فصلنامه سرامیک ایران

بررسی اثر افزودن کرومیا بر ریزساختار و خواص جرم منیزیایی ترمیمی مجرای تخلیه مذاب

علی‌اکبر میزانی[1]، زهره بلک[2]

[1] دفتر فنی واحد نسوز شرکت فولاد خوزستان

[2] دانشیار، گروه مهندسی مواد، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

نویسنده مسئول:
دکتر زهره بلک
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
* zbalak1983@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی
صفحه‌های: ۶۸ تا ۷۶
شاپا چاپی: ۳۳۵۱-۱۷۳۵
شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷-۲۷۸۳
زبان نشریه: فارسی
دسترس‌پذیر در نشانی:
www.JICERS.ir
تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۱۴
DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9

چکیده: *کاهش توقفات در فرآیند تولید محصولات فولادی یکی از عوامل موثر برکاهش قیمت تمام‌شده آن‌ها و افزایش بهره‌وری محسوب میشود. کوره قوس الکتریکی قلب تولید درکارخانجات فولادسازی می‌باشد؛ از همین رو کاهش توقف این تجهیز به هر نحو، راندمان تولید را افزایش داده و باعث سودآوری بیش‌تر این صنعت می‌شود. ازآنجایی‌که این کوره از نوع کوره بچ می‌باشد، پس از هر بار آماده‌سازی مذاب، عملیات تخلیه از مجرایی در کف کوره به نام EBT[1] صورت می‌گیرد. قطر این مجرای تخلیه در اثر هر بار تخلیه بزرگ‌تر شده تا جایی که خطر آسیب به تجهیزات کوره و همچنین ورود سرباره به مذاب بیش‌تر می‌شود. تعویض این مجرا زمان‌بر بوده و منجر به توقفات طولانی می‌شود؛ لذا امروزه از جرم‌های منیزیایی جهت ترمیم مجرای تخلیه مذاب استفاده می‌شود. از همین رو در تحقیق حاضر جهت افزایش بازدهی و ارتقا کیفیت جرم منیزیایی مصرفی، به بررسی اثر افزودن کرومیا میکرونیزه به‌عنوان افزودنی (تا ۳ درصد وزنی) بر خواص فیزیکی، مکانیکی و ترموشیمیایی این جرم ترمیم‌کننده پرداخته شده است. همچنین به‌منظور بررسی دقیق‌تر نتایج به دست آمده از پراش اشعه ایکس (XRD) برای بررسی‌های فازی و از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای بررسی‌های ریزساختاری نمونه‌ها استفاده شده است. مشخص شد که کم‌ترین میزان تخلخل ظاهری حدود ۱۲ درصد و مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد کرومیا می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده مشخص شد که نمونه شامل ۱/۵ درصد افزودنی کرومیا، دارای بیش‌ترین استحکام فشاری سرد (۲۵۰۰ kg/cm) و استحکام خمشی سرد (۱۵۵ kg/cm^2) می‌باشد. همچنین بهترین مقاومت به خوردگی سرباره برای نمونه حاوی ۱/۵ درصد کرومیا به دست آمده است.*

کلمات کلیدی: *جرم منیزیایی، کرومیا، کوره قوس الکتریکی، مجرای تخلیه مذاب.*

۱- مقدمه

سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۸۰ میلادی را می‌توان نقطه عطفی در تاریخ صنعت دیرگداز دانست. در این سال‌ها همزمان با رقابت شدید شرکت‌های تولید فولاد برای تولید بیش‌تر و با کیفیت بالاتر، نیاز اساسی برای معرفی دیرگدازهایی که بتوانند شرایط جدید ایجاد شده را بهتر و بیش‌تر تحمل کنند، احساس گردید. در این زمان بود که ایده افزودن اکسیدهای دیرگداز برای بهبود خواص منیزیا سبب توسعه دیرگدازها معروف به دیرگدازهای حاوی منیزیا مانند دیرگدازهای منیزیا-کرومیت، کرومیت-منیزیایی و منیزیا-اسپینلی مطرح شد. طی سال‌های اخیر، مطالعه بر روی ویژگی این نوع دیرگدازها توجه محققین را به خود جلب نموده است. البته تمامی این دیرگدازها به خوبی توانستند نیاز صنایع مختلف را در آن دوران برآورده سازند و استفاده از اکثر آن‌ها هنوز هم ادامه دارد. جرم منیزیایی مجرای تخلیه مذاب یکی از انواع رایج جرم‌های مورد استفاده در مجرای تخلیه کوره قوس‌الکتریکی است که به دلیل داشتن ویژگی‌هایی همچون، خاصیت دیرگدازی بالا، هدایت حرارتی مناسب، مقاومت بالا در برابر شوک حرارتی و عدم

[1] Eccentric Bottom Tapping

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]

ترشوندگی مناسب توسط مذاب فولاد، به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه برای استفاده در مجرای تخلیه کوره قوس‌الکتریکی شناخته می‌شود [۱]. از جمله پارامترهای مهم در انتخاب جرم ترمیمی مجرا می‌توان به مواردی از جمله حفظ خاصیت دیرگدازی در دمای بالا (حدود۱۷۰۰°C)، میزان ترشوندگی کم توسط مذاب، شوک‌پذیری و مقاومت به سایش مناسب اشاره کرد. در تحقیق حاضر به‌منظور ارتقا کیفیت جرم منیزیایی مصرفی مجرای تخلیه مذاب به بررسی اثر استفاده از کرومیا بر ریزساختار و خواص فیزیکی، مکانیکی و ترموشیمیایی این نوع جرم پرداخته شده است [۱، ۲].

