

بررسی تأثیر جنس قالب ریخته گری ثقلی بر خواص و ریزساختار فولاد پرکربن.

فرهاد منفرد، مریم کمائی

چکیده

یکی از روش های مطلوب و بهینه جهت تولید انواع غلتک و رینگ های مورد استفاده در خطوط نورد، ریخته گری می باشد که در حالت کلی به دو روش اصلی ریخته گری گریز از مرکز و ریخته گری ثقلی انجام می شود. در این پژوهش ریخته گری رینگ ها از طریق روش ثقلی صورت گرفت و همچنین کلیه عوامل تأثیرگذار اعم از آنالیز، دمای ریخته گری و ضخامت قالب ها یکسان در نظر گرفته شد. در ادامه جهت بررسی تأثیر جنس قالب بر کیفیت محصول ریخته گری پارامتر متغیر، جنس قالب ریخته گری می باشد. نمونه ها در مقیاس صنعتی به روش ثقلی و در قالب های با جنس فلزی و ماسه ای ریخته گری شدند. سپس نمونه ها بصورت مشابه تحت سیکل عملیات حرارتی قرار گرفتند. آزمون های سختی سنجی، بررسی ریزساختار و آزمون سایش برای مقایسه دو روش استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد ساختار رینگ های ریخته گری شده در قالب ثابت ماسه ای نسبت به قالب ثابت فلزی مقاومت به سایش بالاتر و سختی بالاتری دارند.

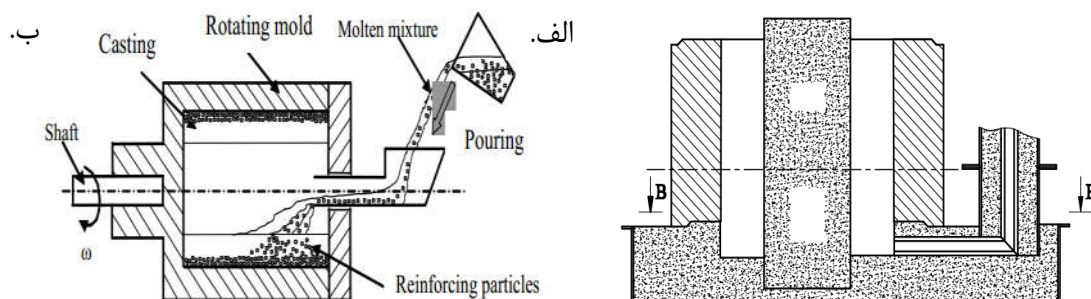
کلمات کلیدی: فولاد پرکربن، رینگ، قالب فلزی، ریخته گری ثقلی، ریزساختار، قالب ماسه ای.



مقدمه

غلطک و رینگ‌های مورد استفاده در تولید انواع محصولات نوردی، از مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت این محصولات می‌باشند به همین دلیل کیفیت سطح این ابزارهای کاربردی، آنالیز بکار رفته در تولید آنها و بطور کلی روند عملیاتی بکار رفته در فرایند تولید آنها تأثیر بسزایی بر کیفیت محصولات نوردی دارد. ریخته گری رینگ و غلتک‌های نوردی به دو روش ثقلی و گریز از مرکز افقی انجام می‌گردد. در روش ریخته گری در قالب ثابت مطابق با شکل ۱.الف، فرم مربوطه تهیه می‌شود و در روش ریخته گری در دستگاه گریز از مرکز افقی نیز مطابق با شکل ۱.ب، [۱] پارامترهای مؤثر بر فرایند اجرا به فراخور ابعاد رینگ تنظیم شده و ریخته گری انجام می‌شود. [۲]

