یژوهش نامه ر بخته گری



انجمن علمى ريختهگرى ايران

مقاله پژوهشی:

مقایسه رفتار سایشی چدن نشکن در دو حالت آستمپر شده و سریع سرد شده و برگشت داده شده

حسن ثقفيان لاريجاني"، سهيل نوايي ، على شريفي ً

نشريه علمي

۱- دانشیار ، ۲- دانشجوی کارشناسی: دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران * نویسنده مکاتبه کننده: تلفن: ۷۷۲۴۰۵۴۰، تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت ایران، صندوق پستی: ۱۳۱۴-۱۶۸۴۶، E-mail: saghafian@iust.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۰	چکیدہ:
پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۱	در تحقیق حاضر، رفتار سایشی نمونههایی از جنس چدن نشکن با ساختار اولیه پرلیتی که تحت دو سیکل عملیات حرارتی
	مختلف، سختی یکسان بدست آوردند، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. به این منظور، تعدادی از این نمونهها پس از
	آستنیته شدن در دمای C° ۹۰۰ به مدت ۱۲۰ دقیقه، در دمای C° ۲۹۰ در حمام نمک مذاب آستمپر شده و سپس در هوا
	سرد شدند. بقیهی نمونهها پس از آستنیته شدن با شرایط مشابه، به طور مستقیم در محیط روغن سریع سرد شده و سپس
	به مدت ۷۵ دقیقه در دمای ۵۰۵°C بر گشت داده شدند. به منظور مقایسه رفتار سایشی نمونههای حاصل از دو سیکل یاد
	شده، از روش پین روی دیسک مطابق استاندارد ASTM-G99 استفاده شد. در این آزمایش نمونهها به صورت دیسک تهیه
واژەھاى كليدى:	شدند و تحت نیروهای ۲۵ و ۲۵ نیوتن و با سرعت لغزش ثابت ۰/۰۸ متر بر ثانیه و برای مسافت ۱۰۰۰ متر در شرایط
چدن نشکن،	خشک، توسط پینهایی از جنس فولاد ۵۲۱۰۰، ساییده شدند. در نتیجهی بررسیهای انجام شده روی سطوح سایش، کاهش
آستمپرينگ،	وزن نمونهها و ضرایب اصطکاک بدست آمده، مشاهده شد در نیروی کم (۲۵ نیوتن)، نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده
سريع سرد كردن و برگشت،	شده نسبت به نمونهی آستمپر شده، از مقاومت سایشی بالاتری برخوردار است. در حالی که در نیروی زیاد (۷۵ نیوتن)،
عمليات حرارتي،	نمونهی آستمپر شده بر نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده شده برتری دارد.
سايش.	
ارجاع به این مقاله:	

حسن ثقفیان لاریجانی، سهیل نوایی، علی شریفی، مقایسه رفتار سایشی چدن نشکن در دو حالت آستمپر شده و سریع سرد شده و برگشت داده شده، پژوهشنامه ریخته گری، پاییز ۱۳۹۸، جلد ۳، شماره ۳، صفحات ۱۴۱–۱۵۰. شناسه دیجیتال: DOI): 10.22034/frj.2019.179001.1079)

۱– مقدمه

خواص مکانیکی چدن نشکن وابسته به ساختار زمینه است. پس با بهبود ریزساختار زمینه میتوان خواص مطلوب تری بدست آورد. عملیات حرارتی آستمپر کردن به صورت یک عملیات همدما است به طوری که ابتدا برای آستنیته کردن در محدوده دمایی ۸۵۰ تا C[°] ۹۵۰ به مدت زمان کافی حرارت داده میشود. سپس تا محدوده دمایی استحاله بینیتی که بین ۲۳۰ تا C[°] ۴۵۰ است، سریع سرد میشود و پس از نگهداری به مدت زمان کافی در این دما در هوا خنک میشود. ریزساختار بدست آمده از آستمپر کردن، ترکیبی از فریت تیغهای یا لایهای و آستنیت پرکربن است که به مجموعه این دو فاز کنار هم، آسفریت گفته میشود که در کنار کرههای گرافیت قرار دارد[۲،1]. آستنیت

