

تأثیر عناصر آلیاژی Ni, Cr بر ریزساختار و رفتار سایشی فولاد پرکربن مورد استفاده در رینگ های نورد گرم مقاطع.

محمد رضا شریفیان¹، محمود عباسی²، مریم کمائی³، فرهاد منفردی⁴، حسن بدیعی⁵.

شرکت ایران غلتک^{1,3,4,5}-دانشگاه کاشان، دانشکده مواد و متالورژی²

چکیده:

یکی از روش های افزایش کارکرد رینگ های مورد استفاده در خط نورد تیر آهن افزایش عناصر آلیاژی مؤثر در بهبود سختی و مقاومت در برابر سایش می باشد به موازات این رویه جهت دستیابی به کارکرد مطلوب اتخاذ سیکل عملیات حرارتی مناسب از دیگر موارد مهم در این روند می باشد. در پژوهش حاضر رینگ های فولادی به روش گریز از مرکز افقی و در شرایط متغیر بودن ترکیب شیمیایی در مقیاس صنعتی ریخته گری شدند. سپس نمونه ها بصورت مشابه تحت سیکل عملیات حرارتی قرار گرفتند. آزمون های میکرو سختی سنجی، سایش رفت و برگشتی در دمای بالا، مقایسه ریزساختار و آنالیز تصویری جهت بررسی تأثیر عناصر آلیاژی مورد استفاده قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد با افزایش عنصر Cr می توان ضمن کاهش سختی زمینه، افزایش سختی کاربیدها را فراهم آورد که کلیه پارامترهای سایش و راندمان تحت اثر این مطلب بهبود می یابد.

کلمات کلیدی: رینگ، نورد تیر آهن، ریخته گری گریز از مرکز افقی، فولاد پرکربن، رفتار سایشی.

¹ Sharifian163@yahoo.com

مقدمه:

رینگ های فولادی یکی از اصلی ترین اجزاء خط نورد می باشند که در تولید انواع محصولات نوردی به کار می روند و به دو روش کلی ریخته گری گریز از مرکز و تک باری مطابق با شکل 1.الف و 1.ب تولید می شوند.[1] بدین منظور پارامترهای مؤثر بر کیفیت آنها اعم از آنالیز به کار رفته، عملیات حرارتی و شرایط کاربردی این نوع محصولات در خط نورد، قابل کنترل می باشد.[1-6] یکی از مهم ترین پارامترهای تأثیرگذار بر کارکرد رینگ های نوردی در خط نورد آنالیز بکار رفته در تولید آنهاست که طیف گسترده ای از عناصر آلیاژی اعم از کربن، نیکل، کروم و مولیبدن بر ساختار نهایی آنها تأثیرگذار می باشد.[1-3، 7-9] لازم به ذکر است هر یک از آنالیزها جهت استحصال نتیجه مطلوب، با توجه به محل به کارگیری و استند مورد نظر تعیین می گردد. بدین منظور مجموعه ای از خواص مکانیکی اعم از مقاومت در برابر سایش، ترک های حرارتی و افزایش استحکام مدنظر می باشد جهت دستیابی به این مهم مجموعه ای از خواص عناصر گرافیت زا و کاربردزا در کنار یکدیگر مشارکت داشته و ما را به انتخاب آنالیز متناسب با محل به کارگیری رینگ سوق می دهد.[8-10] در این راستا با توجه به خواص هر یک از عناصر فولادی آنالیز متناسب برگزیده و مورد استفاده قرار می گیرد.[11] پس از انتخاب آنالیز مورد نظر از آن جایی که کارکرد رینگ های فولادی گریز از مرکز در مقایسه با رینگ های فولادی استاتیک از کیفیت بالاتری، به جهت یکنواختی ساختار برخوردار است، نسبت به ریخته گری این رینگ ها به روش دینامیک افقی اقدام نموده و در ادامه با توجه به آنالیز به کار رفته و درصد ترکیب شیمیایی نسبت به انجام عملیات حرارتی مناسب اقدام می کنیم.[3، 1-7] لذا در پروژه حاضر پارامتر متغیر مقدار عناصر آلیاژی محلول در ساختار و از طرفی کاربردزا در نظر گرفته شده است.