در روش ریخته گری ثقلی از پارامترهای مؤثر بر کیفیت محصول پایانی می‌توان به جنس قالب ریخته گری اشاره کرد. ابتدا بسته به محل بکارگیری رینگ و غلتک‌ها در خط نورد آنالیز مربوطه متناسب با سختی درخواستی و پارامترهای نوردی اعم از دمای قفسه، میزان سایش و سرعت خط تعیین می‌شود. رینگ‌های فولادی ریخته گری در بخش‌هایی از خط که استحکام بالا مد نظر باشد، بکار گرفته می‌شوند همچنین ثبات سختی رینگ و غلتک‌های فولادی از نکات حائز اهمیت در قفسه‌های ابتدایی می‌باشد لذا عموماً این رینگ‌ها در ابتدای خطوط نورد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ابتدای خطوط نورد دمای کاری و از طرفی میزان تغییر شکل محصول نوردی بالا است از سوی دیگر رینگ‌های فولادی بر اساس خواص مورد نظر در خط نورد به دو دسته پایه فولادی و فولاد گرافیتی تقسیم می‌شوند که محدوده کربن آنها در بازه $(0.02-0.05)\%$ متغیر می‌باشد. لازم به ذکر است تقسیمات حاضر به لحاظ رقابت دو خصوصیت استحکام و مقاومت به سایش که برآمده از محل بکارگیری رینگ در خط نورد و نوع محصول تولیدی می‌باشد، در نظر گرفته خواهد شد [۲-۶]. بعد از انتخاب صحیح آنالیز مربوطه به منظور دستیابی به بیشترین راندمان تولید در خط نورد مواردی از قبیل ساختار همگن و ریزدانه‌گی در جهت بهبود خواص مکانیکی تأثیر بسزایی خواهد داشت که این موارد در ریخته گری ثقلی در ارتباط مستقیم با جنس قالب و نحوه تشکیل دانه‌ها قرار دارند. لذا در پروژه حاضر به بررسی تأثیر جنس قالب ریخته گری ثقلی بر کارکرد رینگ‌های فولادی مورد استفاده در خط تیر آهن پرداخته شد.



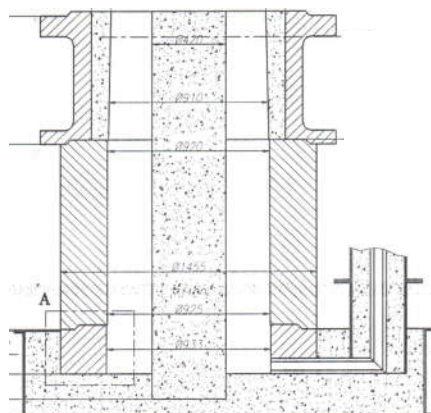
شکل ۱. طرحواره ریخته گری الف. در قالب فلزی ثابت. ب. در دستگاه گریز از مرکز افقی [۱].

مواد و روش تحقیق

جهت ریخته گری این رینگ ها ذوب سازی مربوط به نمونه های فولادی مطابق با ترکیب شیمیایی ارائه شده در جدول ۱ انجام شد [۶-۱۰] و بعد از آن ریخته گری به روش ثقلی و در دو قالب فلزی و ماسه ای صورت گرفت شکل ۲. پس از تخلیه رینگ ها از قالب، عملیات حرارتی مناسب بر روی رینگ های مذکور بصورت همزمان اجرا شد [۸-۱۱] و در ادامه ضمن برش کاری رینگ ها نمونه های لازم جهت انجام آزمون های سختی سنجی، متالوگرافی و سایش تهیه شدند. عکس برداری از نمونه ها توسط میکروسکوپ نوری مدل Euromax و آزمون سختی سنجی نیز با استفاده از دستگاه Equotip به منظور بررسی سختی نمونه ها انجام شد. آزمون سایش نیز با استفاده از دستگاه Bareiss انجام گرفت.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی فولاد پرکربن مورد استفاده در ریخته گری رینگ های نورد [۶-۱۰].

