بررسی تأثیر روش ریخته‌گری بر خواص و ریزساختار رینگ فولاد پرکربن مورد استفاده در نورد تیرآهن.

فرهاد منفردی[1]، *علی اکبر عباسیان آرانی*[2]، *مریم کمائی*[3]
[1]کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، مدیرعامل، شرکت ایران غلتک
[2]عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان
[3]کارشناس مهندسی مواد، واحد تحقیق و توسعه، شرکت ایران غلتک

چکیده

ریخته‌گری یکی از روش‌های مطلوب جهت تولید رینگ و غلتک‌های مورد استفاده در خطوط نورد می‌باشد که به دو روش اصلی ریخته‌گری ثقلی و ریخته‌گری گریز از مرکز انجام می‌شود. در این پژوهش، ریخته‌گری رینگ با هر دو روش و در شرایطی که سایر عوامل یکسان بود، انجام شد. نمونه‌ها در مقیاس صنعتی و در قالب ثابت فلزی و به موازات آن در دستگاه گریز از مرکز افقی ریخته‌گری شدند. سپس نمونه‌ها بصورت مشابه تحت سیکل عملیات حرارتی قرار گرفتند. آزمون‌های سختی سنجی، پراش پرتو ایکس، بررسی ریزساختار و آنالیز تصویری برای مقایسه دو روش استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد ساختار رینگ‌های ریخته‌گری شده در دستگاه گریز از مرکز نسبت به رینگ‌های مشابه ریخته‌گری شده در قالب ثابت فلزی یکنواخت‌تر بوده و سختی بالاتری دارند.

کلمات کلیدی: فولاد پرکربن، رینگ، نورد تیرآهن، ریخته‌گری گریز از مرکز، ریزساختار.

[1] monfaredifarhad@yahoo.com

مقدمه

یکی از اجزاء اصلی خطوط نورد، غلتک و رینگ‌های مورد استفاده در تولید انواع محصولات نوردی می‌باشد که ریخته‌گری آنها به طور معمول به دو روش ثقلی و گریز از مرکز افقی انجام می‌گردد. در روش ریخته‌گری در قالب ثابت مطابق با شکل 1.الف، فرم مربوطه تهیه می‌شود و در روش ریخته‌گری در دستگاه گریز از مرکز افقی نیز مطابق با شکل1.ب، [1] پارامترهای مؤثر بر اجرا به فراخور ابعاد رینگ تنظیم شده و ریخته‌گری انجام می‌شود. رینگ‌های فولادی ریخته‌گری بر اساس خواص مورد نظر در خط نورد به دو دسته پایه فولادی[2] و فولاد گرافیتی[3] تقسیم می‌شوند که مقدار کربن آنها در محدوده (1/5-2/5)% قرار دارد و براساس رقابت دو خصوصیت استحکام و مقاومت به سایش که برآمده از محل بکارگیری رینگ در خط نورد می‌باشد، دارای تقسیماتی هستند. هرکدام از دو دسته مذکور به تناسب آنالیز، تحت عملیات حرارتی مشخصی قرار می‌گیرند و ساختار نهایی مطلوب را به ارمغان می‌آورند. در دسته‌بندی پایه فولادی که ساختار نهایی آن کاربیدهای آسفرودایز در زمینه پرلیتی می‌باشد مقادیر بالای کربن افزایش مقاومت به سایش و مقادیر پایین کربن افزایش استحکام را به همراه خواهدداشت. از طرفی در ساختار مربوط به فولاد گرافیتی که درصد عناصر گرافیت‌زای آن بالاتر از گرید قبلی می‌باشد، حضور کاربید و گرافیت آزاد در زمینه پرلیتی مشهود است. با در نظر داشتن موارد ذکرشده جهت دستیابی انتخابی به خصوصیات مطلوب مقاومت در برابر سایش و افزایش استحکام با توجه به محل بکارگیری رینگ در خط نورد، آنالیز و عملیات حرارتی مورد نظر جهت نیل به اهداف مطلوب تعیین می‌شود [2]. بعد از انتخاب صحیح این موارد به منظور افزایش کارکرد رینگ در خط تولید مواردی از قبیل ساختار همگن و ریزدانگی در جهت بهبود خواص مکانیکی تأثیر بسزایی خواهدداشت که این موارد در ارتباط مستقیم با روش ریخته‌گری قرار دارند. لذا در پروژه حاضر به بررسی تأثیر روش ریخته‌گری بر کارکرد رینگ‌های فولادی پرداخته‌شد.