پر کربن در آسفریت می تواند به دو صورت تودهای (بلو کی) و ناز ک (فیلمی) وجود داشته باشند. با انجام عملیات آستمپر کردن خواص مکانیکی و فیزیکی چدن نشکن افزایش می یابد و به حد قابل رقابت با فولادها می رسد. در حقیقت چدنهای نشکن آستمپر شده (ADI) تلفیق بسیار خوبی از استحکام و انعطاف پذیری، هزینه پایین و قابلیت طراحی بالا، مقاومت سایشی و خستگی خوب، چقرمگی و ماشین کاری ارائه می کنند [۳،۱]. آستمپر کردن در چدنهای نشکن شامل سه مرحله است، در مرحله اول آستنیت اولیه به فریت سوزنی و آستنیت پر کربن شبه پایدار (واکنش نکرده) تبدیل می شود، سپس در مرحله دوم با تشکیل فریتهای سوزنی بیشتر، مقدار کربن آستنیت باقیمانده بیشتر شده و آستنیت پایدار می شود و

www.SID.ir

Founding Research Journal: www.foundingjournal.ir

سرانجام با ادامه فرایند آسـتمپر کردن در مرحله سوم، کاربید تشکیل میشود[۴،۵].

در مرحله اول، فریت از آستنیت جوانه میزند و به سمت داخل دانه آستنیت رشد میکند. با رشد فریت، مقدار کربن آستنیت افزایش مییابد و آستنیت پرکربن (با مقدار کربن حداکثر تا ۲/۲٪) تشکیل میشود که به دلیل بالا بودن مقدار کربن، تا دمای اتاق پایدار است[۲۰۶]. اگر قبل از اتمام مرحله اول قطعه سرد شود، مارتنزیت به وجود میآید که ناشی از حضور آستنیت واکنش نکرده (UAV¹) است که مقدار کربن آن کم است و به مارتنزیت تبدیل میشود. آستنیت واکنش نکرده در دمای محیط پایدار نیست و با اعمال نیروی سایش، امکان دارد به مارتنزیت تبدیل شود [۸].

دمای آستنیته شدن بر فرآیند سختکاری متوالی چدنهای نشکن، دمایی بین ۸۴۵ الی ۹۲۵ درجه سانتی گراد است (شکل(۱)). برای کاهش ترکهای ناشی از تنش، سرد کردن متوالی در روغن ترجیح داده می شود. زمان آستنیته کردن در اینجا تاثیر محسوسی بر ساختمان و سختی حاصله از سریع سرد کردن دارد، با افزایش بیش از اندازه دمای آستنیته، به دلیل افزایش مقدار آستنیت باقی مانده، سختی نهایی کاهش می یابد. همچنین زمان آستنیته کردن نیز در مقدار آستنیت باقی مانده تاثیر گذار است [۹].

اصولا بعد از سریع سرد کردن، قطعات چدنی، آنها را بازگشت می دهند. برای رسیدن به سختی مورد نظر و پیش بینی شده، می توان از نمودارهایی نظیر نمودار شکل (۲) استفاده کرد. مطابق شکل (۲) مشاهده می شود دمایی بین ۴۲۵ تا C° ۶۵۰ برای برگشت دادن انتخاب می شود [۱۰].

یکی از کاربردهای مهم چدنهای نشکن در صنعت، ساخت قطعات مقاوم به سایش است. مکانیزم های سایش مهم در این چدنها، چسبان، خراشان و اکسیدی هستند[۱۲،۱۱]. از عوامل موثر در مقاومت سایشی چدن نشکن، اندازه، توزیع گرافیت و نیز ریزساختار زمینه را میتوان نام برد [۱۳].

نقش گرافیتها در سایش با توجه به نیروی اعمالی سایش تغییر می کند. در نیروهای کم به عنوان روانساز عمل می کنند و باعث کاهش نرخ سایش می شوند [۱۴] ولی در نیروهای بالا عامل اصلی افزایش سایش هستند [۱۵]. در نیروهای بالا به دلیل حضور آسفریت در زمینه احتمال پدیده TRIP و تشکیل مارتنزیت وجود دارد که باعث بهبود رفتار سایشی می شود [۱۷،۱۶].

در این مقاله سعی شده رفتار سایشی در نیروهای پایین و بالا برای یک چدن نشکن با دو ساختار مختلف، یکی در حالت آستمپر شده و دیگری در حالت سریع سرد شده و سپس برگشت

www.SID.ir

Archive of SID داده شده با سختی برابر بررسی شوند و مکانیزمهای حاکم بر سایش این نمونهها در نیروهای مختلف تعیین و مورد مقایسه قرار گیرند.