در سال ۲۰۰۰ لی و همکاران [۳] افزودنی‌های مختلفی را بر روی مقاومت به خوردگی دیرگدازهای کربنی بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از آزمایش خوردگی سرباره بازگشتی، ترکیبات حاوی آنتی اکسیدان‌های مختلف را با هم مقایسه کردند. آن‌ها دریافتند که اکسیداسیون کربن و انحلال فاز منیزیا در سرباره از فاکتورهای مهم در خوردگی دیرگدازهای منیزیا–کربنی (MgO-C) است که آنتی‌اکسیدان‌ها مقدار خوردگی این دیرگدازها را کاهش می‌دهند. افزودن آلومینیوم به‌عنوان آنتی‌اکسیدان، مقاومت به اکسیداسیون را در دماهای بالا بهبود می‌دهد ولی باعث تسریع حل‌شدن منیزیا در سرباره می‌شود. ترکیب این دو فاکتور متناقص باعث شده است آلومینیوم اثر کم‌تری را در مقاومت به خوردگی در این دیرگدازها داشته باشد. افزودن سیلیسیم یا سیلیسیم به‌علاوه آلومینیوم تا حدی مقاومت به اکسیداسیون را بهبود می‌دهد ولی در مقایسه با آلومینیوم تنها یا حالت بدون آنتی‌اکسیدان، باعث انحلال بیش‌تر منیزیا در سرباره می‌شود [۴، ۵]. در سال ۲۰۰۶ آنتونیو کوینتلا و همکاران [۶] تحقیقاتی را درباره دیرگدازها منیزیا–کربن (MgO-C) در خط سرباره تولید فولاد انجام دادند و دریافتند که استحکام مکانیکی و تنش‌های حرارتی یکی از عوامل مهم در طراحی آستر دیرگداز است. این جرم‌ها، مقاومت به شوک حرارتی بالا و استحکام مکانیکی پایین در دمای بالا دارند.

در سال ۲۰۰۷ جو و همکاران [۷] مکانیزم تخریب جرم‌های دیرگداز منیزیا–کربنی به‌وسیله سرباره فولاد ضدزنگ حاوی آلومینای زیاد را تحت خلا بررسی کردند. در این تحقیق آن‌ها با استفاده از سرباره فولاد ضدزنگ حاوی ۱۵درصد وزنی آلومینا و به کمک کوره القایی خلا در دمای بالا (بالاتر از ۱۶۵۰°C) و در فشار جزئی پایین اکسیژن، رفتار خوردگی جرم‌های منیزیا–کربنی را بررسی کردند. در سال ۲۰۰۷ تورسیلاس و همکاران [۸] اثر مقدار اسپینل را در مقاومت به خوردگی سرباره جرم‌های ریختنی آلومینا بالا بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که مقاومت به خوردگی جرم‌های ریختنی آلومینا بالا، به نوع سرباره و نوع جرم ساخته‌شده بستگی دارد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان منیزیا ضخامت خوردگی در همه ترکیبات افزایش می‌یابد. البته نسبت CaO/SiO_2 در گرانروی سرباره و در نهایت خوردگی دیرگداز نقش بسزایی دارد.

در سال ۲۰۱۱ لوز و همکاران اثرات سرباره پفکی[1] کوره‌های قوس الکتریکی را بر روی دیرگدازهای قلیایی به همراه حد انحلال را بررسی کردند [۹]. با توجه به اهمیت و کاربرد جرم‌های ریختنی منیزیایی، در این پژوهش تلاش می‌شود تا با افزودن کرومیا خواص فیزیکی، مکانیکی و ترموشیمیایی آن را بهبود بخشید. با توجه به اطلاعات نویسندگان این موضوع تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است.

۲– مواد و روش تحقیق

در این تحقیق خواص مختلف جرم ریختنی منیزیایی پیوند سولفاتی با درصدهای مختلف از افزودنی کرومیا (۰ تا ۳ درصد وزنی) در دو شرایط دمایی ۱۱۰°C و ۱۶۵۰°C مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله خواص فیزیکی نمونه‌ها شامل وزن حجمی و تخلخل ظاهری مطابق استاندارد DIN 51056، خواص مکانیکی شامل استحکام فشاری سرد مطابق استاندارد DIN 51067 و استحکام خمشی سرد مطابق استاندارد DIN 51048 و همچنین خواص ترموشیمیایی شامل میزان مقاومت در برابر خوردگی مطابق استاندارد DIN 51069 اندازه‌گیری شده است [۱۰]. همچنین به‌منظور بررسی دقیق‌تر نتایج به دست آمده از پراش اشعه ایکس (XRD) برای بررسی‌های فازی و از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای بررسی‌های ریزساختاری نمونه‌ها استفاده شده است.