روش تحقیق

محدوده ترکیب شیمیایی نمونه‌های فولادی مورد استفاده در این پژوهش در جدول 1 آمده‌است [3]. به منظور ریخته‌گری این رینگ‌ها فرآیند آماده‌سازی ذوب انجام شد و بعد از آن ریخته‌گری به دو روش زیر صورت گرفت:

1- در قالب ثابت فلزی مطابق با شکل 1.الف.

---

[2] Steel Base

[3] Graphite Steel

2- در دستگاه گریز از مرکز افقی مطابق با شکل 1.ب.

پس از تخلیه رینگ‌ها از قالب، عملیات حرارتی مناسب بر روی رینگ‌های مذکور انجام شد و در ادامه ضمن برش‌کاری رینگ‌ها نمونه‌های لازم جهت انجام آزمون‌های سختی سنجی، الگوی پراش پرتو ایکس و متالوگرافی تهیه شدند. عکس برداری از نمونه‌ها توسط میکروسکوپ نوری مدل Euromax انجام شد و در ادامه درصد فازهای موجود با استفاده از نرم افزار آنالیز تصویر MIP مورد بررسی قرارگرفت. آزمون الگوی پراش پرتو ایکس با استفاده از دستگاه XRD مدل X'PertPro جهت فازیابی صورت گرفت. آزمون سختی سنجی نیز با استفاده از دستگاه Equotip به منظور بررسی سختی نمونه‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

شکل‌های 2.الف و 2.ب مربوط به ریزساختار دو نمونه ریخته‌گری ثقلی و گریز از مرکز افقی می‌باشد. با توجه به این دو تصویر می‌توان توزیع مناسب‌تر و یکنواخت‌ترکاربیدهای کروی در ریخته‌گری گریز از مرکز را مشاهده نمود. نکته حائز اهمیت آن است که در ساختار مربوط به نمونه ریخته‌گری ثقلی کاربیدهای بلوکه‌ای در ساختار مشهود می‌باشند. از دلائل اصلی افزایش سختی در رینگ‌های دینامیک می‌توان به توزیع یکنواخت‌تر کاربیدها در زمینه اشاره کرد.

نتایج مربوط به الگوی پراش پرتو ایکس در شکل 3 نشان داده شده‌است. این الگوها نشان می‌دهند که هر دو فولاد از فازهای پرلیت و کاربید تشکیل شده‌اند، اما با توجه به شدت پیک‌ها، مقدار فازها در دو فولاد متفاوت است.

شکل‌های 4.الف و 4.ب نتایج آنالیز تصویر دو نمونه را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است در روش ریخته‌گری در قالب ثابت درصد کرویت کاربیدها کمتر از روش ریخته‌گری در دستگاه گریز از مرکز می‌باشد چرا که با استناد به شکل 2.الف کاربیدهای بلوکه‌ای بصورت مشهود در ساختار حضور دارند.