شکل ۱- دمای آستنیته و سختی نهایی بعد از سریع سرد شدن و برگشت دادن[۹]



۲- مواد و روش تحقیق

نمونههایی از چدن نشکن با ترکیب بدست آمده از آزمایش اسپکترومتری نشری و نشان داده شده در جدول (۱)، در قالب ماسه ای با چسب سیلیکات سدیم و گاز CO2 و با استفاده از ماسه سیلیسی به صورت استوانههایی با قطر ۳۳ میلیمتر ریخته شده است. برای آستمپر کردن، نمونهها در دمای 2°۹۰۰ و به مدت ۱۲۰ دقیقه در کورهی مقاومتی آستنیته شدند و سپس بسرعت در حمام نمک KNO3 مگ/ و ۸۵۸ مگ/ با دمای ۲۹۰۰ قرار گرفتند در پی این عمل، پس از نگهداری به مدت ۱۲۰ دقیقه در هوا سرد شدند. بقیهی نمونههای پس از آستنیته شدن در 2°090، به صورت مستقیم در روغن سرد شدند.

سپس برای رسیدن به سختی برابر در دمای ۵۰۵۵ و به مدت ۷۵ دقیقه در کوره مقاومتی بازگشت داده شدند. نمونه ها پس از حککاری با استفاده از محلول نایتال ۲٪ و به مدت نگهداری ۶–۵ ثانیه به وسیله میکروسکوپ نوری مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. با استفاده از نرمافزار MIP میزان کرویت و ندول کانت (تعداد کرههای گرافیتی) روی تصاویر میکروسکوپی تهیه شده، محاسبه شد.

آزمون سایش با استفاده از دستگاه پین روی دیسک و مطابق استاندارد ASTM G99 روی نمونههای دیسکی شکل با قطر ۳۰ میلیمتر و ضخامت ۱۰ میلیمتر، در شرایط خشک انجام شد. پین ساینده از جنس فولاد سخت شده (AISI 52100) با قطر ۵ میلیمتر و سختی 848 HV بوده است. در دو نیروی ۲۵ و ۷۵ نیوتن و در دمای محیط به مسافت ۱۰۰۰ متر با سرعت خطی ۰/۰۸ متر بر ثانیه آزمایش انجام داده شد. سپس برای بررسی سطوح سایش و برادههای حاصل، از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM با آشکارساز الکترونهای ثانویه (SE)، الکترون برگشتی (BE) و مجهز به دستگاه تجزیه عنصری (EDS) استفاده شده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی چدن نشکن مورد استفاده در تحقیق

Mg	Cu	Mn	Р	S	Si	С	عنصر
•/•۵۶	• /۵١	•/۴	• /• ٢	•/• ١	7/44	٣/۶٢	درصد وزنی

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ریزساختار

ریزساختار نمونههای ریخته گری شده در شکل (۳-الف) آمده است. عدم وجود کاربید در زمینه مبین مقدار قابل ملاحظه سیلیسیم است که به عنوان عامل گرافیتزایی عمل کرده است. سختی این نمونه برابر ۲۴۳ HB است.

در شکل (۳-الف)، تصویر میکروسکوپی نمونه به صورت ریخته شده مشاهده میشود و همانگونه که دیده میشود، ریزساختار علاوه بر وجود گرافیتهای کروی از زمینهی پرلیتی با مقدار بسیار کمی فریت تشکیل شده است. پس از انجام عملیات آستمپر کردن، شکل (۳-ب)، آثاری از وجود پرلیت و فریت بوضوح دیده نمیشود. این ساختار شامل بینیت پایینی، آستنیت واکنش نکرده و مناطق مارتنزیتی (تیغههای کوچک و ظریف در منطقهی سفید رنگ) است[۱۹،۱۸]. در این ریزساختار مناطق سفید رنگ، آستنیت واکنش نکرده و باقیمانده است. سختی نمونه آستمپر شده، 40 HRC بدست آمد. در شکل (۳-ج) تصویر

ریزساختار نمونه سریع سرد شده و برگشت داده شّده مشاهده می شود. همان طور که قابل ملاحظه است، ریزساختار شامل تیغههای کاملا مشهود مارتنزیت است. ریزساختار همچنین شامل کاربیدهای انتقالی ریز است. بعد از برگشت دادن نمونه سریع سرد شده، کربن تیغههای مارتنزیت کم شده و مقداری فریت و کاربید انتقالی ایجاد می شود [۲۰]. شکل (۴) که به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی تهییه شده است، این کاربیدها را نشان می دهد. در شکل (۴–ب) که بعد از برگشت دادن نمونه نشان می دهد. در شکل (۴–ب) که بعد از برگشت دادن نمونه سریع شده تهیه شده است، کاربیدهای ریز مشاهده می شود. سختی این نمونه سریع سرد شده شده بعد از برگشت دادن از سختی این نمونه سریع سرد شده شده بعد از برگشت دادن از







