

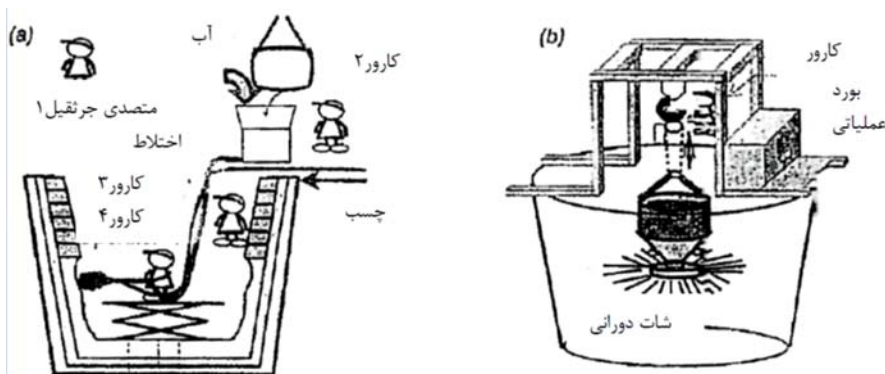


است. به دلیل ابعاد بزرگ کوره‌های بلند مدرن ذوب آهن، تقاضای زیادی برای مواد دیرگداز مقاوم به سایش بالا شده که اکنون در گام توسعه برای سامانه پایش عمر کوره قرار گرفته است. نصب و اجرای نسوزکاری به اندازه فرآیندساخت و تولید دیرگدازها اهمیت بسیار زیادی دارد. در مقاله به طور موفقیت‌آمیزی از سیستم نصب خودکار و دستگاه پاشش جرم ریختنی جهت

نصب جرم‌های ریختنی دیرگداز با اتصال نانو به روش شاتکریت برای کوره بلند

محمدحمید وکیل‌نژاد - کارشناس تحقیق و توسعه شرکت دانش‌بنیان گروه پاترون و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد (نانوفناوری) نانومواد دانشگاه علم و صنعت ایران

شکل-۱- تعمیر دیرگداز پاتیل فولاد با الف) شاتکریت معمولی ب) روش پاشش دوار



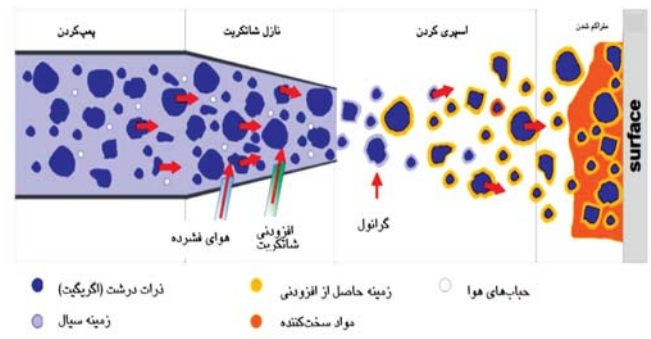
ماهنامه پردازش: دیرگدازهای گانینگ نوع خشک در سال ۱۹۹۰ برای تعمیر گرم آستری کوره بلند مورد استفاده قرار گرفت ولی امروزه دیرگدازهای گانینگ نوع تر (شات کست) به دلیل عدم ریباند به طور گسترده‌ای استفاده میشود که منجر به عدم تأثیر بر سرباره و طول عمر بیشتر کوره خواهد شد.

در مقاله جهت برطرف کردن نیاز مشتریان از دو دیرگداز گانینگ نوع تر با سیستم اتصال مختلف (اتصال سیمانی و اتصال سیلیکاسل کلوئیدی) استفاده کرده ولی اخیراً از دیرگدازهای شاتکریت نوع تر با اتصال سل سیلیس کلوئیدی جهت تعمیرات گرم آغاز شده که ریباند، سرشکن شدن حرارتی و ضدانفجاری بالا، به شدت کاهش یافته