روش تحقیق:

محدوده ترکیب شیمیایی نمونه های فولادی مورد استفاده در این پژوهش در جدول 1 ارائه شده است.[4، 5] به منظور ریخته گری این رینگ ها فرایند آماده سازی ذوب در کوره ذوب القایی و در مقیاس صنعتی انجام شد و بعد از آن ریخته گری به روش گریز از مرکز در قالب فلزی گریز از مرکز افقی مطابق با شکل 1-ب صورت گرفت. در ادامه پس از تخلیه رینگ ها از قالب، عملیات حرارتی مناسب بر روی آن ها انجام شد و بعد از آن برش کاری رینگ ها جهت تهیه نمونه های مورد نیاز برای آزمون های بررسی ریزساختار، سایش رفت و برگشتی دما بالا و میکروهندس صورت گرفت. عکس

برداری از نمونه ها بررسی ریزساختار با انجام روش استاندارد متالوگرافی و تصویربرداری توسط میکروسکوپ نوری انجام شد و در ادامه بررسی فازهای موجود با استفاده از نرم افزار آنالیز تصویر MIP صورت گرفت. همچنین آزمون سایش با استفاده از دستگاه Temperature Wear Test Machine High- شرکت تجهیز صنعت نصر انجام شد در ادامه آزمون میکروسختی نیز با استفاده از روش ویکرز و دستگاه Micro Hardness- پژوهشکده هوافضای اصفهان به منظور بررسی سختی فازهای متشکل در ساختار نمونه ها انجام شد.

نتایج و بحث:

در شکل 2، ریزساختار مربوط به دو نمونه نیکل بالا و کروم بالا نمایش داده شده است. با توجه به این تصویر مشاهده می شود که نمونه حاوی کروم بیشتر دارای توزیع یکنواخت شبکه کاربیدی نسبت به نمونه حاوی نیکل بالاتر می باشد این موضوع را می توان به میل زیاد کروم برای ترکیب شدن با کربن نسبت داد. چراکه کروم یکی از عناصر کاربیدزای قوی در فولادها می باشد که میل ترکیبی زیادی با کربن دارد و ضمن ترکیب شدن با کربن می تواند منجر به افزایش سختی و استحکام قطعه شود. البته میزان افزایش استحکام در ارتباط مستقیم با اندازه و نحوه توزیع این ذرات کاربیدی است. طبق بیان Orowan [12]، میزان استحکام دهی ناشی از ذرات کاربیدی مطابق با رابطه زیر بیان می شود:

$$\Delta\sigma = 0.13Gb/\lambda \ln r/b \quad (1)$$

G: مدول برشی

λ : فاصله بین ذرات کاربیدی

b: بردار برگرز

r: شعاع ذرات کاربید

بر طبق این رابطه با افزایش ذرات کاربیدی و کاهش فاصله بین ذرات میزان استحکام بخشی ناشی از ذرات کاربیدی افزایش بیشتری می یابد. با توجه به شکل 2 و توزیع یکنواخت ذرات کاربیدی در نمونه B می توان انتظار داشت که نمونه B از استحکام بیشتری در مقایسه با نمونه A برخوردار باشد.

نتایج آزمون سایش در مورد تغییر وزن و تغییر ضریب اصطکاک در حین آزمون مربوط به نمونه های مورد مطالعه به ترتیب در جدول 4 و شکل 3 ارائه شده است. با توجه به جدول 4 می توان دریافت که کاهش وزن مربوط به نمونه حاوی کروم بالاتر در مقایسه با نمونه دیگر حاوی نیکل بالاتر، کمتر است. علت را می توان به توزیع ذرات کاربیدی در دو نمونه مورد مطالعه نسبت داد بر طبق شکل 2، نمونه B حاوی ذرات کاربید ریز با توزیع یکنواخت است. همانطور که بیان شد این نحوه توزیع ذرات کاربید سبب افزایش استحکام و سختی می شود.

