بررسی رفتار سایشی و خصوصیات ریز ساختاری سطح بور داده شده و سطح تبریدی در آلیاژ چدن خاکستری

فرید حدادی[1]، مهدی امیدی[2]، سید ابراهیم حسینی[1]
۱- دانشگاه جامع علمی کاربردی توحید اصفهان
۲- دانشکده مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

چکیده

آلیاژ GG25 یکی از پر مصرف‌ترین آلیاژهای چدنی در صنایع ماشین سازی می‌باشد. در این تحقیق رفتار اصطکاکی و مقاومت به سایش در سطوح تبریدی و بور داده شده آلیاژ GG25 بررسی شد. خصوصیات ساختاری اعم از ریز ساختار، توزیع سختی، خصوصیات سطح و کاهش وزن در نمونه‌ها به صورت تابعی از نیروهای اعمالی بررسی شد. سطوح تبریدی حاوی لدبوریت با لایه‌های سمنتیتی و سطوح بور داده شده حاوی ترکیبات Fe_3B ، $Fe_{23}B_6$ و Fe_2B می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که خصوصیات سطح و مقاومت به سایش سطوح بور داده شده حاوی ترکیبات Fe_2B و Fe_3B دارای برتری نسبت به سطوح تبریدی و عملیات حرارتی نشده است.

کلیدواژه:

سایش؛ بور؛ Fe_2B ؛Fe_3B؛ چدن تبریدی.

۱- مقدمه

آلیاژ GG25 کاربرد وسیعی در ساخت قطعات ماشین دارد. عموماً برای افزایش مقاومت به سایش، سطح قطعات در هنگام انجماد به سرعت سرد می‌شوند. خصوصیات مکانیکی سطح به وسیله عملیات حرارتی شیمیایی بور دهی افزایش می‌یابد. لذا در صنایع اتومبیل سازی به جای فرآیند سرد کردن سریع مذاب (بدست آوردن ساختار چدن سفید) مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱و۲]. فرآیند بوردهی بر روی سطح یکی از فرآیندهای عملیات حرارتی به روش شیمیایی است که برای آلیاژهای آهنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فرآیند سطحی غنی از بور و حاوی ترکیبات Fe-B بدست می‌آید. با حضور این فازها مقاومت به سایش، خراش و خوردگی افزایش می‌یابد. لایه‌های Fe_2B , FeB دارای خصوصیات مناسب سطح و مقاومت به خوردگی را افزایش می‌دهد [۳و۴].

ضخامت لایه‌های بور داده شده عموماً در محدوده۴۰ تا۲۷۰ میکرومتر می‌باشد و دارای سختی ۶۰۰ تا ۴۰۰۰ مقیاس ۰/۳ویکرز است [۵]. کاربردهای صنعتی این فرآیند در

خصوص قطعاتی همچون میل لنگ، میل بادامک و تجهیزات کشاورزی می‌باشد [۶و۷]. لدبوریت، سمنتیت و مارتنزیت درلایه‌های سریع سرد شده مذاب چدن خاکستری مشاهده می‌شود. برای دستیابی به حداکثر استحکام لایه‌های زیرین سطوح تبریدی، لازم است ساختار حاوی پرلیت، گرافیت و سمنتیت باشد [۸]. معمولا فسفر در مقادیر اندک به مذاب چدن افزوده می‌شود؛ مقداری از آن در شبکه حل شده و مازاد بر حد حلالیت در مرز دانه به صورت فاز استدیت رسوب می‌کند. با افزودن فسفر به ترکیب شیمیایی سیالیت به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر افزایش این عنصر بر ترکیب شیمیایی یوتکتیک اثر می‌گذارد. در ریخته‌گری ضخامت‌های کم از این خصوصیت فسفر برای افزایش سیالیت مذاب به جای افزایش فوق گداز استفاده می‌شود. حضور فاز استدیت موجب کاهش زمان عملیات حرارتی نرماله و سهولت در ماشینکاری و در نهایت صرفه اقتصادی می‌گردد [۹].