شکل ۳- الف) تصویر میکروسکوپ نوری چدن نمونهی ریخته شده در بزرگنمایی 200X، دارای زمینهی پرلیتی-فریتی، ب) تصویر متالوگرافی نمونهی آستمپر شده در بزرگنمایی 200X، ج) تصویر نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده شده در بزرگنمایی 200X

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴-الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونهی آستنیته شده در دمای ℃۹۰۰ به مدت ۱۲۰ دقیقه و سریع سرد شده در روغن، سختی نمونه 53 HRC، ب) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونهی آستنیته شده در دمای C•۹۰۰ به مدت ۱۲۰ دقیقه و بازگشت داده شده در دمای C•۵°C به مدت ۷۵ دقیقه، سختی نمونه HRC

مطابق شکل (۵-الف)، ندول کانت این نمونه ۱۹۶ کره گرافیت در ۱ میلیمتر مربع محاسبه شده است. میزان توزیع اندازههای مختلف کرههای گرافیت در زمینه نیز درنمودار شکل (۵-ب) مشاهده می شود. میزان گرافیت موجود در زمینه نیز با توجه به شکل (۵–ج)، ۱۱/۷ درصد بدست آمد.

۲-۲- سایش

نمودارهای کاهش جرم نمونهها بر حسب مسافت در نیروی ۲۵ نیوتن در شکل (۶) نشان داده شده است. در بررسی نیروی ۲۵ نیوتن برای دو نمونه آستمپر شده و سریع سرد شده و برگشت داده شده، با توجه به نمودارهای کاهش جرم این نمونهها، شکل







شکل ۵- الف) میزان گرافیت موجود در زمینه چدن نشکن ب) کرویت گرافیتهای موجود در زمینه ج) تصویر از نرم افزار MIP جهت محاسبه تعداد گرافیتها در ۱ میلیمترمربع

(۶)، کاهش جرم نمونه آستمپر شده بیشتر است. این امر نشان میدهد که مقاومت به سایش نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده شده بیشتر بوده است. دلیل برتری مقاومت به سایش نمونه سريع سرد شده و بازگشت داده شده را مىتوان به حضور کاربیدهای انتقالی با ابعاد نانومتری نسبت داد [۲۰]. این کاربیدها نظیر کاربیدهای ε با ساختار هگزاگونال و کاربیدهای η با ساختار اورترومبیک هستند که در صورت بیشتر شدن زمان برگشت دادن و یا برگشت دادن در درجه حرارت بالاتر، به فاز پایدارتری تبدیل می شود [۲۰].

بررسی نمودارهای ضریب اصطکاک نیز که در شکل (۷) آمده است، نشان میدهد که مقاومت به سایش برای نمونهی سریع

> افزایش پهنهی نوسانات نمودار میتواند موید این آمر باشد. در صورتیکه در مورد نمونهی سریع سرد شده و بازگشت داده شده که حاوی ذرات کاربیدی است، در نیروی یاد شده، ذرات به دلیل افزایش استحکام برشی زمینه قادر به حفظ زمینه از ساییده شدن هستند که این امر نیز با پهنهی باریکتر نمودار قابل توجیه است[11].

> با مشاهده تصاویر سطح سایش در شکلهای (۸) و (۹) می توان تفاوت در مقدار سایش را که در نمودارهای ضریب اصطکاک مشخص است، به این دلیل بیان کرد که در ابتدا سایش فقط بین دو سطح در تماس، یعنی پین فولادی و برجستگیهای سطح، محدود می شود؛ که موجب مقدار کم ضریب اصطکاک در ابتدای

سرد شده و برگشت داده شده در نیروی ۲۵ نیوتن بیشتر است. نوسانات ضریب اصطکاک در نمونه سریع سرد شده و برگشت داده شده تقریبا یکنواخت و باریکتر است در حالی که در نمونه آستمپر شده فقط در مسافتهای ابتدایی احتمالا به خاطر اثر روانکاری گرافیت، ضریب اصطکاک پایین است و در طی مسافتهای بیشتر روند صعودی ضریب اصطکاک مشاهده میشود،با توجه به زمینهی آسفریت با سختی 40 HRC احتمالا با افزایش مسافت لغزش و ایجاد حرارت موضعی، استحکام برشی ناحیه سطحی برای مقاومت در برابر سایش کافی نبوده است و در نتیجه به دلیل سطح تماس بیشتر پین و دیسک و افزایش عمق تغییر شکل پلاستیکی، برادهی بیشتری تولید میشود که