جدول ۱ - مقایسه روش های شاتکریت معمولی و پاشش دورانی

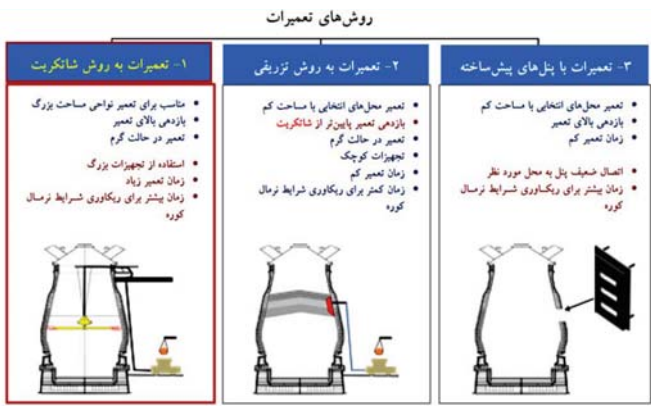
پاشش دورانی	شاتکریت معمولی	
درصد افزودن آب	۷,۸-۹,۳	۵,۸-۷,۰
ضریب مقاومت به خوردگی	۱۰۰	۵۶
سرعت پاشیدن (کیلوگرم بر دقیقه)	۵۰	۳۰۰
محیط کاری	بد	خوب
پرت نسوز (کیلوگرم)	۵۰	۰
مدت زمان تمیزکاری (دقیقه)	۴۰	۳۰
کل زمان تعمیر (دقیقه)	۲۲۰	۹۰
نرخ نفر - ساعت	۱۰۰	۲۵

شکل ۲ - تصویری از پاشش پرتابی جرم ریختنی و گیر مواد بر روی سطح



شکل ۳ - مقایسه روش های نصب مختلف نسوز با روش شاتکریت در تعمیرات کوره بلند ذوب آهن

شکل ۴ - مراحل مختلف نصب جرم های ریختنی دیرگداز با اتصال نانو با روش نصب شاتکریت



پیوندی تشکیل نمی شود و اتصال با ژلاسیون ایجاد می شود. بنابراین، اتصال سیلیسی شامل یک پیوند شیمیایی است که وقتی جرم ریختنی تحت حرارت دهی، آزادایی می شود، شکسته نمی شود. از آنجا که آب از نظر شیمیایی پیوند برقرار نمی کند، آب موجود در ساختار ژل قادر است در دماهای بسیار کمی (۱۰۰ درجه سانتیگراد) خارج شود.

برخلاف اتصال سیمان آلومینات کلسیم که باعث تشکیل آب پیوند شیمیایی می شود (در جرم های سیمانی)، در جرم های ریختنی دیرگداز با اتصال نانو سیلیس کلئیدی چنین

آماده سازی بزرگترین کوره بلند (۶۰۰۰ m³) توسعه داده استفاده شده و بیش از ۷۰ هزار تن کار اجرایی در سراسر جهان با این دستگاه به بهره برداری رسیده است.

شکل ۵ - مشخصات فنی جرم ریختنی دیرگداز با اتصال نانو مورد استفاده در کاربرد تعمیرات گرم کوره بلند ذوب آهن

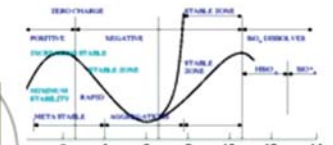
مشخصات فنی جرم تعمیراتی دیرگداز

Product	ISC-A60S	ISC-ASC60S
Al ₂ O ₃ (%)	61	47
Main Material	Mullite Alumina	Mullite SiC
Sol (%)	18	18
H.C.S @ 1200°C (kg/m ³)	1,271	1,189
Rebound loss (%)	10~15	7~10

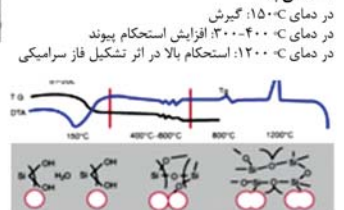
- استفاده از اگریت مولایت کم آهن
- اتصال نانوسیلیس کلئیدی
- مقاومت به سایش فیزیکی بالا
- مقاومت بالا در برابر گاز CO
- چسبندگی بالا

مکانیزم گیرش نانوسیلیس سل

۱- دمای نرمال: کنترلر pH (افزودن اسید آلی یا معدنی)