هم‌چنین نتایج مربوط به آزمون سختی سنجی دو نمونه که در جدول 2 گزارش شده‌است حاکی از بالاتر بودن سختی رینگ ریخته‌گری شده به روش گریز از مرکز نسبت به رینگ ریخته‌گری شده در قالب ثابت می‌باشد که دلیل آن حذف فاصله هوایی و بالا بودن سرعت انجماد است و نتیجه آن ریزدانگی ساختار خواهدبود. در ریخته‌گری دینامیک پس از هر مرحله انجماد، دانه‌های تشکیل شده خرد می‌شوند و مجددا جوانه‌های جدید در محل دانه‌های خرد شده قبلی تشکیل خواهندشد [4] و ادامه این روند باعث ریزدانگی و توزیع بهتر کاربیدها خواهدشد. لازم به ذکراست نتایج موجود در جدول3 نیز

نشان می‌دهد که درصد حضور فاز کاربید در روش گریز از مرکز بیشتر از نمونه مربوط به ریخته‌گری ثابت می‌باشد که بالاتر بودن سختی در رینگ گریز از مرکز را می‌توان با استناد به بالا بودن فاز کاربید در ساختار و البته توزیع یکنواخت‌تر آن نشان داد.

نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج حاصل از پژوهش انجام شده نشان می‌دهد که:

1- چرخش قالب در واحد زمان (RPM) منجر به خرد شدن دانه‌ها می‌شود و انتقال حرارت به نحو مطلوب در حین چرخش دستگاه از جهات مختلف قالب صورت می‌گیرد و منجر به افزایش نرخ انجماد در مقایسه با قالب ثابت می‌شود و نتیجه آن ریزدانگی ساختار خواهدبود. دانه‌های خرد شده در اثر چرخش دستگاه نیز به عنوان مراکز جوانه‌زنی دانه‌های جدید عمل می‌کنند که با تکرار این عمل شاهد ریزدانگی بهتر ساختار نهایی همراه با توزیع یکنواخت کاربیدهای آسفرودایز با ابعاد مناسب و کروی شکل بودیم. نتیجه این روند افزایش سختی و از طرفی بهبود خواص مکانیکی رینگ در خط نورد می‌باشد.

2- در روش ریخته‌گری در قالب ثابت فلزی حضور کاربیدهای بلوکه‌ای مشهود می‌باشد که علی‌رغم عملیات حرارتی مناسب هم‌چنان در ساختار نهایی وجود دارند و بطور کلی در ساختار نهایی شاهد مقادیر زیاد کاربیدهای بلوکه‌ای و از طرفی درشت‌دانگی هستیم که منجر به افت کیفیت رینگ تولیدی خواهندبود چرا که کاربیدهای بلوکه‌ای مذکور می‌توانند به عنوان مراکز مستعد و اشاعه دهنده ترک در ساختار عمل کنند.

مراجع

[1] Yanpei Song, Shuangxu Bi, Xiuqing Li, “Microstructures and Properties of Recycled Composites Particle Reinforced Iron Matrix Functionally Graded Materials Fabricated by Centrifugal Casting”, Engineering, 2010, Volume 2, Issue 05, P360.

[2] Krawczyk, J, “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, Volume 47, Issue 02, P137-P148.

[3] NOGUCHI, Hiroshi, HIRAOKA, Hisashi, WATANABE, Yasuo, SAYAMA, Yasuhiro, “Hardness and wear resistance of adamite for work rolls in hot rolling mill”, Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan, 1988, Volume28, Issue6, P478-P484.

[4] Madhusudhan, Narendranath S, GC Mohan Kumar, “Properties of Centrifugal Casting at Different Rotational Speeds of the Die”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2013, Volume3, Issue1, P727-P731.

جدول1. ترکیب شیمیایی فولاد پرکربن مورد استفاده در ریخته‌گری رینگ‌های نورد [3].