شکل ۶- مقایسه کاهش جرم نمونهها در دو حالت آستمپر شده و سریع سرد شده و بازگشت داده شده در نیروی ۲۵ نیوتن



شکل ۷- الف) نمودار تغییرات ضریب اصطکاک بر حسب مسافت برای نمونهی آستمپر شده، تحت نیروی ۲۵ نیوتن، ب) نمودار تغییرات ضریب اصطکاک برحسب مسافت برای نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده شده، تحت نیروی ۲۵ نیوتن



شکل ۸- تصاویر سطح سایش نمونهی آستمپر شده تحت نیروی ۲۵ نیوتن الف) تصویر الکترون برگشتی، ب) تصویر الکترون ثانویه، ج) آنالیز عنصریEDS



Fe	۴۷'/.
С	۱۱٪.
0	7.41

(ج)

(الف)

شکل ۹- تصاویر سطح سایش نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده شده تحت نیروی ۲۵ نیوتن: الف) تصویر الکترون برگشتی ب) تصویر الکترون ثانویه ج) آنالیز عنصریEDS

(ب)

نمودار است. از طرف دیگر گرافیتهای موجود در سطح به عنوان روان کار جامد عمل مینمایند که این امر موجب کاهش ضریب اصطکاک در این مرحله میشود. شروع سایش در ابتدا از مکانیزم سایش چسبان تبعیت میکند که بین دو سطح فلزی تماس برقرار میشود. انجام آزمایش در دمای محیط باعث بالا رفتن دما میشود و آنگاه ذرات فلزی تبدیل به ذرات اکسیدی میشود، مادامی که این لایه اکسیدی نسبتا ضخیم باشد سایش ملایم است و زمانی که این لایه کنده میشود، سایش سخت و شدید میشود. در مورد نمونهی آستمپر شده به نظر میرسد سختی سطح (آسفریتی) در نیروی ۲۵ ۲ از استحکام کافی جهت حفظ

لایه یاکسیدی برخوردار نبوده و به دلیل افزایش تغییر شکل در اثر افزایش مسافت، از تشکیل لایه اکسیدی پیوسته در سطح جلوگیری می شود، شکل (۸). اما با توجه به شواهد نشان داده شده در شکل (۹) یعنی حضور مناطق اکسیدی وسیعتر در سطح سایش (شکل (۹- الف و ج)) می توان گفت که در اثر حضور ذرات کاربیدی در نمونه سریع سرد شده و بازگشت داده شده به دلیل نیروی کم ۸ ۲۵ و افزایش استحکام برشی مناطق سطحی، در اثر بالا بودن درجه حرارت موضعی محل تماس، منجر به تشکیل لایههای اکسیدی می شود که در نتیجه نقش روان کاری این لایههای اکسیدی تماس فلز – فلز از این مناطق قطع شده و در

> نتيجه ضريب اصطكاک نيز کاهش پيدا میکند، شکل (۷-ب). در نتیجه این امر، نمونه سریع سرد شده و بازگشت داده شده در مقایسه با نمونه آستمپر شده از مقاومت سایشی بالاتری برخوردار است. به عبارت دیگر به دلیل پایین بودن نیروی وارده، اکسید تشکیل شدہ توسط زیرلایہ مارتنزیتی مورد حمایت قرار می گیرد[۲۳،۲۲].

شکل (۱۰)، روند کاهش جرم نمونهها در نیروی ۷۵ نیوتن را نشان می دهد. در ابتدای سایش و مسافتهای اولیه، هر دو نمونه مقاومت سایشی خوبی از خود نشان دادند. نمونه سریع سرد شده

و برگشت داده شده به سبب زمینه مارتنزیتی و حضور کاربیدهای و نمونهی آستمیر شده به سبب روان کاری حالت جامد گرافیت و تغییر در زمینه آسفریتی آن در اثر انجام استحاله TRIP دارای مقاومت به سایش خوبی هستند. اما در مسافتهای بالاتر، نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده شده تحت این نیروی بالا، مقاومت به سایش خود را از دست داده و سریعا کاهش وزن بالا می رود. کاهش مقاومت به سایش برای نمونهی سریع سرد شده و برگشت داده، شده در منحنی ضریب اصطکاک در شکل (۱۱) نیز دیده می شود.