۲- دمای بالا

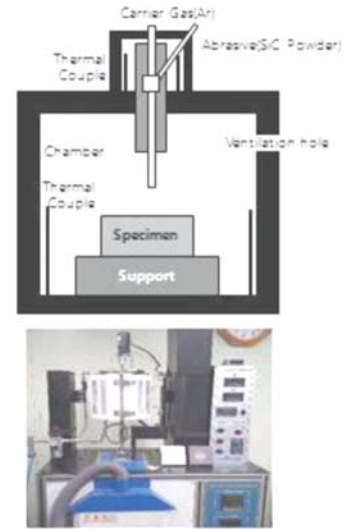
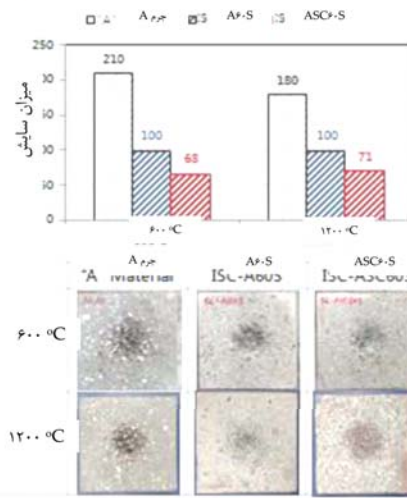


با این حال، بخش کوچکی از آب به شکل گروه های هیدروکسیل ممکن است هنوز در دماهای بالاتری خارج شوند. خروج آب اگرچه به سختی قابل شناسایی است ولی به تشکیل اتصالات سیلوکسان بیشتری منجر می شود، برای کاربرد صنعتی در کوره بلند ذوب آهن، جرم های ریختنی دیرگداز شاتکریت گزینه مناسبی است. این جرم ها شامل سیستم اتصال بر پایه نانو سیلیس کلئیدی و نانو آلومینای کلئیدی با شتاب دهنده گیرش عاری از مواد قلبایی هستند. در حال حاضر استفاده از سیستم های خودکاری که قادر به بازرسی نواحی نیازمند به آسترکاری (به عنوان مثال، اندازه گیری با لیزر) و اعمال مواد هستند (ربات های پاشنده) متداول شده است.



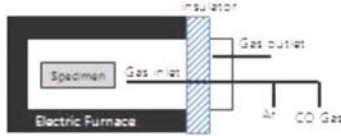
شکل ۶ - آزمون سایش فیزیکی گرم برای سه جرم ریختنی مولایتی، نانوباند مولایتی و نانوباند مولایتی سیلیکون کاربایدی

▶ H۱ آزمون سایش فیزیکی گرم



شکل ۷ - آزمون مقاومت به گاز CO و آزمون چسبندگی جرم شاکریت با اتصال نانو به آجر دیرگداز SiC

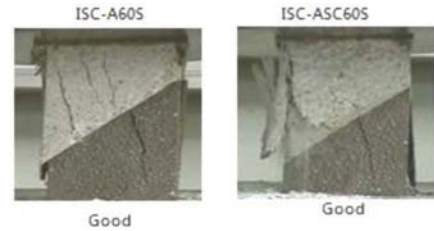
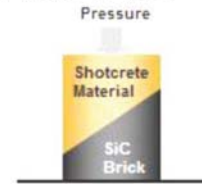
▶ R۱ آزمون مقاومت به گاز CO



- Heating rate: 5°C/min
- 500°C ± 5°C x 200Hr in 2L/Hr of CO Gas



▶ ۴ آزمون چسبندگی جرم به آجر SiC



با تغییر تعمیرات شاکریت معمولی به سیستم پاشش دورانی برای پاتیل‌های فولاد (شکل ۱)، مزایایی شامل میزان آب کمتر، مقاومت به خوردگی بهتر و سرعت پاشش بالاتر به دست می‌آید (جدول ۱).

همچنین یکی از تلاش‌های انجام شده برای به حداقل رساندن زمان مخلوط‌سازی و انتقال ترکیبات شاکریت استفاده از سیستم‌های اختلاط پیوسته است، که می‌تواند زمان نصب را کاهش داده و کیفیت محصول را با به حداقل رساندن مقدار آب مصرفی افزایش دهد.