۲–۱– مواد اولیه و ترکیب شیمیایی

در این پژوهش از منیزیای ددبرن به‌عنوان جز اصلی و از کرومیای پودری شکل (میکرونیزه) به‌عنوان افزودنی در جرم آزمایشی

[1] Foamy slag

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]

تولیدی استفاده شده است. نتایج مربوط به آنالیز شیمیایی این دو ماده در جداول ۱ و ۲ گزارش شده است. همچنین کدگذاری مربوط به نمونه‌های آزمایشی تولیدشده در جدول ۳ گزارش شده است. در این پژوهش برای انجام تست مقاومت به خوردگی از سرباره پاتیل فولادسازی در متالورژی ثانویه (کوره پاتیلی) با آنالیز جدول ۴ استفاده شده است.

جدول ۱: آنالیز شیمیایی منیزیای ددبرن مصرفی

اکسید	MgO	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
درصد وزنی	Min ۹۷	Max ۲	Max ۰/۲	Max ۰/۵	Max ۱

جدول ۲: مشخصات فنی و آنالیز شیمیایی کرومیا مصرفی

عنوان	مقدار یا نوع
رنگ ظاهری	سبز روشن
میزان Cr_2O_3 (درصد وزنی)	۹۵ Min
میزان SiO_2 (درصد وزنی)	۴ Max
باقی‌مانده روی الک مش ۳۲۵	۰/۲ Max
رطوبت میزان	۰/۲ Max
میزان انحلال در آب	۰/۳ Max

جدول ۳: کدگذاری نمونه‌های آزمایشی جرم منیزیایی مجرای تخلیه مذاب با افزودنی کرومیا

ماده اصلی	MCr0	MCr0.5	MCr1	MCr1.5	MCr2	MCr2.5	MCr3
منیزیای ددبرن (درصد وزنی)	۱۰۰	۹۹/۵	۹۹	۹۸/۵	۹۸	۹۷/۵	۹۷
کرومیا (درصد وزنی)	۰	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳

جدول ۴: آنالیز شیمیایی سرباره مصرفی برای آزمون مقاومت به خوردگی

اکسید	MgO	SiO_2	Al_2O_3	FeO	P
درصد وزنی	۸/۷۳	۴۶/۸۶	۰/۰۶	۲۴/۸	۸/۵۱	۵/۲۳	۱/۳۵

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها

برای تعیین اثر افزودن کرومیا بر خواص فیزیکی، مکانیکی و ترموشیمیایی جرم ریختنی منیزیایی، مقدار ۲ کیلوگرم از هر فرمول تهیه و با مقدار تعیین‌شده آب مقطر مخلوط شد. در مرحله بعد؛ جرم آماده‌شده در قالب‌هایی با ابعاد ۷۰×۷۰×۷۰ mm برای آزمون استحکام فشاری سرد و ۱۶۰×۴۰×۳۰ mm برای آزمون استحکام خمشی سرد که با روغن روان‌کاری شده بود، ریخته و در ادامه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط (۲۸-۲۲°C) و رطوبت نسبی حدود ۵۰ درصد قرار داده شدند. در مرحله بعد، نمونه‌ها از قالب بیرون آورده شده و به مدت ۲۴ ساعت در خشک‌کن در دمای ۱۱۰°C قرار گرفتند. به‌منظور بررسی خواص مورد نظر و بررسی‌های فازی و ریزساختاری، تعدادی از نمونه‌ها در دمای ۱۶۵۰°C در کوره الکتریکی آزمایشگاهی با سرعت ۵ °C/min پخت شدند.

۳- نتایج و بحث

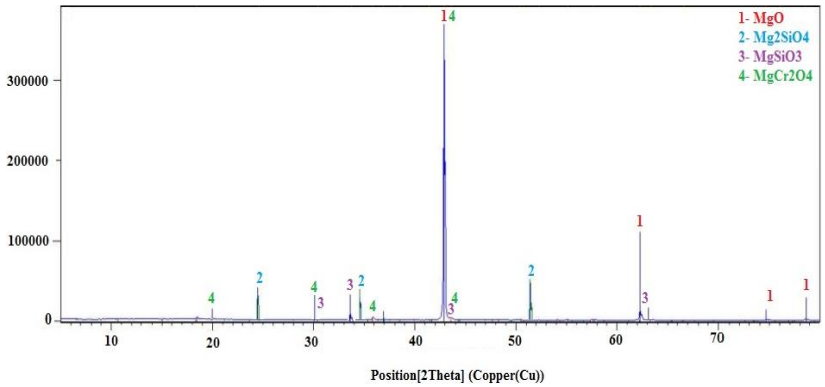
۳-۱- بررسی‌های فازی (XRD) و ریزساختاری (SEM)