شکل ۱۰- مقایسه کاهش جرم نمونهها در دو حالت آستمپر شده و سریع سرد شده و بازگشت داده شده در نیروی ۷۵ نیوتن



شکل ۱۱- الف) نمودار ضریب اصطکاک برحسب مسافت نمونهی آستمپر شده، تحت نیروی ۷۵ نیوتن ب) نمودار تغییر ضریب اصطکاک بر حسب مسافت نمونهی برگشت داده شده، تحت نیروی ۷۵ نیوتن



شکل ۱۲- تصاویر سطح سایش نمونهی آستمپر شده تحت نیروی ۷۵ نیوتن الف) تصویر الکترون برگشتی، ب) تصویر الکترون ثانویه، ج) آنالیز عنصریEDS





(ج)

شکل ۱۳- تصاویر سطح سایش نمونهی سریع سرد شده برگشت داده شده تحت نیروی ۷۵ نیوتن: الف) تصوير الكترون برگشتى ب) تصوير الكترون ثانويه ج) آناليز عنصرىEDS

ضریب اصطکاک سریعا افزایش مییابد. در تصاویر سطح سایش این نمونه هم مشخص است (شکل (۱۲) و شکل (۱۳))، که میزان اکسیژن موجود در سطح نمونه سریع سرد شده و برگشت داده شده، از نمونه آستمپر شده بیشتر است. مکانیزم غالب احتمالی، از نوع سایش اکسیدی است که به دلیل تشکیل لایه های اکسیدی، شکل (۱۳-ج)، که توسط زمینه مارتنزیتی سخت حفظ می شود، ضریب اصطکاک به طور قابل توجهی تا مسافتی نزدیک به ۲۰۰ متر ابتدایی به حداقل رسیده است (و پس از آن تغییر قابل ملاحظهای در نمودار مشاهده میشود)، شكل (۱۱-ب). اما در ادامه لغزش سطوح با ایجاد حرارت موضعی بیشتر در تماس واقعی پین و دیسک، مارتنزیت بیشتری برگشت داده می شود و سختی زمینه کاهش پیدا می کند که قادر به حفظ ذرات کاربیدی و همین طور اکسیدهای تشکیل شده نخواهد بود www.SID.ir

و در نهایت مقاومت به سایش برای نمونه سریع سرد شده و برگشت داده شده به طور قابل توجهی افت پیدا می کند. اما در نمونه آستمپر شده مقاومت به سایش بهتری مشاهده می شود. اعمال تغییر شکل بیشتر در نیروی ۷۵ N در این نمونه منجر به افزایش مقدار مارتنزیت در اثر تبدیل γ→Mar می شود. به این صورت که آستنیت در نمونهی آستمپر شده در اثر تنشهای مکانیکی در اعمال نیروی سایشی به مارتنزیت تبدیل شده است و باعث بهبود خواص سایشی می شود. اثر روان کاری گرافیت در این جا نسبت به نیروی پایین تغییر میکند و خود از عوامل سایش می شود زیرا محل اصلی جوانه زنی و رشد ترکها، همین کرههای گرافیت هستند. لو و همکاران[۱۵] معتقدند که هنگامی که مواد ساینده در نیروهای زیاد به کرههای گرافیت مىرسند، به علت كم بودن استحكام و نداشتن حالت الاستيك

پژوهشنامه ریختهگری، پاییز ۱۳۹۸، جلد ۳، شماره ۳، صفحات ۱۴۱–۱۵۰

Archive of SID

مراجع

- Rundma K.B., Moore D.J., Hayrynen K.L., Dubensky W.J., Rouns T.N., The microstructure and mechanical properties of austempered ductile iron, Journal of Heat Treatment, 1988, 79–95.
- [2] Keough J. R., An ADI market primer, Foundry Managment, 1999, 27–31.
- [3] Sellamuthu P., Samuel D.G., Harris D.D., Premkumar V., Li Z., Seetharaman S., Austempered Ductile Iron (ADI): Influence of austempering temperature on microstructure, mechanical and wear properties and energy consumption, Metals, 2018, 8, 53.

[4] منتظری س.م.، کزازی آ.، بوترابی س.م.ع.، سینتیک آستمپرینگ چدن

با گرافیت فشرده حاوی ۵ ٪ آلومینیم، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی

مواد و متالورژی، ۱۳۹۶.

