

افزایش دوام غلتک‌های بستر شمش ریخته‌گری ذوب‌آهن اصفهان با استفاده از متریال جایگزین

کریم نظری خواه^۱، عبدالمجید حبیب‌اللهی^۲، سیاوش خواجوی^۳، علیرضا کیانی قلعه^۴، علی شیرازی^۵

^۱ اصفهان، شرکت ذوب‌آهن اصفهان، مدیریت تحقیق و توسعه

^۲ اصفهان، شرکت رسام فولاد سپاهان

^۳ اصفهان، شرکت سهامی ذوب‌آهن اصفهان، مدیریت فولادسازی

^۴ اصفهان، شرکت ذوب‌آهن اصفهان، مدیریت آموزش و توسعه سرمایه‌های انسانی

^۵ اصفهان، شرکت ذوب‌آهن اصفهان، مدیریت تحقیق و توسعه

چکیده

در ایستگاه‌های ریخته‌گری انتقال شمش با درجه حرارت حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد بر عهده غلتک‌ها است. تماس مستقیم غلتک‌ها با شمش باعث سایش سطح غلتک می‌شود. در این مقاله مطالعات بر سایش سطح غلتک متمرکز گردید. بدین منظور از غلتک‌های موجود آزمایش آنالیز شیمیایی، سختی سنجی و متالوگرافی به عمل آمد. نتایج نشان داد که استفاده از متریال با خواص مکانیکی پائین علت اصلی سایش غلتک‌هاست. برای افزایش مقاومت سایشی روش‌های مختلف پوشش دهی و نیز تغییر متریال غلتک‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور افزایش مقاومت سایشی روش‌های مختلف پوشش دهی و نیز تغییر متریال غلتک‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعات فنی و اقتصادی نشان داد که بهترین روش برای مقابله با فرسایش زود هنگام غلتک‌ها استفاده از متریال با خواص مکانیکی (سایشی) بالاتر است. به همین جهت در فاز دوم دو نمونه غلتک با متریال‌های متفاوت ساخته شد. در فاز سوم غلتک‌های ساخته شده در خط تولید نصب گردید و پس از یک دوره بهره‌برداری ۱۸۰ روزه میزان سایش صورت گرفته در آن‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل نشان داد که با انجام تغییر در متریال و صرف ۲۰ درصد هزینه اضافی نسبت به غلتک‌های موجود می‌توان غلتک‌هایی بادوام و کارایی دو برابر تولید نمود.

کلمات کلیدی: سایش، غلتک، حرارت، متریال، تنش، ریخته‌گری، شمش

مقدمه

واحد ریخته‌گری در کارخانه‌های فولاد مابین واحد فولادسازی و نورد قرار دارد. این واحد مذاب تولیدی را به شمش تبدیل می‌نماید. در طی فرآیند ریخته‌گری هدایت شمش در طول مسیر به عهده غلتک‌ها است. این غلتک‌ها به دلیل تماس مستقیم با شمش سایش پیدا نموده و عمر کاری آن کاهش می‌یابد. با توجه به فرسایش زیاد غلتک‌های بستر شمش و هزینه‌های قابل توجه ناشی از تعویض غلتک این پروژه انجام و نتایج آن موفقیت‌آمیز بود.

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا اطلاعات غلتک‌های موجود در واحد ریخته‌گری با همکاری بخش فولادسازی استخراج گردید. ابتدا وضعیت کارکرد غلتک‌ها در خط تولید برحسب کشور سازنده (جدول شماره ۱) و مشخصات و شرایط کاری آن‌ها (جدول شماره ۲) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای افزایش عمر قطعات مکانیکی روش‌های مختلفی وجود دارد که در اینجا بعد از بررسی‌های لازم روش تغییر متریال مورد استفاده قرار گرفت.

بررسی محل‌های تخریب شده غلتک‌ها

ابتدا بازرسی چشمی و ابعادی بر روی خطوط شماره ۳ و ۶ ریخته‌گری (غلتک‌های ایرانی و ایتالیایی) صورت گرفت و نشان داد که بیشترین عامل تخریب بر روی محل‌های تماس شمش با غلتک و همچنین قسمت‌های هادی شمش است قسمت‌هایی که با شمش در تماس نیستند کمترین تخریب را دارند. در غلتک‌های روسی، غلتک به صورت یک تکه است (به دلیل عدم وجود هادی شمش بر روی غلتک‌ها) و لذا از همه سطح غلتک برای انتقال شمش مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین عملاً سایش در کل سطح آن صورت می‌گیرد و به نقطه خاصی معطوف نیست.