$$(Q = KWL/H) \quad (2)$$

بر طبق رابطه آرچاد [13]، ارتباط مستقیمی بین افزایش سختی H و افزایش مقاومت به سایش (Q)، کاهش وزن ناشی از سایش) وجود دارد و با افزایش سختی، مقاومت به سایش افزایش می یابد. همچنین با توجه به نمودار شکل 4 می توان نتیجه گرفت که ذرات کاربیدی در نمونه B بیشتر از نمونه A است که نتایج گویای ریز ساختار مورد اشاره در شکل 2 می باشد. از طرفی با توجه به آنکه در حضور کروم، کربن میل ترکیبی زیادی به تشکیل کاربید کروم دارد می توان نتیجه گرفت مقدار کاربیدهای تشکیل شده در نمونه کروم بالا بیشتر از نمونه نیکل بالا می باشد که بررسی بعمل آمده بر ریزساختار مطابق با نرم افزار MIP و جدول 3 گواهی بر این مدعاست. همچنین در شکل 3 مشاهده می شود که ضریب اصطکاک میانگین مربوط به نمونه B کمتر از ضریب اصطکاک میانگین نمونه A می باشد افزون بر اینکه در شکل 3 مشاهده می شود که تغییرات ضریب اصطکاک برای نمونه B محدود و ضریب اصطکاک در گستره ثابتی متغیر است در حالی که برای نمونه A این تغییرات گسترده می باشد. پیش بینی می شود که با توجه به میل ترکیبی زیاد کروم به تشکیل اکسید، در نمونه حاوی کروم بیشتر، لایه اکسیدی پایدار تشکیل شده است. حضور این لایه اکسیدی پایدار، سبب کاهش تغییرات ضریب اصطکاک و همچنین کاهش ضریب اصطکاک در مقایسه با نمونه حاوی نیکل بالاتر شده است.

نتیجه گیری

در این تحقیق، اثر افزایش عناصر آلیاژی کروم و نیکل بر ریزساختار و خواص مکانیکی فولاد پرکربن مورد استفاده در رینگ‌های نورد گرم مقاطع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با توجه به میل ترکیبی زیاد کروم برای ترکیب با کربن، افزایش میزان کروم در ترکیب شیمیایی، سبب بهبود سختی و افزایش مقاومت به سایش می‌گردد.

مراجع:

- [1] فرهاد منفردی، علی اکبر عباسیان ارانی، مریم کمائی "بررسی تأثیر روش ریخته‌گری بر خواص و ریزساختار رینگ فولاد پرکربن مورد استفاده در نورد تیر آهن." سمپوزیوم فولاد 95، تبریز.
- [2] E. Rozniata, J. Pacyna, "Hypereutectoid cementite morphology and mechanical properties of Cr-Ni-Mo cast steel", Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2006, vol. 17, issue 1-2, July- August, pp. 145-148.
- [3] E. Rozniata, J. Pacyna, "Effect of Annealing on Mechanical Properties of Ledeburitic Cast Steel.", Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2007, vol. 20, issue 1-2, pp. 187-190.
- [4] J. Krawczyk, "The Effect of Cast Steel Chemical Composition on its Microstructure and Tribological Properties in Mill Rolls.", Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2011, vol. 47, issue 2, pp. 137-148.
- [5] Hiroshi Noguchi, Hisashi Hiraoka, Yasuo Watanabe, Yasuhiro Sayama, "Hardness and Wear Resistance of Adamite for Work Rolls in Hot Rolling Mill", Transactions ISIJ, vol. 28, 1988.
- [6] Ioan ILCA, Imre KISS, Vasile ALEXA, Sorin Aurel RATIU, "Optimization of Thermal Treatment Technologies for the Cast Hypereutectoid Steel Rolls." Annals of Faculty Engineering-Hunedoara International of Engineering, 2016, pp. 201-206.
- [7] J. Krawczyk, "Influence of the microstructure and loads on tribological properties of G155CrNiMo4-3-3 cast steel", Archives of Foundry Engineering, 2010, vol. 10, pp. 39-44.
- [8] Edyta Rozniata, Janusz Krawczyk, Robert Dabrowski, Marcin Madej, Lukasz Frocisz, Jerzy Pacyna, "Microstructure and Tribological Properties of a Material with Cementite Eutectic Applied for Metallurgical Rolls", 2015, vol. 682, pp. 119-124.
- [9] B. I. Voronenko, "Compositions and Heat Treatment of Modern Roll Steels", Metal Science and Heat Treatment, 1995, vol. 37, pp. 450-456.

[10] M. Pellizzari, D. Cescato, M.G. De Flora, "Hot friction and wear behavior of high speed steel and high chromium iron for rolls", Wear, 2009, pp. 467-475.