بهبودهای صورت گرفته در تجهیزات، یکی از جنبه‌های کلیدی برای توسعه ترکیبات پاشش تر بوده و در آینده نیز به طور پیوسته و مداوم نقش

شکل ۹ - تجهیزات لازم برای تعمیرات کوره جزئی کوره بلند نوب آهن

مشخصات تجهیزات برای تعمیرات

- POD / Pipe / Boom Crane
- ▶ Large Area Spray Capability
 - Small BF to Bigger BF (6,000m³) Repair
 - Below Belly to upper BF even Finex Dome repair
- ▶ Minimize Rebound Loss
 - Optimum shot length finding
 - Maximize Mixture & sintering agent
- ▶ Real-time Repair Quality Checking
 - Real-time Spray repair & area checking & Monitoring

شکل ۸ - آزمون شبیه‌سازی برای نصب جرم ریختنی دیرگداز با اتصال نانو به روش شاکریت در کاربرد کوره بلند نوب آهن

آزمون شبیه‌سازی

- Rebound loss & optimum shooting length test

Method: ISC-ASC60S

Nozzle-Target Length (m)	R/Loss Thickness (mm)	Wall Thickness (mm)
0.4	280	20
0.4+0	140	20
0.4+20	135	25
0.4+30	120	30
0.4+40	45	45
0.4+50	50	50
0.4+60	53	25
0.4+70	60	20

Nozzle-Target Length (m)	R/Loss (%)	R/Loss Index
0.4	283	100
0.4+0	100	35
0.4+20	144	48
0.4+30	181	64
0.4+40	229	83
0.4+50	251	90
0.4+60	248	89
0.4+70	286	102

Optimum Length Nozzle-Target Length (m)

جدول ۳- مرجع اصلی مقادیر مصرفی از جرم ریختنی دیرگداز با اتصال سیمان نسوز و اتصال نانو سیلیس کلونیدی

Brand Name		ISC-A605		ISC-ASC705		ISC-ASC605	
		SPEC	QUAL	SPEC	QUAL	SPEC	QUAL
Chemical composition (%)	Al ₂ O ₃	55 ≤	60.6	60 ≤	66.4	60 ≥	47.3
	SiO ₂	30 ≤	36.8	-	9.2	-	23.7
	Fe ₂ O ₃	-	0.7	-	0.7	-	0.7
	SiC	-	-	15 ≤	20.0	18 ≤	24.9
Bulk Density	110°CX24Hrs	-	2.28	-	2.93	-	2.50
	1200°CX3Hrs	-	2.20	-	2.89	-	2.43
Cold Crushed Strength (kg/cm ²)	110°CX24Hrs	100 ≤	203	100 ≤	391	100 ≤	349
	1200°CX3Hrs	1000 ≤	1271	800 ≤	1235	800 ≤	1189
Linear Change (%)	110°CX24Hrs	-	-0.09	-	-0.10	-	-0.07
	1200°CX3Hrs	-1.0 ≤	+0.37	-	0.14	-	0.35
CO Gas Resistance	500°CX200Hrs	Excellent		Excellent		Excellent	
Application Area		Shaft, Belly		Belly, Bosh		Shaft, Belly	

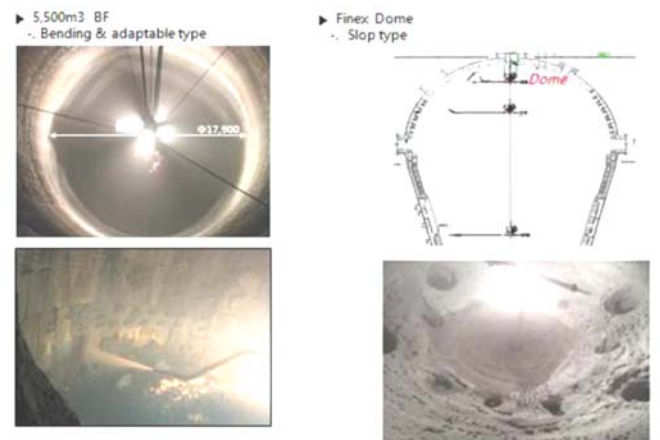
جدول ۲- مشخصات فنی جرم‌های ریختنی دیرگداز مورد استفاده در نواحی مختلف از کوره بلند ذوب آهن