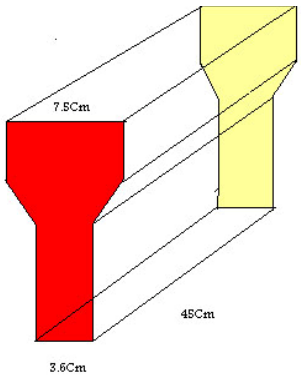
با افزودن ۰/۵ درصد فسفر به ترکیب شیمیایی، مقاومت به سایش و قابلیت ماشین کاری افزایش می‌یابد ولی مقاومت در برابر ضربه به شدت کاهش پیدا می‌کند. مقادیر کمتر ۰/۲ درصد فسفر در ترکیب شیمیایی موجب به وجود آمدن رسوبات پراکنده در زمینه می‌گردد و اثر قابل توجهی بر خصوصیات مکانیکی ندارد. افزودن مقادیری بیش از ۰/۵درصد فسفر به ترکیب شیمیایی در چدن خاکستری موجب کاهش دمای تبدیل شکست ترد به نرم می‌گردد. از فسفر در ریخته‌گری کفشک‌های چرخ قطار استفاده می‌گردد [۹].

۲- روش تحقیق

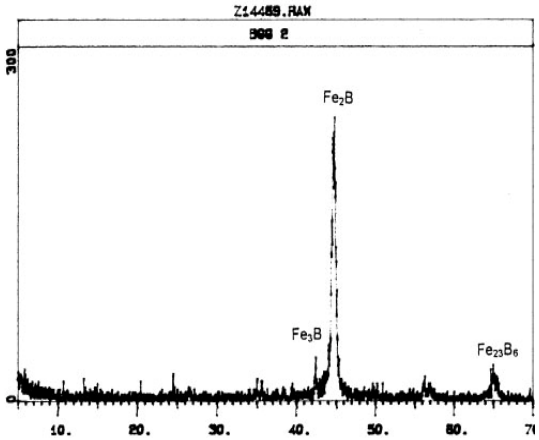
در این تحقیق آلیاژ GG25 در سه گروه با ترکیب شیمیایی ارائه شده در جدول(۱) مورد آزمایش قرار گرفت. نمونه‌ها به روش ریخته‌گری و با استفاده از کوره القایی با فرکانس متوسط در قالب ماسه‌ای تهیه شدند. به منظور قالب گیری از Y- بلوک با استاندارد A438-84 استفاده شد. در نهایت نمونه‌ها در دمای ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد ریخته‌گری شدند. گروه اول شامل آلیاژ GG25 ساده می‌باشد. گروه دوم شامل آلیاژ GG25 است که سطح آن در فرآیند عملیات

جدول(۱): ترکیب شیمیایی آلیاژ GG25.

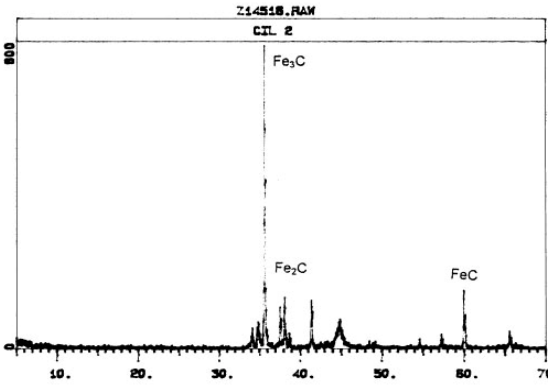
آلیاژ	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Fe
GG25	۳/۱	۱/۹	۰/۷	۰/۲	۰/۱	باقیمانده



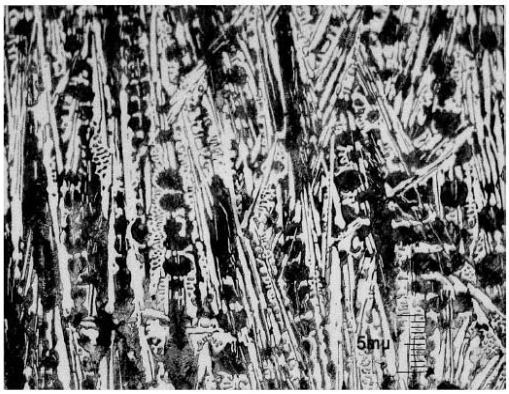
شکل(۱): نمونه ای از Y- بلوک با استاندارد A438-84.



