیل کاربید ها و ریز حفرات انقباضی در مرز سلول های یوتکتیک. ۶۴
۵-۴ : کاهش میزان سطح اشغال شده مناطق تمرکز عناصر آلیاژی با افزایش ضخامت قطعه ۶۵
۵-۵ : افزایش موضعی زمان انجماد در اثر افزایش ضخامت قطعه ۶۶
۵-۶ : افزایش سطح کلی گرافیت ها با افزایش N.C برای چدن نشکن با کسر حجمی مختلف گرافیت ۶۸

چکیده:

هدف این تحقیق، رسیدن به آلیاژی از چدن نشکن و روش عملیات حرارتی است که بتواند خواص مکانیکی در حد میل لنگ ساخته شده از فولاد فورج مولیبدن – کروم دار را داشته باشد. برای دستیابی به این هدف، ابتدا به خواص مکانیکی استاندارد A/897 که مربوط به چدن آستمپر است مراجعه شد، درصد و بازه عناصر آلیاژی مورد نظر به دست آمد. درصد عناصر آلیاژی با توجه به ترکیب قطعات مشابهی که با این ضخامت ساخته شده بود از این بازه انتخاب شد و برای تایید آستمپرپذیری ترکیب انتخاب شده در ضخامت ۶ سانتی متر، درصد عناصر آلیاژی در رابطه تجربی که توسط Dorazil به دست آمده بود قرار داده شد. برای تهیه نمونه های آزمون به ریخته گری Y-Block نیاز بود که ابعاد آن با توجه به حداکثر ضخامت میل لنگ، از استاندارد A/897 انتخاب شد. سپس چدن نشکن با ترکیب آلیاژی انتخاب شده در قالب Y-Block ریخته شد. دما و زمان آستمپر کردن با توجه با نمودارهای عملیات حرارتی و کارهای مشابه انجام شده از قبل انتخاب شد. Y-Block در دمای ۹۰۰ درجه سانتی گراد در حمام نمک مذاب به مدت ۲ ساعت آستنیته شد و سپس در مدت کمتر از ۴ ثانیه از کوره آستنیته به حمام نمک با دمای ۳۵۰ درجه سانتی گراد جهت تمپر کردن منتقل گردید و به مدت ۳ ساعت در آنجا نگهداری شد. برای بررسی تاثیر ضخامت بر ویژگی های ساختاری و خواص مکانیکی، Y-Block عملیات حرارتی به سه قسمت بالایی و میانی و پایینی تقسیم شد و از هر قسمت نمونه هایی برای آزمون کشش، ضربه و متالوگرافی تهیه شد.

مقدار استحکام نهایی آزمون کشش برای نمونه بالایی MPa ۹۷۳، میانی MPa ۹۲۵ و پایینی MPa ۹۴۵ به دست آمد و با توجه به استحکام نهایی میل لنگ فولادی که MPa ۹۸۰ است مقدار قابل قبولی است و انرژی آزمون ضربه شارپی بدون شیار برای نمونه های بالایی و میانی J ۸۰ و نمونه پایینی J ۱۰۰ به دست آمد. در نمونه های بالایی، میانی و پایینی بعد از عملیات حرارتی به ترتیب سختی ۳۲۰ ، ۳۳۵ و ۳۴۵ برینل مشاهده شد.

مقدمه

چدن نشکن آستمپر (ADI[1]) گروهی از چدن های نشکن هستند که جهت به دست آوردن ریز ساختار اساساً بینایتی تحت عملیات حرارتی ایزوترمال (آستمپرینگ) قرار می گیرند. چدن های ADI بیشترین خواص استحکامی را در کل خانواده چدن ها دارا هستند. این خواص اساساً به ترکیب شیمیایی و شرایط عملیات بستگی دارد خواص چدن ها در حدی است که قطعات ساخته شده از این نوع چدن، تحت شرایطی به راحتی می توانند جایگزین قطعات ساخته شده از فولادهای ریختگی، فولادهای آهنگری شده، فولادهای کم آلیاژ پر استحکام (HSLA) و فولادهای سخت شونده سطحی (Case Hardening) شوند در قطعات با ضخامت بالا تجمع عناصر آلیاژی در یک مکان باعث افزایش اثرات تخریب کننده عناصر آلیاژی بر روی خواص مکانیکی می‌شود.

ساختار زمینه تیغه‌های فریت غنی از کربن (آسفریت)، فریت به همراه کارباید ، آستنیت غنی از کربن، آستینیت تحول نیافته UAV و در مواردی مارتنزیت در مناطق مرز بین سلولی است چدن ADI به راحتی می‌تواند جایگزین فولاد ریخته‌گری شود و همچنین در بسیاری از کاربردها می تواند جایگزین فولاد کم آلیاژ آهنگری شود.

استحاله آستمپرینگ در چدن داکتیل دو مرحله‌ای است. در مرحله اول استحاله ،آستنیت به فریت سوزنی یا مجموعه ای از فریت و کاربید وآستنیت پرکربن تبدیل می‌شود. در مرحله دوم استحاله چنانچه قطعه ریختگی طولانی تر از زمان مورد نیاز در دمای آستمپر نگه داشته شود زمینه آستنیتی به فریت و کاربید تجربه می‌شود استحکام بالا توام با تافنس بالا ناشی ازساختار میکروسکوپی شامل آستینت پرکربن و فریت سوزنی می‌باشد که کمیته ASTM آن را آسفریت نام نهاده است از آنجایی که در قطعات ضخیم ساخته شده از چدن های ADI ناگزیر باید از عناصر آلیاژی استفاده شود (به جهت بالا بردن قابلیت آستمپر پذیری) سعی شده است که عوامل موثر بر مورفولوژی گرافیت و همچنین عیوب ایجاد شده در این قطعات بر اثر استفاده از عناصر آلیاژی به طور خلاصه شرح داده شود.

1. Austempered Ductile Iron