Time	Inner Volume	# of BFs	# of Repair	Quantity (ton)	remark
1995-2005	1,000-3,000m ³	2	14	329	Dry type (Cement Bond)
	3,000-4,000m ³	6	40	3,294	
2005-2015	1,000-2,000m ³	3	31	1,839	Wet type (Silica Sol Bond)
	2,000-3,000m ³	2	16	1,055	
	3,000-4,000m ³	5	19	2,967	
	4,000-5,000m ³	3	14	1,917	
	5,000m ³ ≤	2	2	188	

شکل ۱۱- سامانه کنترل و پایش لحظه‌ای موقع نصب جرم ریختنی دیرگداز با اتصال نانو به روش شاتکریت در کوره بلند



شکل ۱۰- نمایش پایشش دورانی جرم ریختنی دیرگداز با اتصال نانو درون آستری کوره بلند ذوب آهن

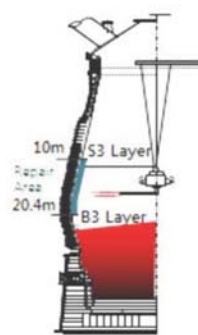


ریختنی توسط پاشش پرتابی مخلوط به سطح مورد نظر است. همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، در یک نازل مخروطی با تزریق هوا با فشار زیاد و استفاده از افزودنی‌های تند کننده گیرش، امکان پاشش جرم ریختنی با سرعت بالا فراهم می‌شود که به سطح مورد نظر برخورد کرده و به آن می‌چسبد.

برای پاشش موفق، جریان جرم ریختنی باید حاوی گرانول‌های مجزا (اگرگیت‌های درشت پوشش داده شده با ذرات ریز) باشد. به منظور اطمینان از چسبندگی مناسب، رفتار دمپینگ لایه زمینه باید قادر به اتلاف انرژی جنبشی ناشی از برخورد ذرات با سطح آستری باشد. بهبود چسبندگی و به حداقل رساندن مواد کمانه کرده (Rebound)، دلیل اصلی نیاز به مقدار مشخصی از ذرات ریز در ترکیبات مواد مصرفی در این روش نصب است.

در شکل‌های ۳ تا ۱۲ و جدول‌های ۲ و ۳ مراحل مختلف برای نصب جرم ریختنی دیرگداز با اتصال نانو به روش شاتکریت در کوره بلند ذوب آهن و الزامات و تجهیزات لازم مربوطه به تفصیل آمده است. ☑

شکل ۱۲- روش انجام کار تعمیرات جزئی با جرم ریختنی دیرگداز با اتصال نانو به روش شاتکریت



BF	3,950m ³ BF	
Repair quantity	180ton	
Repair Area	B3-S3 Layer	
Procedure	Procedure	Hour
	Stop BF blowing	4Hr
	M/H open	2Hr
	Install equipment	3Hr
	BF wall Cleaning	
	Shotcrete	18Hr
	Remove equipment	1Hr
Total	28Hr	
Capacity	10ton/Hr	
Rebound Loss(%)	10	

دستور کار شاتکریت



که بسیار بیشتر از مقادیر حاصله برای پاشش خشک (۲-۶ تن در ساعت) و شاتکریت (۱۵-۱۰ تن در ساعت) است. تفاوت اصلی بین شاتکریت و دیگر روش‌های نصب، توانایی ایجاد لایه‌های متراکم از دیرگداز

آمده‌ای در پیشرفت‌های بیشتر و ایجاد روش‌های نصب سریعتر ایفا خواهد کرد. با تلفیق فناوری اختلاط پیوسته با یک پمپ دیرگداز و استفاده از یک جرم ریختنی بدون سیمان، سرعت نصب بسیار بالایی (تا ۲۵ تن در ساعت) به دست آمده