[11] Zhang Xin, Michael C. Perks, "The Centrifugal Casting of HSS Rolls for Narrow Strip Mills and Rod Mills.", 1999, British Rollmakers.

[12] D. Hull, D.J. Bacon, "Introduction to dislocations", Elsevier Ltd, 5th Ed., USA, 2011.

[13] Friction, Lubrication, and Wear Technology. ASM Handbook. 1992. ISBN 0-87170-380-7.

جدول 1. محدوده ترکیب شیمیایی فولاد پرکربن مورد استفاده در ریخته‌گری رینگ‌های نورد [5 و 4].

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S		
1/5	0/5	0/5	0/5	0/2	1/0	Max0/03	Max0/03	Min.	A
2/5	1/5	1/5	1/5	1/0	2/0			Max.	
1/5	0/5	0/5	1/0	0/2	0/5			Min.	B
2/5	1/5	1/5	2/0	1/0	1/5			Max.	

جدول 2. مقایسه میکرو سختی رینگ‌های ریخته‌گری شده به روش گریز از مرکز با محدوده ترکیب شیمیایی متفاوت (بار وارده 0/981 نیوتن).

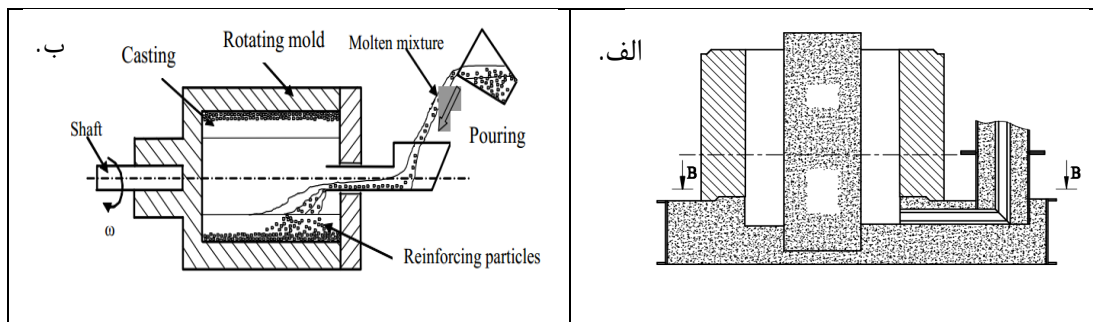
سختی فاز کاربیدی	سختی فاز کاربیدی	سختی فاز زمینه	
(1147/3±116/4) HV	(690/6±108/6) HV	(337/6±21/4) HV	رینگ ریخته‌گری شده مطابق با آنالیز B
(1011/7±52/9) HV	(621/2±37/1) HV	(334/8±14/1) HV	رینگ ریخته‌گری شده مطابق با آنالیز A

جدول 3. مقایسه درصد فاز زمینه و فاز کاربیدی در رینگ‌های ریخته‌گری شده به روش گریز از مرکز با محدوده ترکیب شیمیایی متفاوت.

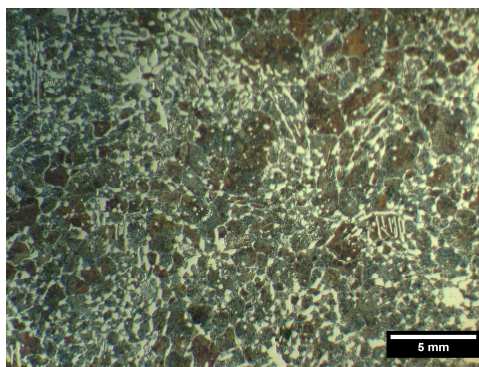
ریخته گری شده مطابق با آنالیز B	ریخته گری شده مطابق با آنالیز A	
%70	%65	درصد فاز زمینه
%30	%35	درصد فاز کاربیدی