بررسی علت تخریب غلتک‌ها

به منظور تعیین علت اصلی تخریب غلتک‌ها اطلاعات مربوط به غلتک‌های در حال کار و غلتک‌های کارکرده که از رده خارج شده بودند جمع‌آوری شد. پس از پایش اطلاعات عوامل تخریب به صورت زیر دسته‌بندی و میزان تخریب هر کدام مشخص گردید.

سایش غلتک‌ها در نتیجه تماس با شمش، برشکاری غلتک‌ها توسط مشعل‌های برش، سایر (تخریب‌های مکانیکی به منظور رها کردن شمش و غیره).

نتایج آماری تخریب غلتک‌ها

نتایج حاصل از آمار نشان داد که درصد بالایی از تخریب ها ناشی از عامل سایش است. نتایج حاصله نشان داد ۷۰٪ تخریب به دلیل سایش و ۲۰ درصد به دلیل برشکاری شمش روی بستر و ۱۰٪ سایر عوامل است. از آنجا که بیشترین عامل تخریب غلتک ها مربوط به سایش بود، لذا مطالعات بر روی عوامل سایش متمرکز و روش های مقابله با آن مورد بررسی قرار گرفت.

سایش در ابتدای بستر شمش

همچنین مشاهدات نشان داد که به دلیل دمای بالاتر شمش در ابتدای بستر شمش، میزان سایش در این غلتک ها بیشتر از غلتک های دیگر است. در تصویر شماره ۱ محل قرارگیری غلتک هایی که دارای بیشترین سایش هستند نشان داده شده است.

آزمایش سختی سنجی

از آنجا که بین سختی و سایش معمولاً ارتباط وجود دارد لذا در این مرحله از غلتک ها (ایرانی و ایتالیایی و روسی) نمونه برداری صورت گرفت و روی آن ها عملیات سختی سنجی به عمل آمد نتیجه کار سختی غلتک روسی ۱۶۵ برینل و ایتالیایی ۱۱۰ برینل و ایرانی ۱۰۵ برینل بود.

آزمایش شیمیایی و متالوگرافی

به منظور تعیین خواص شیمیایی و ساختار میکروسکوپی غلتک های موجود، آزمایش های آنالیز شیمیایی و متالوگرافی بر روی آن ها صورت گرفت که نتایج حاصل از آن ها به شرح زیر است. جدول شماره ۴ و ۵ نتایج آنالیز شیمیایی را نشان می دهد. نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی و متالوگرافی در جدول شماره ۳ درج گردیده است.

انتخاب روش افزایش عمر غلتک

با توجه به شرایط کاری و نتایج حاصل از آزمایش ها، از بین روش هایی که می توان برای افزایش مقاومت غلتک استفاده کرد مانند metal spray، کلد جوشکاری، سمانتاسیون، تغییر متریال و....، روش تغییر در متریال غلتک بنا به شرایط کاری و منابع موجود و مزایا و معایب هر روش مناسب تشخیص داده شد و مشخص گردید که با متریال جایگزین ضمن بالا بردن استحکام غلتک ها، سختی آن ها نیز افزایش پیدا خواهد نمود و نهایتاً عمر کاری غلتک ها افزایش می یابد. از طرفی استفاده از متریالی با درصد عناصر آلیاژی کم (خصوصاً کروم، نیکل و مولیبدن) باعث افزایش مقاومت حرارتی غلتک ها شده به طوری که مقاومت به خزش، اکسیداسیون سطحی و پوسته شدن را در غلتک ها افزایش می دهد. استفاده از متریال های

معادل فولاد ۲۵ یا ۳۰ روسی و در رده‌های G و L و یا فولادهای کم آلیاژ عملیات حرارتی پذیر با سختی مناسب (نظیر 32 Mn5) جایگزین‌های مناسبی برای متریال ۲۰ می‌باشند. این متریال‌ها قابلیت سختی‌پذیری داشته و می‌توان با عملیات حرارتی سختی آن‌ها را افزایش داد.