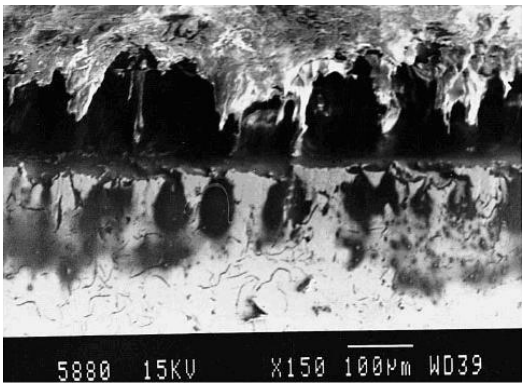
شکل(۲): فازهای موجود در سطح نمونه بور داده شده.



شکل(۳): فازهای موجود در سطح نمونه تبریدی.



شکل(۴): ریز ساختار سطح نمونه تبریدی به دست آمده توسط میکروسکوپ نوری.



شکل(۵): ریز ساختار سطح نمونه بور داده شده به دست آمده توسط میکروسکوپ الکترونی.

حرارتی شیمیایی بور داده شده است؛ در این فرآیند آلیاژ GG25 در دمای ۹۴۰°C در زمان ۴ ساعت نگهداری شده و پس از آن نمونه‌ها در محفظه‌ای حاوی B_4C در دمای ۴۰۰ °C وارد و نگهداری می‌شود. سپس نمونه‌ها تا دمای محیط سرد می‌شوند.

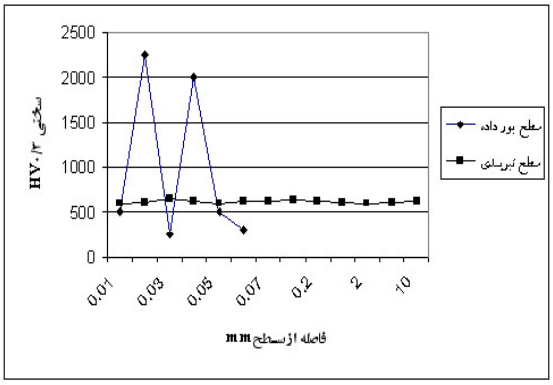
گروه سوم شامل آلیاژ GG25 است که در دمای ۱۴۵۰°C در مدت ۱۰ دقیقه در کنار مبردهای چدنی با ضخامت‌های کافی از فاز مذاب به فاز جامد تبدیل می‌شود. پس از آن در مدت زمان ۵ ساعت تا دمای محیط سرد می‌شود. نمونه‌های بدست آمده جهت مطالعه متالوگرافی مقطع‌زده شده، سطوح بدست آمده، پولیش شد و در محلول نایتال ۳ درصد حکاکی شدند. در مطالعات متالوگرافی از میکروسکوپ نوری و الکترونی استفاده شد. سختی سنجی در مقیاس ماکرو انجام شد. آزمایش سایش به روش پین روی دیسک در شرایط خشک و با سرعت ۳۰۰ دور بر دقیقه انجام گردید. میزان نیروی اعمالی در هر آزمایش برابر ۴۷، ۵۲، ۶۲، ۷۴ و ۸۲ نیوتن در مدت زمان ۴۸۰ ثانیه انتخاب شد. همچنین میزان کاهش وزن در محدوده زمانی ۱ تا ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد. فازهای موجود سطح در نمونه‌های تبریدی و عملیات حرارتی شده توسط آزمایش تفرق اشعه X شناسائی شد .