به‌منظور بررسی دقیق‌تر نتایج، آنالیز الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های شامل ۱/۵ و ۳ درصد افزودنی کرومیا پس از فرآیند پخت در شکل ۱ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود به دلیل وجود مقادیر قابل توجه از اکسید سیلیسیم (SiO_2) و اکسیدکروم (Cr_2O_3)

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]

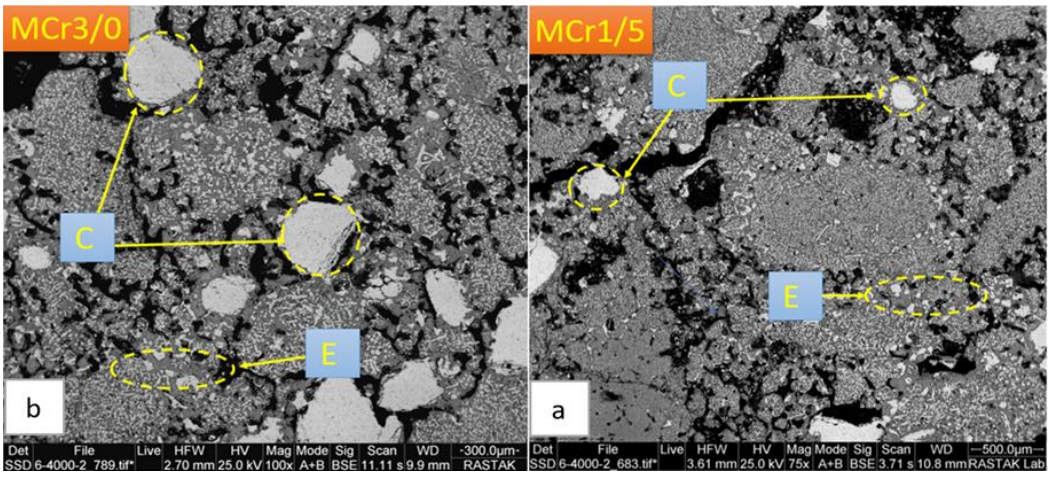
[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]

در کرومیا مصرفی، منجر به تشکیل فازهای فورستریت[1]، انستاتیت[2] و مگنزیوکرومیت[3] شده است. همچنین شدت بیش‌تر پیک‌های مذکور در شکل ۱-b نشان از میزان تشکیل بیش‌تر این فازها در نمونه شامل MCr3 در مقایسه با نمونه شامل MCr1.5 می‌دهد.



شکل ۱: پراش اشعه ایکس نمونه شامل ۱/۵ درصد افزودنی اکسید کروم پس از فرآیند پخت در دمای ۱۶۵۰°C

بررسی ریزساختاری نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از نمونه‌های شامل ۱/۵ و ۳ درصد افزودنی انجام و تصاویر آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق تصاویر ارائه‌شده، تشکیل فازهای جدید به وجود آمده از واکنش بین کرومیای افزوده‌شده و ترکیبات موجود در زمینه نمونه‌ها، مشاهده‌شده توسط الگوی پراش اشعه ایکس (شکل ۱)، در ریزساختار نمونه‌ها تایید و مشخص شده است. تشکیل این فازها منجر به بهبود خواص فیزیکی، مکانیکی و ترموشیمیایی نمونه‌ها شده است. همین وجود این فازها در نمونه‌ها، باعث جلوگیری از نفوذ بیش‌تر سرباره و مذاب و در نتیجه افزایش مقاومت به خوردگی شده است. مطابق نتایج گزارش‌شده در برخی منابع تشکیل فاز فورستریت با دیرگدازی بالا (حدود ۱۸۹۰°C) و حضور آن در زمینه نمونه‌ها سبب بهبود استحکام خمشی و فشاری سرد می‌شود [۱۱، ۱۲].



شکل ۲: تصاویر (SEM) نمونه‌های شامل a) ۱/۵ درصد و b) ۳ درصد افزودنی کرومیا پس از فرآیند پخت در دمای ۱۶۵۰°C

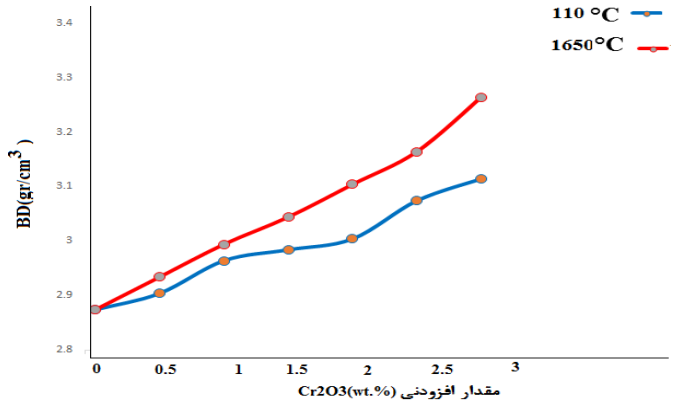
۳-۲- خواص فیزیکی و مکانیکی

۳-۲-۱- وزن حجمی (BD) و تخلخل ظاهری (AP)