انتخاب متریال و آنالیز آن

بعد از بررسی‌های مورد اشاره دو نمونه متریال با آنالیز شیمیایی طبق جداول شماره ۴ و ۵ خریداری گردید.

طراحی و ساخت دو عدد نمونه غلطک جدید

بعد از انتخاب نوع متریال و انجام آزمایش‌های لازم نقشه غلتک بر اساس مهندسی معکوس تهیه و مراحل ماشین‌کاری و جوشکاری و عملیات حرارتی غلتک انجام و آماده استفاده در خط تولید گردد.

نتایج و بحث

- بعد از نصب در خط تولید طبق جدول شماره 6 و شماره 7 میزان سایش در غلتک‌های تحقیقاتی نسبت به غلتک‌های مشابه تا ۵۰٪ کمتر بود. (در نمونه شماره ۱)
- عمده‌ترین عامل تخریب غلتک‌ها (بالای ۷۰٪) پدیده سایش است.
- میزان سایش در غلتک‌های روسی به دلایل نوع ریخته‌گری عمودی، استفاده از متریال با خواص مکانیکی و شیمیایی بالاتر، پایین‌تر بودن دمای شمش هنگام قرار گرفتن روی غلتک‌ها، استفاده از تمام سطوح غلتک، بالاتر از غلتک‌های ایرانی و ایتالیایی است.
- استفاده از متریال جایگزین به دلیل همگن بودن متریال، امکان سختی حجمی و مقاومت بالاتر نسبت به درجه حرارت و سایش از مزایای بالاتری نسبت به روش فلز پاشی و جوشکاری کلد سطحی است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه استفاده از متریال جایگزین حدود ۱,۲ برابر نسبت به غلتک‌های موجود هزینه دارد ولی افزایش عمر آن تا ۲ برابر بیشتر می‌شود بنابراین تغییر متریال در ساخت غلتک دارای توجیه فنی و اقتصادی خواهد بود.

مراجع

[۱] محمدعلی گلغذار، اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها، ۱۳۶۷، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

- [2] William f. Smith, "Structure and properties of engineering alloys", 2005, McGraw, hill book, New York.
- [3] American welding society, "welding hand book", 1997, (vol 1-5). Aws.
- [4] William f.smith, "structure and properties of engineering alloys", 1993, mcGROW-hill book, New York.

جدول ۱- نام غلتک، روش تولید و کشور سازنده.

ردیف	نام غلتک	شماره نقشه	روش ریخته گری شمش	شماره ایستگاه ریخته گری	کشور سازنده	عمر کاری غلتک (سال)
۱	TRT	D-865-00	پیوسته قوسی	۳	ایتالیا	۸
۲	TRT	D-865-00	پیوسته قوسی	۳	ایران	۳
۳	TRT	107-668-00	پیوسته قوسی	۶	ایتالیا	۸
۴	TRT	107-668-02	پیوسته قوسی	۶	ایران	۳
۵	TRT	-	پیوسته عمودی	خط ریخته گری قدیمی	روسیه	۲۰

جدول ۲- شرایط کاری غلتک‌ها.

غلتک TRT	ایستگاه شماره ۶ TRT غلتک
ایستگاه شماره ۳ ریخته گری	ریخته گری
شماره نقشه	107-668-02
rpm/min غلتک سرعت دورانی	۳۵
($^{\circ}\text{C}$ دمای شمش روی غلتک)	۷۰۰
m/min سرعت خطی شمش غلتک	۱/۸
(kg وزن شمش روی غلتک)	۱۸۰
سیستم خنک کردن غلتک	به وسیله گردش آب
	به وسیله گردش آب

جدول ۳- نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی و متالوگرافی را نمایش می‌دهد.

عنصر (%)							نوع
C	Si	Mn	P	S	Cr	ساختار	
0.152	0.36	0.301	0.011	0.015	-	فریتی+پرلیتی	ایرانی
0.236	0.26	0.26	0.011	0.018	-	فریتی+پرلیتی	ایتالیایی
0.36	0.33	0.76	0.011	0.026	0.21	فریتی+پرلیتی	روسی

جدول ۴- ترکیب شیمیایی نمونه اول متریال خریداری شده برای نمونه ۱.