[5] شاکری ب.، بوترابی س.م.ع، بررسی ریزساختار و سختی چدن نشکن آلومینیمی آستمپرشده (Fe-3.4C-4.3Al-Mg) در محدوده بینایت بالایی،

یژوهشنامه ریخته گری، تابستان ۱۳۸۹، جلد ۳، شماره ۲، صفحات ۹۵–۹۰.

- [6] Rouns, T.N., Rundman, K. B., Constitution of Austempered ductile iron and kinetics of austempering, AFS Trans, 1987, 399–409.
- [7] Sohi M.H., Nili Ahmadabadi M, Bahrami Vahdat A., The role of austempering parameters on the structure and mechanical properties of heavy section ADI, Journal of Materials Processing Technology, 2004, 153-154, 203– 208.
- [8] Harding R.A., The production, properties and automotive applications of austempered ductile iron, Kovove Materialy, 2007, 1–16.
- [9] ASM handbook Volume 04 Heat Treating, 2008.
- [10] Hayrynen K.L., Brandenberg K. R., Keuogh J.R., Application of Austempered Ductile Irons, AFS Transactions, 2002, 1-10.
- [11] Suh N.P., Tribophysics, Pretice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA,1986.
- [12] Totten GE. ASM Handbook, Volume 18: Friction, Lubrication and Wear Technology. ASM international, Cleveland, 1992.
- [13] Palak A., Tanusz C., The meclanism of chages in the Surface layer of gray cast iron automotive brake disc, Materials Research, 2005, 435–479.

و مکانیکی، رفتار سایشی و [14] اصل رحیمی مع، بررسی خواص مکانیکی، رفتار سایشی و Mo- Ni- سختی پذیری چدن نشکن آستمپر حاوی عناصر آلیاژی

Cu، پنجمین کنفرانس ملی مهندسی ساخت و تولید، تهران، انجمن

- [15] Luo Q, Xie J, Song Y., Effects of microstructures on the abrasive wear behaviour of spheroidal cast iron, Wear, 1995, 184(1)1-10.
- [16] Fordyce E P, Allen C., The dry sliding wear behaviour of an austempered spheroidal cast iron, Wear, 1990, 135(2) 265–278.
- [17] Haseeb A.S.M.A., Islam M.A., Bepari M.M.A., Tribological behaviour of quenched and tempered, and austempered ductile iron at the same hardness level, Wear, 2000, 244(1-2) 15–19.
- [18] Wang B., Barber G., He M., Sun X., et al., Study of Ausferrite Transformation Kinetics for Austempered Ductile Irons with and without Ni, SAE Tech, 2016.
- [19] Rundman K.B., Moore D.J., Hayrynen K.L., Dubensky J., Rouns T.N., The microstructure and mechanical properties of austempered ductile iron, Journal of Heat Treatment, 1988, 79–95.
- [20] George, E. T., Steel Heat Treatments: metallurgy and Technologies, Steel treatment hand book, 2007.

در برابر فشار یا تنش، گرافیت در جهت تنشهای اعمالی در مرز مشترک گرافیت و زمینه زبانهدار می شود. با ادامه سایش در اثر تماس با ذرات ساینده، قسمتی از گرافیت کنده شده و به جای آن حفره ایجاد می شود. در واقع جای خالی، گرافیت ها بهترین محل برای جوانهزنی ترکها است پس هرچه لایههای آسفریتی دور گرافیت بیشتر باشد، میزان سایش کمتر است. ژانگ و زیلو[۲۴] یی بردند که سطح نمونه آستمیر شده، اکسید شده و Fe₃O₄ روى سطح ايجاد مى شود. مخلوط لايه هاى اكسيدى و گرافیت باعث جلوگیری از اتصال سطوح تحت سایش می شود و چسبندگی بین قلههای تماس ساینده نمونه کمتر میشود. پس مقاومت سایشی بهتر نمونهی آستمیر شده در نیروی ۷۵ N در مقایسه با نمونه سریع سرد شده و برگشت داده شده به دلیل انجام استحاله TRIP است. علت افزایش بیشتر سایش نسبت به نیروی کمتر را می توان به از بین رفتن خاصیت روانکاری گرافیت نسبت داد. در تحقیقات وانگ و همکارانش [۲۵] نشان داده شده است که در نیروهای بالا و در مسافتهای زیاد با توجه به دلایل ذکر شده، چدن آستمیر شده بر نوع سریع سرد شده و بازگشت داده شده برتری دارد [۲۶].

