



پژوهش‌نامه ریخته‌گری

مقاله پژوهشی:

اثر زیر کونیای پایدار شده با ایتریا و کاربید سیلیسیم بر پایداری فیزیکی نسوزهای پایه منیزی

محسن زندی^۱، صاحبعلی منافی^{۲*}، محمد باقر لیمویی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.

۲. استاد، گروه مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.

۳. استادیار، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت الله املی، آمل.

* نویسنده مکاتبه کننده: صاحبعلی منافی، Email: ali_manafi2005@yahoo.com

چکیده:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۶

پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۲

در این مقاله اثر افزودن زیر کونیای پایدار شده با ایتریا و سیلیکون کاربید بر پایداری فیزیکی نسوزهای پایه منیزی (MgO) در برابر فولاد مذاب ارزیابی شد. به این منظور رسوب همزمان برای تولید پودرهای سرامیکی $MgO-ZrO_2$ و $Y_2O_3-MgO-ZrO_2$ پیش‌ساز انجام شد. سپس این ترکیبات با استفاده از روش‌های تحلیلی متنوعی از جمله پراش لیزر QELS (شبه الاستیک پراکندگی نور)، XRD، BET و SEM مورد ارزیابی قرار گرفته و میزان پایداری آنها در برابر مذاب در کوره‌های ذوب فولاد بررسی شد. از روش ویکرز برای تعیین سختی سرامیک متخلخل حاصل از پودرهای سنتز شده استفاده شد. پودرهای نانومقیاس با سطح مشخصی که بیش از ۶۰ متر مربع در گرم بود ایجاد شد. مشخص شد که افزایش سختی سرامیک‌ها با ادغام Y_2O_3 تسهیل می‌شود و همچنین با این عمل به تثبیت کل فاز بلور مکعبی کمک می‌گردد.

واژه‌های کلیدی:

زیر کونیا،

ایتریا،

کاربید سیلیسیم،

نسوزهای منیزی،

پایداری فیزیکی.

ارجاع به این مقاله:

محسن زندی و همکاران، اثر زیر کونیای پایدار شده با ایتریا و کاربید سیلیسیم بر پایداری فیزیکی نسوزهای پایه منیزی، پژوهش‌نامه ریخته‌گری، بهار و تابستان ۱۴۰۱، جلد ۶، شماره ۱، صفحات ۴۵-۵۱.

شناسه دیجیتال: (DOI): 10.22034/FRJ.2023.353490.1162

۱- مقدمه

روش دیگر برای تولید آجر نسوز $MgOCaO$ در محل، مخلوط کردن منیزی و دولومیت و کلسین در دماهای بالا است [۴]. این نوع از آجرهای نسوز به دلیل مزایای فراوانی که از جمله مقاومت در برابر دمای بالا دارند، نقش مهمی به عنوان ماده نسوز در صنایع مختلف مانند ریخته‌گری، پاتیل‌های متالورژی ثانویه فولاد نظیر AOD^1 و VOD^2 و کوره‌های غیر آهنی (مبدل مس) دارند. انبساط حرارتی کم، مقاومت در برابر شوک حرارتی عالی، عملکرد خوردگی فرسایشی برجسته در دماهای بالا، در دسترس بودن گسترده مواد خام، فشار بخار کم و مقاومت در برابر سایش از عمده‌ترین ویژگی‌های آنها است. با توجه به پایداری ساختار بلوری، این نوع از مواد نسوز می‌توانند در قطعات حساس و در

آجرهای نسوز ساخته شده از MagnesiaDoloma یا MagDol ($MgO.CaO$) به عنوان شکلی از نسوز بدون کروم پیشنهاد شده است که می‌تواند برای جایگزینی آجرهای نسوز $MgO.Cr_2O_3$ مورد استفاده قرار گیرد [۱]. آجرهای نسوز $MgO.CaO$ معمولاً از روش‌های ۵۰ تا ۸۰ درصد وزنی MgO Sever ساخته می‌شوند و در آن یک روش جدید استفاده از کولینکر متخلخل و مذاب ساخته شده از منیزی و دولومیت به عنوان ماده اولیه استفاده شده است که منجر به محصولات همگن‌تر با خواص بهتر می‌شود [۲ و ۳].

² Vacuum Oxygen Degassing, VOD¹ Aragon Oxygen Degassing, AOD

در ریزساختار و فعالیت واکنش به طور قابل توجهی افزایش یافته است [۹-۱۵].