سختی	آنالیز							mm طول ()
	HB	%Mn	%Cr	%S	%P	%MN	%SI	%C
205	0.127	0.187	0.023	0.014	0.7	0.244	0.218	۲۵۱۵

جدول ۵- ترکیب شیمیایی و متریال خریداری شده برای غلطک شماره ۲.

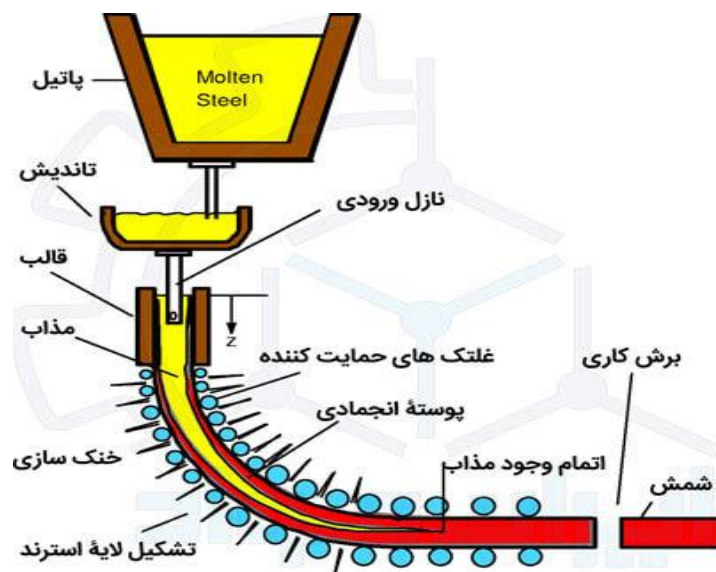
سختی	آنالیز							mm طول ()
	HB	%Ni	%Cr	%S	%P	%Mn	%SI	%C
200	0.064	0.107	0.035	0.033	1.71	0.7	0.139	۳۸۴۰

جدول ۶- میزان سایش در نمونه شماره ۱.

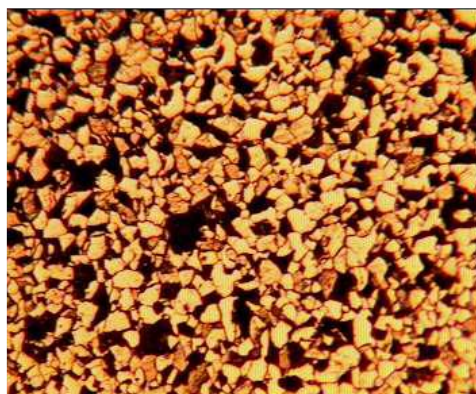
مقدار سایش پس از ۹۰ روز در نقاط سه گانه (mm)			مقدار سایش پس از ۱۸۰ روز در نقاط سه گانه (mm)			
A	B	C	A	B	C	
0.4	0.45	0.45	1.3	1.4	1.4	غلطک تحقیقاتی
0.7	0.9	0.75	2.1	2.7	2.2	غلطک موجود

جدول ۷- میزان سایش در نمونه شماره ۲.

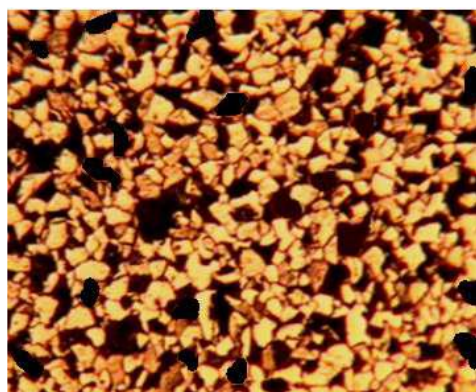
مقدار سایش پس از ۹۰ روز در نقاط سه گانه (mm)			مقدار سایش پس از ۱۸۰ روز در نقاط سه گانه (mm)			
A	B	C	A	B	C	
0.7	2.6	2.7	1.2	4	5.6	غلطک تحقیقاتی
1.6	1.1		5.5	2.12	1.4	غلطک موجود



شکل ۱- نمای شماتیک از برج ریخته گری و غلتک های انتقال دهنده شمش.



شکل ۲- تصویر متالوگرافی نمونه ایرانی.



شکل ۳- تصویر متالوگرافی نمونه ایتالیایی.



شکل ۴- تعداد ۲ عدد غلتک تحقیقاتی با متریال متفاوت تولید شده جهت استفاده در خط تولید را نشان می دهد.