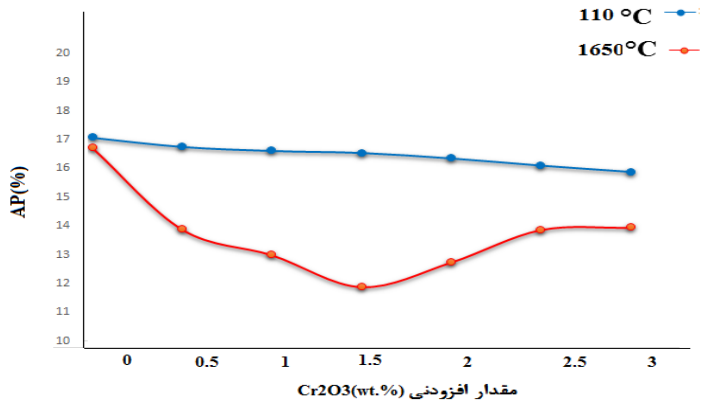
نتایج مربوط به آزمون وزن حجمی و تخلخل ظاهری نمونه‌های فاقد و شامل افزودنی کرومیا میکرونیزه در دو دمای ۱۱۰ و ۱۶۵۰°C در شکل‌ها ۳ و ۴ گزارش شده است.

[1] Mg_2SiO_4
[2] $MgSiO_3$
[3] $MgCr_2O_4$

[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]
[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]



شکل ۳: نتایج مربوط به آزمون وزن حجمی نمونه‌ها در دماهای ۱۱۰ و ۱۶۵۰°C



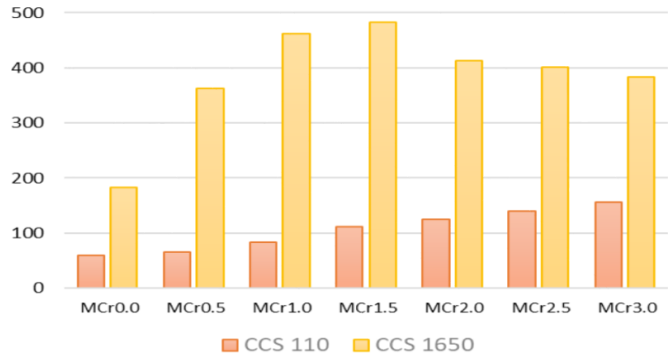
شکل ۴: نتایج مربوط به آزمون میزان تخلخل ظاهری نمونه‌ها در دماهای ۱۱۰ و ۱۶۵۰°C

مشاهده می‌شود که در هر دو دما با افزایش میزان کرومیا میکرونیزه جایگزین‌شده در نمونه‌ها، وزن حجمی نمونه‌ها افزایش داشته است. که این افزایش را می‌توان به پوشش‌پذیری بهتر کرومیا میکرونیزه و واکنش‌پذیری بهتر با دانه‌های منیزیا موجود در زمینه و سولفات مصرفی به‌عنوان پیونددهنده در دمای۱۱۰°C و همچنین ایجاد اتصالات و فرآیند پخت بهتر کرومیا پودری در دمای بالا (۱۶۵۰°C) و ایجاد ساختار متراکم و فشرده‌تر نسبت داد. بهبود فرآیند پخت نمونه‌ها از طریق مکانیزیم پخت حالت جامد به واسطه تشکیل فازهای با نقطه ذوب بالا از قبیل فاز فورستریت، انستاتیت و مگنزیوکرومیت باعث این تراکم و فشردگی در زمینه نمونه‌ها می‌باشد. همچنین میزان تخلخل ظاهری نمونه‌ها پس از خشک‌شدن (دمای ۱۱۰°C) تغییرات زیادی نداشته و افزایش اندک آن ناشی از خروج رطوبت از نمونه‌ها بوده است. اما در دمای پخت، میزان تخلخل ظاهری نمونه‌ها تا مقدار ۱/۵ درصد افزودنی، کاهش و پس از آن مجددا افزایش یافته است. این افزایش مجدد میزان تخلخل را می‌توان به تشکیل ترک‌های ریز زیاد ریزساختار و برخی ترک‌های درشت قابل مشاهده در وجوه ظاهری نمونه‌ها به واسطه ایجاد فاز انبساطی اسپینل مگنزیوکرومیت در اثر واکنش بین اکسید کروم (Cr_2O_3) مصرفی و فاز منیزیا (MgO) زمینه نسبت داد.