۴- نتیجهگیری

- ۱- در نمونه سریع سرد شده و برگشت داده شده، با افزایش نیرو و در مسافت زیاد، میزان کاهش جرم و تخریب افزایش مییابد. دلیل این اتفاق احتمالا میتواند به کاهش سختی نمونه در اثر برگشت داده شدن مارتنزیتهای بیشتر، با افزایش درجه حرارت در سطح تماس، نسبت داده شود.
- ۲- در نیروی پایین، چدن سریع سرد شده و بازگشت داده مقاومت سایشی بالاتری در مقایسه با حالت آستمپر شده از خود نشان میدهد. علت این امر را میتوان به نقش حضور ذرات بسیار ریز کاربید انتقالی نسبت داد.
- ۳- در نیروی بالا، نمونههای آستمپر شده نسبت به آنهایی که سریع سرد شده و برگشت داده شدهاند از مقاومت به سایش بالاتری برخوردارند. دلایل بهبود مقاومت به سایشی در این نمونهها را میتوان به انجام تحول TRIP در اثر تغیرشکل زیاد سطح نمونه در این نیرو نسبت داد.
- ۴- در نیروی N ۲۵، مکانیزم غالب احتمالی سایش، در چدن آستمپر شده از نوع چسبان همراه با تشکیل لایهی تریبولوژیکی و در نمونهی سریع سرد شده و بازگشت داده شده از نوع اکسیدی بوده است. درحالی که در نیروی بالا، N ۵۸، تقریبا عکس چنین مکانیزمی اتفاق افتاده است.

149

- [25] Wang B., et al., Tribological performance of austempered and tempered ductile iron, Metallurgical and Materials Transactions B, 2018, 49, 2261-2269.
- [26] Pourasiabi H., Saghafian H., Pourasiabi H., Effect of Austempering Process on Microstructure and Wear Behavior of Ductile Iron Containing Mn-Ni-Cu-Mo, Metals and Materials International, 2013, 67–76.
- [21] Hutchings I., Shipway, P., Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials, Butterworth-Heinemann, Second Edition, 2017.
- [22] Balachandran G., Vadiraj A., Kamaraj, Kazuya E., Mechanical and wear behavior of alloyed gray cast iron in the quenched andtempered and austempered condition, Materials Design, 2011, 4042–4049.
- [23] Davis J.R., Cast irons ASM specialty handbook, 1st ed. ASM International, 1996.
- [24] Lu G.X. Zhange H., Siliding wear characteristics of austempered ductile iron with and without laser hardening, Wear, 1990, 138(1-2) 1-12.



Research Paper:

Comparison of Wear Behavior of a Ductile Iron in Austempered and Quenched- Tempered Conditions

Founding Research Journal

Hassan Saghafian Larijani^{1*}, Soheil Navaie², Ali Sharifi²

1. Associate Professor, 2. Graduated Student,

School of Metallurgy and Materials Engineering, Iran University of Technology, Tehran, Iran * Corresponding Author: P.O. Box 16846-13114, Narmak, Tehran, Iran. Tel/Fax: +98 21 77240371, saghafian@iust.ac.ir

Paper history: Received: 19 April 2019	Abstract:
Accepted: 12 August 2019	In this study, wear behavior of the pearlitic ductile cast iron samples with the same hardness achieved by applying two different heat treatment cycles have been studied. A number of these samples after austenitzing at 900°C were quenched into a molten salt bath of 290°C for holding time of 120 minutes followed by cooling in air. The rest of the samples after being austenitized under the same conditions were quenched in oil and then were tempered in 505°C for 75 minutes.
Keywords: Ductile cast iron, Austempering, Quench and temper, Heat treatment, Wear.	To compare wear behavior of the aforementioned cast irons, the "pin on the disk" method based on the ASTM-G99 standard was used. In this method, the samples were prepared in the form of disks and were worn by 52100 steel pins for a constant distance of 1000 meters and the sliding speed of 0.08 m/s at the applied loads of 25 N and 75 N. Based on the results obtained from the wear surface observations, mass reduction and friction coefficient measurements of the worn samples, it was revealed that at the lower applied load, the quenched and then tempered samples exhibited a higher wear resistance comparing to the austempered samples. Whereas at the higher applied load (75 N) the inverse result was achieved.

Please cite this article using:

Hassan Saghafian Larijani; Soheil Navaei; Ali Sharifi, Comparison of Wear Behavior of a Ductile Iron in Austempered and Quenched- Tempered Conditions, in Persian, Founding Research Journal, 2019, 3(3) 141-150. DOI: 10.22034/frj.2019.179001.1079

Journal homepage: www.foundingjournal.ir