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S	
۱/۵	۰/۵	۰/۵	۱/۰	۰/۲	۱/۰	Max ۰/۰۳	Max ۰/۰۳	Min.
۲/۵	۱/۵	۱/۵	۲/۰	۱/۰	۲/۰			Max.



شکل ۲. طرحواره ریخته گری در قالب ثابت فلزی و قالب ثابت ماسه ای

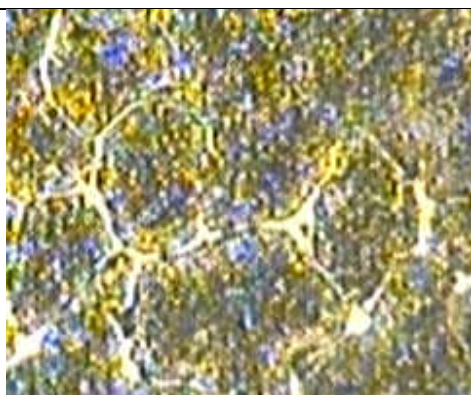
نتایج و بحث

شکل های ۳ الف و ۳ ب مربوط به ریزساختار دو نمونه ریخته گری ثقیلی در قالب فلزی و ریخته گری ثقیلی در ماسه می باشد. ریخته گری در قالب ثابت - ماسه ای متشکل از کاربیدهای بلوکه ای در مرز دانه ها به همراه مقادیر جزئی کاربیدهای آسفرو دایز در زمینه پرلیتی و ریخته گری در قالب ثابت - فلزی متشکل از کاربیدهای بلوکه ای در مرز دانه ها به همراه کاربیدهای آسفرو دایز در زمینه پرلیتی می باشد. با توجه به این دو تصویر توزیع مناسب تر و یکنواخت تر کاربیدهای کروی در ریخته گری ثقیلی - قالب فلزی را می توان مشاهده نمود. نکته حائز اهمیت آن است که در ساختار مربوط به نمونه ریخته گری ثقیلی - قالب ماسه ای کاربیدهای بلوکه ای در مرز دانه ها مشهود می باشند و علت این اختلاف مربوط به اختلاف در سرعت سرد شدن قطعه در قالب ماسه می باشد و به دلیل افزایش زمان انجماد (با توجه به آنکه ضریب انتقال حرارت قالب فلزی تا ۲۰ برابر بیشتر از قالب ماسه ای می باشد) انتظار می رود نفوذ کاربیدها به مرز دانه افزایش یابد.

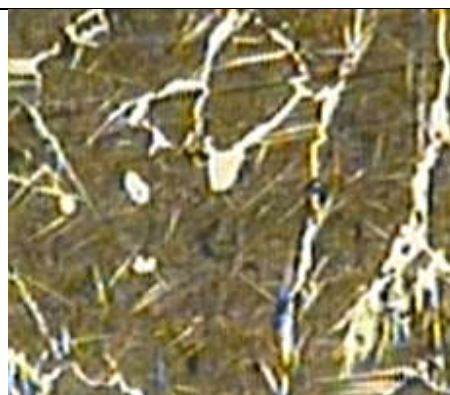
همچنین نتایج مربوط به آزمون سختی سنجی دو نمونه که در جدول ۲ گزارش شده است حاکی از بالاتر بودن سختی رینگ ریخته گری شده در قالب ثابت ماسه ای نسبت به رینگ ریخته گری شده در قالب ثابت فلزی می باشد [۱۴].

جدول ۲. مقایسه سختی دو رینگ ریخته گری شده به روش ثقیلی در قالب ثابت فلزی و قالب ثابت ماسه ای.

سختی	
HRC (۳۹/۸ - ۴۲/۷)	رینگ ریخته گری شده در قالب ثابت فلزی
HRC (۴۳/۶ - ۴۵/۳)	رینگ ریخته گری شده در قالب ثابت ماسه ای



ب.



الف.