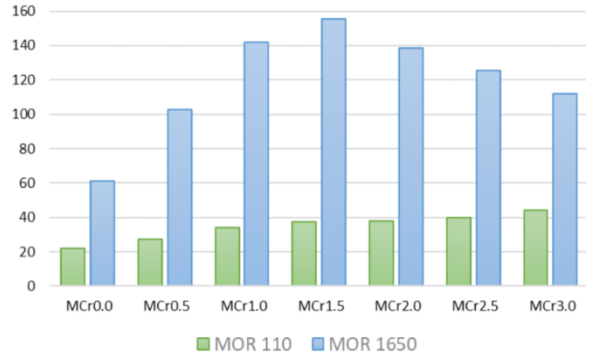
۳-۲-۲-استحکام فشاری سرد (CCS) و خمشی سرد (MOR)

شکل‌های ۵ و ۶ به‌ترتیب نتایج مربوط به تاثیر افزودن کرومیا بر میزان استحکام فشاری سرد و خمشی سرد در دمای خشک‌کردن و پخت‌شدن نمونه‌ها را نشان می‌دهند. در هر دو شکل مشاهده می‌شود که استحکام فشاری سرد و خمشی سرد نمونه‌ها با افزودن کرومیا پس از فرآیند خشک‌شدن افزایش اندکی داشته است. این افزیش را می‌توان به پوشش‌پذیری بهتر کرومیا پودری مصرفی و واکنش بهتر با سولفات مصرفی و در نتیجه پرکردن بهتر تخلخل‌ها و حفرات نسبت داد. اما در دمای پخت، استحکام فشاری و خمشی سرد با افزودن کرومیا تا ۱/۵ درصد افزایش چشمگیری را نشان می‌دهند که علت آن را به فرآیند پخت بهتر و کامل‌تر نمونه‌ها، تشکیل برخی فازهای جدید در زمینه، از بین‌رفتن بیش‌تر تخلخل‌ها و حفرات و به‌طور کلی ایجاد یک زمینه فشرده و متراکم برای نمونه‌ها نسبت داد.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]



شکل ۵: نتایج مربوط به آزمون‌های استحکام فشاری سرد نمونه‌ها در دماهای ۱۱۰ و ۱۶۵۰°C

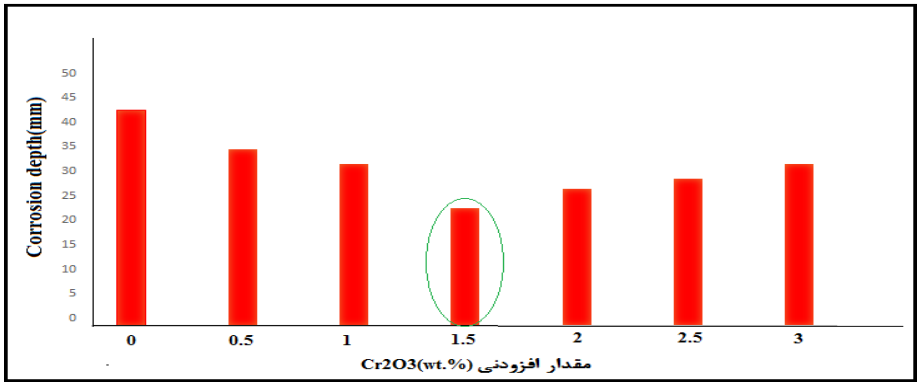


شکل ۶: نتایج مربوط به آزمون‌های استحکام خمشی سرد نمونه‌ها در دماهای ۱۱۰ و ۱۶۵۰°C

اما با افزودن مقادیر بیش‌تر از ۱/۵ درصد کرومیا، استحکام نمونه‌ها شروع به افت کرده‌اند که ایجاد ترک‌های ریز زیاد در ریزساختار و برخی ترک‌های درشت قابل مشاهده در وجوه ظاهری نمونه‌ها، به‌واسطه تشکیل فاز انبساطی اسپینل منیزیا–کرومیت باعث این افت شده است.