۳- نتایج و بحث

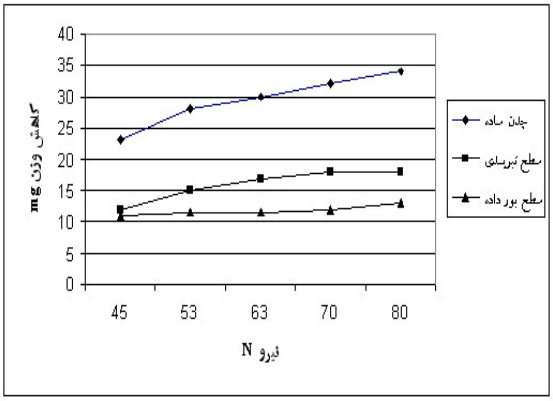
شرایط مورد نیاز برای فرآیند بوردهی، اتمسفری است که بتوان اتم‌های بور به سطح اضافه شود و فازهای FeB یا Fe_2B و $Fe_{23}B_6$ یا هر سه تشکیل شود. همان گونه که در شکل(۲) مشاهده می‌شود، پیک‌های آزمایش تفرق اشعه X بیانگر وجود فازهای $Fe_{23}B_6$، Fe_2B، Fe_3B می‌باشد. پیک‌های موجود در شکل(۳) بیانگر وجود فازهای FeC , Fe_3C , Fe_2Cمی باشد. شکل(۴) نشان دهنده ساختار تبریدی کاملاً جهت‌دار می‌باشد. رشد جهت‌دار کاربیدها و مورفولوژی تیغه‌ای از ویژگی‌های یک ساختار تبریدی است. در شکل(۵) ریز ساختار حاصل از میکروسکوپ الکترونی بیانگر وجود لایه‌های متناوب Fe_2B، $Fe_{23}B_6$، Fe_3B و رسوبات پراکنده گرافیت می‌باشد. همانگونه که در شکل(۶) نشان داده شده است میزان سختی در نقاط مشابه بور داده شده بیشتر از سطح تبریدی است که ناشی از وجود ترکیبات آهن و بور می‌باشد. علت تغییرات گسترده در مناطق مختلف سطوح بور داده شده، وجود ناپیوستگی در فازهای سخت آهن و بور در مناطق مختلف ساختار می‌باشد.

با توجه به شکل(۷) مشخص می‌شود که با افزایش میزان نیروی اعمالی در زمان ۴۸۰ ثانیه میزان کاهش وزن با شیب افزاینده ای افزایش می‌یابد.

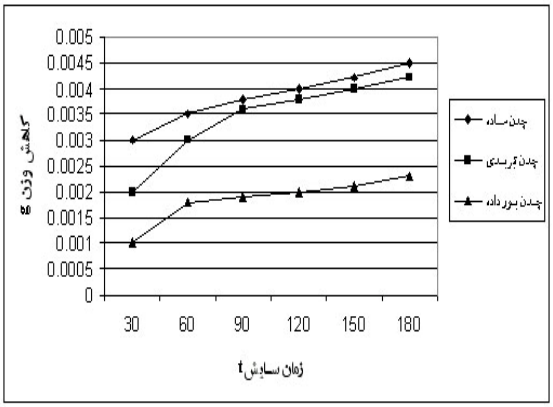
همانگونه که از شکل(۸) بر می‌آید با افزایش زمان آزمایش سایش با اعمال نیروی ۶۰ نیوتن میزان کاهش وزن با شیب افزاینده ای افزایش می‌یابد. ذرات سیاه رنگ اکسیدی در نمونه‌های مورد سایش به وسیله میکروسکوپ الکترونی قابل



شکل(۶): تغییرات سختی به صورت تابعی از فاصله از سطح.

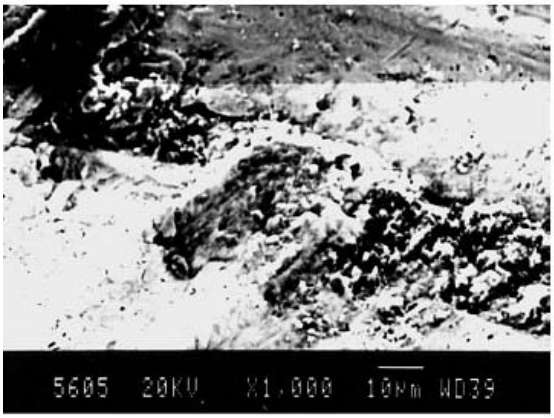


شکل(۷): کاهش وزن نمونه های سایش به صورت تابعی از میزان نیروی اعمالی در زمان ۴۸۰ ثانیه.