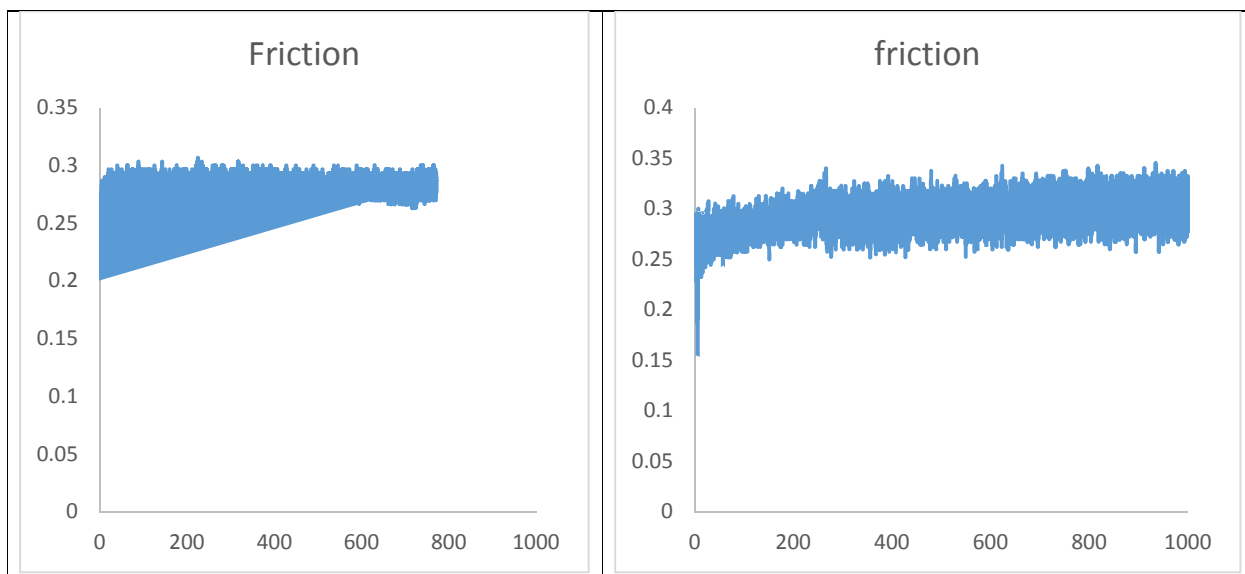
شکل ۳. زمینه متالوگرافی در بزرگنمایی ۴۰۰:

الف. ریخته گری در قالب ثابت - ماسه ای ب. ریخته گری در قالب ثابت - فلزی.

در جدول ۳ و شکل ۴ نتایج مربوط به تست سایش ۲ نمونه آمده است. همانطور که مشخص است در ریخته گری شده در قالب ثابت-فلزی میزان کاهش وزن و ضریب اصطکاک بیشتر از نمونه مربوط به رینگ ریخته گری شده در قالب ثابت-ماسه ای می باشد [۱۲ و ۱۳]

جدول ۳. مقایسه درصد کاهش وزن و ضریب اصطکاک در رینگ های ریخته گری شده به روش ثقلی پس از طی مسافت ۱۰۰۰ متر در دمای ۶۰۰ °C

درصد کاهش وزن	
۰.۳۹٪	رینگ ریخته گری شده در قالب ثابت فلزی
۰.۳۱٪	رینگ ریخته گری شده در قالب ثابت ماسه ای



شکل ۴. نمودار ضریب اصطکاک بر حسب مسافت طی شده

الف. رینگ ریخته گری شده در قالب فلزی ب. رینگ ریخته گری شده در قالب ماسه ای

نتیجه گیری

بطور کلی نتایج حاصل از پژوهش انجام شده نشان می دهد که:

تغییر جنس قالب ریخته گری تأثیر بسزایی خواص و ساختار میکروسکوپی ایفا می کند به گونه ای که اگر سرعت انجماد یا به عبارت دیگر سرعت سرد شدن مذاب افزایش یابد، تعداد بسیار زیادی جوانه جامد (هسته جامد) در مذاب تشکیل می شود که با ادامه رشد آنها در نهایت یک ساختار میکروسکوپی ریزدانه بدست می آید. در مقابل اگر سرعت انجماد و یا بعبارت دیگر سرعت سرد کردن مذاب کم شود تعداد جوانه ها کم خواهد شد بنابراین با ادامه رشد جوانه ها به ساختار با دانه های درشت خواهیم رسید. نکته حائز اهمیت درباره مقایسه ساختارهایس دانه درشت و ریزدانه مربوط به مقاومت بهتر ساختار درشت دانه در دماهای کاری بالا می باشد همچنین از آنجایی که افزایش سرعت انجماد منجر به انجماد غیرتعادلی می گردد در نتیجه میزان تنش های باقی مانده در قطعه افزایش خواهد یافت و از طرفی افزایش مرز دانه بعنوان مراکز پرتنش منجر به تنش های باقی مانده بیشتر می شود بهمین دلیل اگر این قطعه تحت عملیات حرارتی مشابه با ساختار درشت دانه قرار گیرد انرژی درونی موجود منجر به افزایش سرعت عملیات حرارتی قطعه می گردد.

مراجع

- 1- NS. Madhusudhan and GM. Kumar,: "Properties of Centrifugal Casting at Different Rotational Speeds of the Die", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2013;3(1):727-31.
- ۲- فرهاد منفردی، علی اکبر عباسیان آرانی، مریم کمایی، «بررسی تأثیر روش ریخته گری بر خواص و ریزساختار رینگ فولاد پرکربن مورد استفاده در نورد تیر آهن»، سمپوزیوم فولاد ۹۵، شرکت فولاد ناب تبریز، اسفند ۹۵.
- ۳- شفیعی، م، «عیوب غلتک های نورد»، انتشارات ارکان دانش، اصفهان ۱۳۹۱.
- 4- K. Mishra,; "Heat Treatment of Rolls", 1994.
- 5- B. Voronenko,; "Compositions and Heat Treatment of Modern Roll Steels", Metal science and heat treatment, 1995, 37(11):450-6.
- 6- J. Krawczyk and J. Pacyna,; "Effect of Tool Microstructure on the White Layer Formation", Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2006, 17(1-2).
- 7- 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, 47(2).
- 8- E. Rożniata and J. Pacyna,; "Hypereutectoid Cementite Morphology and Mechanical Properties of Cr-Ni-Mo Cast Steel", Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2006, 17(1-2).
- 9- E. Rożniata and J. Pacyna,; "Effect of Structure on Mechanical Properties of Cr-Ni-Mo Cast Steel", Archives of Materials Science and Engineering. 2007, 28(4):224-30.
- 10- J. Pacyna and E. Rożniata,; "Effect of annealing on structure and properties of ledeburitic cast steel", Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2007, 24(1):84-90.
- 11- I. Ilca and I. Kiss and V. Alexa and SA. Ratiu,; "Optimisation of the Thermal Treatment Technologies for the Cast Hipereutectoid Steel Rolls", Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara. 2016, 14(3):201.
- 12- S. Spuzic and K. Strafford and C. Subramanian and G. Savage,; "Wear of hot rolling mill rolls: an overview", Wear. 1994, 176(2):261-71.
- 13- RD. Mercado-Solis and J. Talamantes-Silva and JH, Beynon and M. Hernandez-Rodriguez,; "Modelling Surface Thermal Damage to Hot Mill Rolls", Wear. 2007, 263(7):1560-7.
- 14- H. Nogulchi and H. Hiraoka and Y. Watanabe and Y. Sayama,; "Hardness and Wear resistance of Adamite for Work Rolls in Hot Rolling Mill", Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan. 1988, 28(6):478-84.