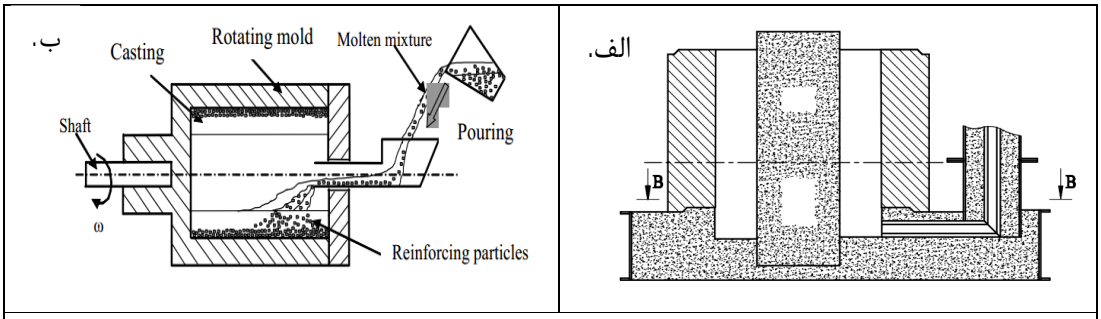
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S	
1/5	0/5	0/5	1/0	0/2	1/0	Max0/03	Max0/03	Min.
2/5	1/5	1/5	2/0	1/0	2/0			Max.

جدول2. مقایسه سختی دو رینگ ریخته‌گری شده به روش گریز از مرکز و ثابت.

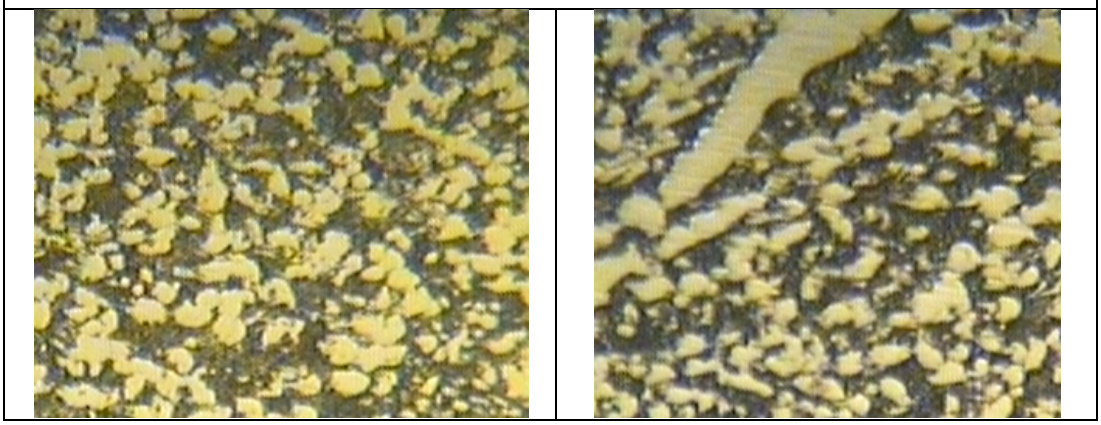
	سختی
رینگ ریخته‌گری شده در قالب فلزی ثابت	(36/6-40/8) HRC
رینگ ریخته‌گری شده در قالب گریز از مرکز افقی	(39/8-43/6) HRC

جدول3. مقایسه درصد فاز زمینه و فاز کاربیدی در هر دو روش ریخته‌گری گریز از مرکز افقی و قالب ثابت.

	ریخته گری در قالب فلزی ثابت	ریخته گری در دستگاه گریز از مرکز
درصد فاز زمینه	45/5	33/3
درصد فاز کاربیدی	54/5	66/6



شکل1. طرحواره ریخته گری الف. در قالب فلزی ثابت. ب. در دستگاه گریز از مرکز افقی [3].