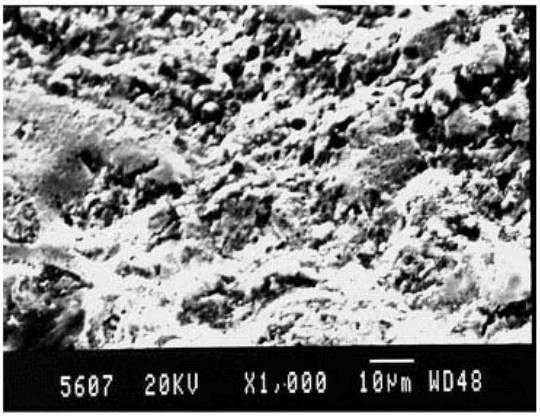


شکل(۸):کاهش وزن نمونه های سایش به صورت تابعی از زمان با نیروی اعمالی ۶۰ نیوتن.

مشاهده می‌باشند. از شکل(۹) می‌توان نتیجه گرفت که ساختار سطح مورد آزمایش مقاومت به سایش حاوی ذرات اکسیدی



شکل(۹): ریز ساختار سطح تبریدی نمونه سایشی.



شکل(۱۰): ریز ساختار سطح بور داده شده نمونه سایشی.

است. با توجه به شکل(۱۰) مشاهده می‌شود که دانسیته و پراکندگی ذرات اکسیدی در دو نمونه متفاوت است. همچنین مشاهده می‌شود که خراش‌های موجود در سطح نمونه‌های تبریدی عمیق‌تر از خراش‌های موجود درنمونه بور داده شده می‌باشد.

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به حضور فازهای Fe_3B، $Fe_{23}B_6$ وFe_2B سختی سطح و مقاومت به سایش در چدن خاکستری بور داده شده نسبت به سطوح تبریدی و عملیات حرارتی نشده افزایش می‌یابد. احتمال می‌رود در آلیاژ GG25 ذرات گرافیت موجود در سطح به عنوان روانکار عمل کنند و در افزایش مقاومت به سایش موثر باشد. ضخامت لایه بور داده شده بسیار نازک و

شکننده است، ولی لایه‌های گرافیت موجود در سطح از شکنندگی آن می‌کاهد . بنابراین مقاومت به سایش افزایش می‌یابد. افزایش بار اعمالی و زمان سایش موجب کاهش مقاومت در برابر عوامل ساینده می‌شود. افزایش بور به سطح موجب کاهش عمق کندگی از سطح مورد سایش می‌شود. عدم حضور لایه‌های گرافیت و انعطاف‌پذیری اندک تیغه‌های سمنتیت در نمونه‌های تبریدی موجب کاهش مقاومت به سایش نسبت به سطوح بور داده شده می‌شود.

۵- مراجع

[1] R. A. Hitgins, "Properties of Engineering Materials", Edward Arnold A

[2] F. K. Reinke, "Met. Sci. Heat Treatment 31" (1989) 367-373.

[3] K. Miyoshi, D. H. Buckley, S. A. Alterovitz, J. J. Pouch, D. C. Liu, in: "Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers II", C222/87, Institute of Mechanical Engineers Conference, 1987, pp. 621-628

[4] B. SelcËuk, "Wear and friction behaviour of borided AISI 1020 and5115 steels", Ph. D. Thesis, Erciyes University F. B. E. , Kayseri, Turkey, June 1994.

[5] S. Miyake, S. Watanabe, M. Murakawa, "Thin Solid Films" 212 (1992) 262-266.

[6] A. G. Matuschka, "Borieren", Carl Hanser, Munich, 1977.

[7] C. Klenke, Tribol. Int. 23 (1990) 23-26.

[8] H. Hunger, G. Trute, "Heat Treatment Met. 2" (1994) 31-39.

[9] B. Finnern, "Durferrit Technische Mitteilungen", Degussa, 6450 Hanau am Main, Germany.