جدول 4. نتایج مربوط به کاهش وزن نمونه های A,B برحسب گرم

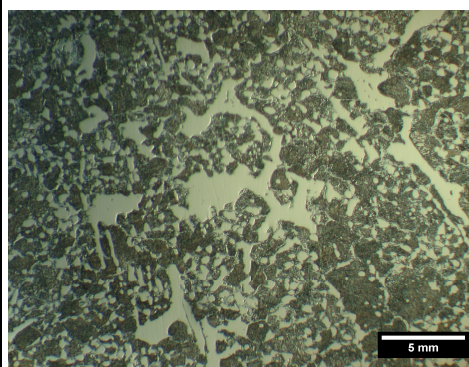
ریخته گری شده مطابق با آنالیز B	ریخته گری شده مطابق با آنالیز A	
%0/208	%0/502	درصد کاهش وزن پس از طی مسافت 1000 متر
~0/35	~0/40	متوسط ضریب اصطکاک پس از طی مسافت 1000 متر



شکل 1. طرحواره ریخته گری الف. تک باری در قالب فلزی ثابت. ب. گریز از مرکز افقی [1].



ب.

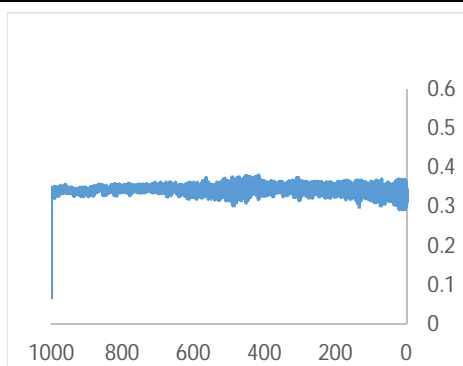


الف.

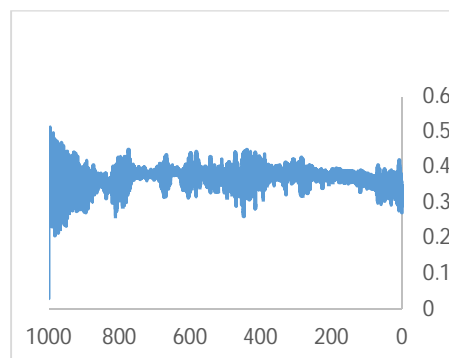
شکل 2. زمینه متالوگرافی:

الف. ریخته گری گریز از مرکز مطابق با آنالیز A: کاربیدهای بلوکه ای + کاربیدهای آسفرودایز در زمینه پرلیتی

ب. ریخته گری گریز از مرکز مطابق با آنالیز B: کاربیدهای آسفرودایز در زمینه پرلیتی.



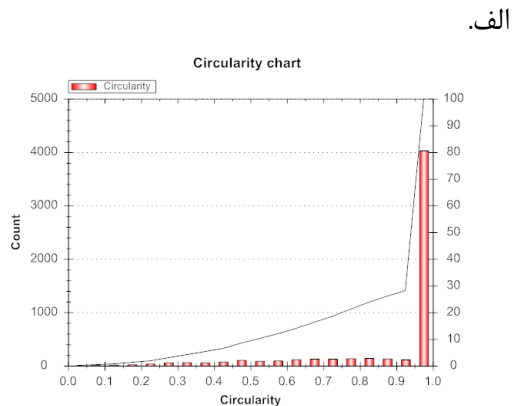
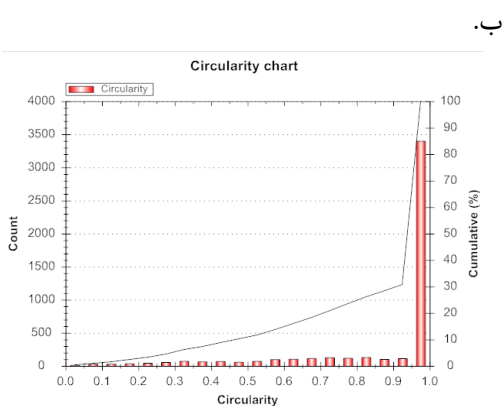
ب.



الف

شکل 3. نتایج تست سایش رفت و برگشتی (ضریب اصطکاک بر حسب مسافت طی شده بر حسب متر):

الف. رینگ ریخته گری شده مطابق با آنالیز A. ب. رینگ ریخته گری شده مطابق با آنالیز B.



شکل 4. درصد کرویت کاربیدهای آسفرودایز. الف. رینگ ریخته گری شده مطابق با آنالیز A.

ب. رینگ ریخته گری شده مطابق با آنالیز B.