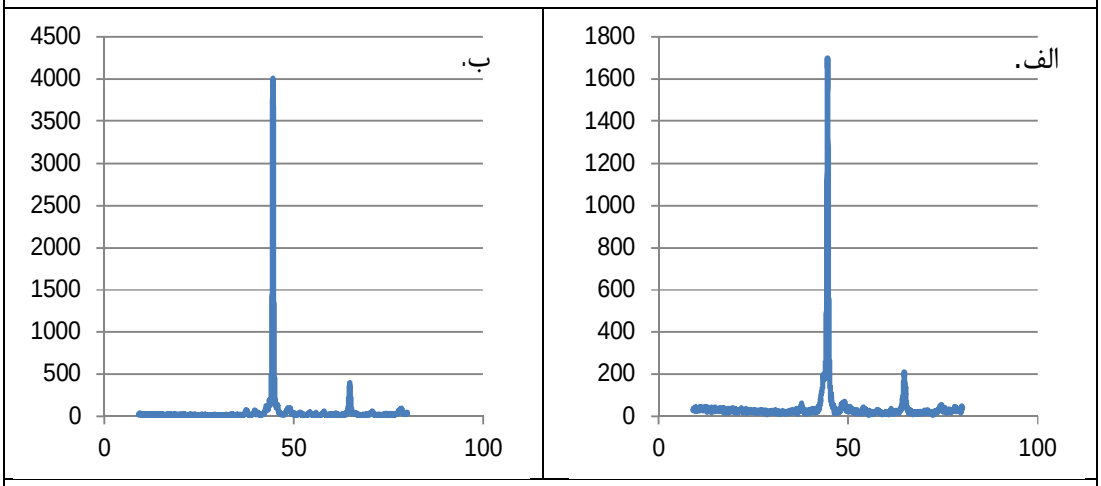


ب.	الف.

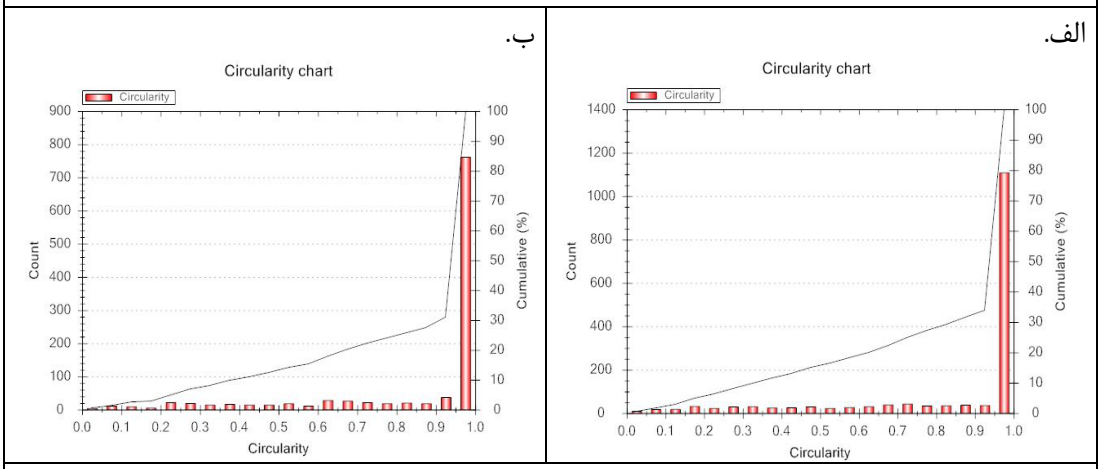
شکل 2. زمینه متالوگرافی:

الف. روش ریخته گری در قالب ثابت:کاربیدهای بلوکه ای+کاربیدهای آسفرودایز در زمینه پرلیتی

ب. روش ریخته گری گریز از مرکز افقی: کاربیدهای آسفرودایز در زمینه پرلیتی.



شکل 3. الگوی پراش پرتو ایکس الف. روش ریخته‌گری در قالب ثابت. ب. روش ریخته‌گری گریز از مرکز



شکل 4. درصد کرویت کاربیدهای آسفرودایز. الف. روش ریخته گری در قالب ثابت.

ب. روش ریخته گری در دستگاه گریز از مرکز افقی.