۳–۳– مقاومت به خوردگی در برابر سرباره

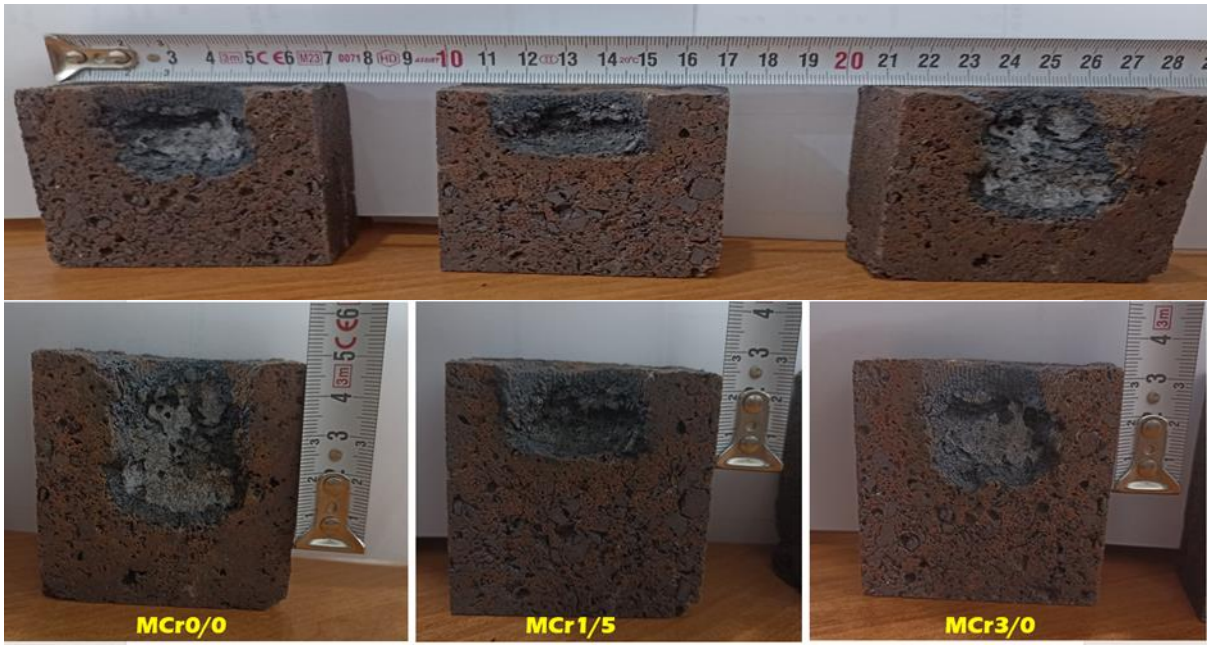
نتایج مربوط به اندازه‌گیری میزان عمق نفوذ سرباره در نمونه‌ها که به‌عنوان معیاری از مقاومت به خوردگی می‌باشد، در شکل ۷ گزارش شده است. مشاهده می‌شود که کم‌ترین میزان عمق نفوذ مربوط به نمونه MCr1.5 و بیش‌ترین میزان عمق نفوذ مربوط به نمونه MCr0 می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده می‌توان گفت که استفاده از کرومیا در نمونه‌ها به دلیل تشکیل فازهای مقاوم در برابر خوردگی از قبیل فورستریت، انستاتیت و مگنزیوکرومیت و همچنین بهبود فرآیند پخت منجر به افزایش مقاومت به خوردگی شده است. اما برای مقادیر بیش‌تر از ۱/۵ درصد کرومیا، ایجاد ترک‌های ریز زیاد و برخی ترک‌های درشت منجر به تخریب زمینه نمونه‌ها، نفوذ بیش‌تر سرباره و مذاب و در نتیجه افت مقاومت به خوردگی نمونه‌ها شده است (شکل ۸).



شکل ۷: نتایج مربوط به آزمون میزان خوردگی در برابر سرباره

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]



شکل ۸: تصاویر مربوط به سطح مقطع و میزان عمق خوردگی نمونه‌های فاقد و شامل ۱/۵ و ۳ درصد افزودنی کرومیا پس از آزمون مقاومت به خوردگی

۴- نتیجه‌گیری

به‌منظور بهبود عملکرد جرم‌های منیزیایی ریختنی ترمیمی مجرای تخلیه مذاب، تاثیر استفاده از کرومیا پودری (۰تا ۳ درصد وزنی) بر خواص فیزیکی، مکانیکی، ترموشیمیایی و ریزساختار نمونه‌های مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد که:

۱. استفاده از کرومیا تا ۳ درصد وزنی منجر به افزایش تدریجی وزن حجمی نمونه‌ها در دماهای ۱۱۰ و ۱۶۵۰°C شده است.

۲. استفاده از کرومیا تا ۱/۵ درصد منجر به کاهش تخلخل ظاهری و همچنین افزایش استحکام فشاری سرد و خمشی سرد نمونه‌ها به دلیل ایجاد برخی فازهای جدید از قبیل فورستریت، انستاتیت و مگنزیوکرومیت می‌باشد؛ اما مقادیر بیش‌تر آن باعث افزایش تخلخل ظاهری و افت تدریجی استحکام نمونه‌ها را در پی داشته است که علت این امر را می‌توان به تشکیل ترک‌های ریز زیاد ریزساختار و برخی ترک‌های درشت قابل مشاهده در وجوه ظاهری نمونه‌ها به واسطه ایجاد فاز انبساطی اسپینل مگنزیوکرومیت در اثر واکنش بین اکسید کروم (Cr_2O_3) مصرفی و فاز منیزیای (MgO) زمینه نسبت داد.

۳. افزودن کرومیا تا ۱/۵ درصد وزنی به جرم منیزیایی، افزایش مقاومت به خوردگی در برابر سرباره را در پی داشته است. کرومیا مصرفی با ایجاد ساختاری متراکم و فشرده از نفوذ سرباره و مذاب جلوگیری کرده است؛ اما مقادیر بیش‌تر آن به علت نفوذ راحت‌تر مذاب و سرباره به داخل ریزساختار نمونه‌ها، به واسطه تشکیل زیاد ترک‌ها، منجر به افت مقاومت به خوردگی شده است.

۴. به‌طور کلی و با درنظرگرفتن بهینه خواص فیزیکی، مکانیکی و ترموشیمیایی، نمونه شامل ۱/۵ درصد افزودنی کرومیا (MCr1.5) به‌عنوان نمونه بهینه برای تهیه جرم منیزیایی مجرای تخلیه مذاب انتخاب شد.

مراجع

[۱]. سکینه سادات سادات بیدگلی، احمد منشی، رحمت الله عمادی، بررسی اثر تری‌پلی‌فسفات سدیم، هگزامتافسفات سدیم، اسید بوریک براکس بر خواص استحکام دما پایین ضایعات فرآورده‌های شیمیایی، فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۳۹۵.

[۲]. حسن لائح، محمد باوند وندچالی، بشیر فتوحی اردکانی، حسین سرپولکی، اثر افزودن مواد کوکلینکر بر ریزساختار و خواص دیرگدازهای منیزیا-کرومیتی. هفتمین کنگره سرامیک ایران، ۱۳۸۸.

[3]. S. Zhang, W.L., Influence of additives on corrosion resistance and corroded microstructures of MgO-C refractories, Journal of the European Ceramic Society, 2001, vol. 21: 2393–2405.

[4]. Edgardo Benavideza, Elena Brandalezea, Leonardo Musanteb, Pablo Galliano, Corrosion Study of MgO-

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]

C Bricks in Contact with a Steelmaking Slag, Procedia Materials Science, 2015.
[5]. A.P. Luza, F.C. Leiteb, M.A.M. Britoc, V.C. Pandolfelli, Slag conditioning effects on MgO–C refractory corrosion performance, Ceramics International, 2013.
[6]. M. A. Quintela, C.A.P., J. A. Rodrigues, V. C. Pandolfelli, MgO-C refractories for steel ladles slag line, Refractories application and news, 2006, Vol.11(6): 15-19.
[7]. M. Guo, P.T.J., J. V. Dyck, E. Boydens, D. Durinck, B. Blanpain, P. and Wollants, Degradation mechanisms of magnesia-carbon refractories by high-alumina stainless steel slags under vacuum, Ceramics International, 2007, Vol.33:1007–1018.
[8]. L.A. Dıaz, P.P., Effect of spinel content on slag attack resistance of high alumina refractory castables, Journal of the European Ceramic Society, 2007, Vol. 27: 4623–4631.
[9]. A. P. Luz, T. A. Ávila, P. Bonadia, V. C. Pandolfelli, Slag Foaming: Fundamentals, Experimental Evaluation and Application in the Steelmaking Industry, refractories WORLDFORUM, 2011.
[۱۰]. نظری، بررسی اثر نوع و درصد آنتی‌اکسیدان‌ها بر خواص فیزیکی و شیمیایی جرم‌های ریختنی آلومینا-منیزیا-گرافیت، ۱۳۹۰.
[11]. J. Homeny, New Development in Monolithic Refractories, Advances in ceramic, Vol .13, 1985.
[۱۲]. شولدر ولفانگ، مواد دیرگداز، مترجم طاهر محمودیان، نشر موسسه جانان، ۱۳۷۸.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]

Investigating the Effect of Adding Chromia on the Micro-structure and Properties of EBT Repair Magnesium Mass

Ali Akbar Mizani[1], Zohre Balak[2]

[1] Technical Office of Refractory Unit of Khuzestan Steel Company
[2] Department of Materials Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

* zbalak1983@gmail.com

Abstract: Reducing downtime in the production process of steel products is considered one of the effective factors in lowering their total cost and increasing productivity. The electric arc furnace is the heart of production in steelmaking plants; therefore, reducing downtime of this equipment in any way increases production efficiency and leads to greater profitability for this industry. Since this furnace is of the batch type, after each preparation of the molten metal, the discharge operation occurs through an outlet in the bottom of the furnace known as Eccentric Bottom Tapping (EBT). The diameter of this discharge outlet increases with each discharge, raising the risk of damage to the furnace equipment and the entry of slag into the molten metal. Replacing this outlet is time-consuming and leads to long downtimes; hence, magnesium masses are currently used to repair the EBT discharge outlet. Therefore, in the present study, to increase the efficiency and improve the quality of the consumed magnesium mass, the effect of adding micronized chromia as an additive (0 to 3 weight percent) on the physical, mechanical, and thermochemical properties of this repair mass has been investigated. Additionally, to examine the results more precisely, X-ray diffraction (XRD) was used for phase analysis, and scanning electron microscopy (SEM) was used for examining the microstructure of the samples. It was found that the lowest apparent porosity, approximately 12 percent, is in the sample containing 1.5 percent chromia. According to the results obtained, it was determined that the sample containing 1.5 percent chromia has the highest cold compressive strength (500 kg/mm²) and cold bending strength (155 kg/mm²). Furthermore, the best resistance to slag corrosion is found in the sample containing 1.5 percent chromia.

Keywords: Magnesium mass, Chromia, Electric arc furnace, Molten metal discharge outlet.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1403.20.2.5.9]