در تحقیق حاضر، اثر افزودن ZrO_2 در اندازه نانو بر ویژگی‌های دیرگداز $MgOCaO$ و امکان افزایش کیفیت آن مورد بررسی قرار گرفته است. سیستم ایتریا-منیزیا-زیرکونیا ($Y_2O_3-MgO-ZrO_2$) یک ماده قابل قبول برای تولید مواد نسوز با خواص مکانیکی بالا است. در ترکیبات مناسب، خواص مکانیکی آن حتی در برابر دماهای بالا نیز مطلوب است. چقرمگی سیستم $MgO-ZrO_2$ به طور عمده توسط مکانیسم تبدیل تتراگونال به مونو کلینیک رسوبات متاپایدار تتراگونال محدود در فاز مکعب القا می‌شود. با این حال، در دماهای بالا، این سرامیک دچار تجزیه فازهای چهار ضلعی و مکعبی به مونوکلینیک و منیزیم می‌شود. افزودن ایتریا در سیستم $MgO-ZrO_2$ این تجزیه را مهار می‌کند و باعث بهبود خواص مکانیکی و الکتریکی سرامیک می‌شود. بنابراین، مطالعه سنتز و خصوصیات سیستم $Y_2O_3-MgO-ZrO_2$ برای توسعه مواد جدید با خواص افزایش یافته توسط تثبیت زیرکونیا حائز اهمیت است. روش‌های مختلفی مانند مخلوط پودرهای اکسیدی، روش رسوب سیترات‌ها و تکنیک‌های سل ژل برای سنتز این مواد پیشنهاد شده است. در این مقاله پودرهای زیرکونیای تثبیت شده با MgO با افزودن Y_2O_3 به روش تحلیلی بررسی می‌شود. مورفولوژی و توزیع اندازه ذرات پودرها و همچنین فازهای کریستالی و سطح ویژه مشخص می‌شود. سرامیک به دست آمده از پودرهای سنتز شده با استفاده از تکنیک تورفتگی و پیکرز برای آزمایش مکانیکی ارسال می‌شود.

۲- روش تحقیق

در شکل (۱) مراحل انجام تحقیق نشان داده شده است که توضیحات آن به شرح زیر است:

نمونه اول با وزن تقریبی حدود ۷٫۵ کیلوگرم متشکل از منیزیت ذوبی ۶ کیلوگرم با دانه‌بندی ۳-۵ میلی‌متر، گرافیت پودری ۱ کیلوگرم، زیرکونیای پایدار با ایتریا ۵۰۰ گرم تهیه شده است. ابتدا مواد مورد نظر در بازه زمانی ۵ الی ۷ دقیقه مخلوط شده و سپس در قالب‌فلزی مورد نظر ریخته شد. در این روش معمولاً یک جعب (بایندر) جهت استحکام بخشی به مواد استفاده می‌شود که این بایندر از نوع پلیمری است. مواد توسط نیروی هیدرولیکی ۱۰۰۰ تن بر متر مربع فشرده و شکل داده شد. پس از شکل‌دهی در دمای بین ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد پخت و سینترینگ شد.

معرض شوک پاتیل‌های ذوب مذاب فولاد و همچنین نازل‌های تاندیش در ریخته‌گری پیوسته طول عمر بیشتری داشته باشند و در نتیجه از لحاظ اقتصادی و هزینه تمام‌شده شمش‌های ریخته‌گری فولاد کمک شایانی به این صنعت انجام دهند [۵-۸]. علاوه بر این، دیرگدازهای $MgO.CaO$ در از بین بردن آخال‌ها از فولاد مذاب خوب هستند و آنها را به یکی از موثرترین دیرگدازها برای تولید محصولات فولادی تمیز تبدیل می‌کنند [۹، ۴، ۲]. با وجود این ویژگی‌های مفید، استفاده از آجرهای نسوز $MgO.CaO$ به دلیل تمایل آنها به هیدراتاسیون در هنگام قرار گرفتن در معرض هوا محدود شده است [۱، ۱۰، ۵].

مواد نسوز $MgOCr_2O_3$ به دلیل خواص خوب مانند مقاومت در برابر آتش بالا، مقاومت در برابر خوردگی سرباره و مقاومت در برابر شوک حرارتی به طور گسترده در پاتیل‌های VOD و کوره‌های سیمان دوار استفاده می‌شود. از سوی دیگر، اگر کرومات‌های شش ظرفیتی سمی به راحتی در حضور یک اتمسفر اکسیدکننده قلیایی تولید شوند، سنگ معدن کروم دیرگدازهای $MgOCr_2O_3$ تحلیل می‌رود و نگرانی‌های زیست‌محیطی ایجاد می‌کند. اخیراً افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی توجه مردم را به این مشکل جلب کرده است و تحقیقات متعددی برای تولید انواع جدیدی از دیرگدازهای سازگار با محیط زیست برای جایگزینی دیرگدازهای $MgOCr_2O_3$ انجام شده است. دیرگدازهای $MgO-CaO$ شکلی از دیرگدازهای بدون کروم هستند که به دلیل پایداری عالی در دمای بالا و مقاومت در برابر خوردگی در برابر سرباره قلیایی می‌توانند به عنوان جایگزینی برای دیرگدازهای $MgOCr_2O_3$ استفاده شوند [۱۰].

همان گونه که گفته شد دیرگدازهای $MgO-CaO$ دارای مزیت حذف آخال‌ها از فولاد مذاب هستند و برای تمیز کردن محصولات فولادی ترجیح داده می‌شوند و این نسوزها به عنوان یکی از انواع نسوزهای احتمالی برای تمیز کردن محصولات فولادی شناخته شده‌اند. با این حال، استفاده از دیرگدازهای $MgO-CaO$ به دلیل شوک حرارتی کم و مقاومت در برابر هیدراتاسیون محدود شده است. مشاهده شده است که افزودن ZrO_2 می‌تواند به طور قابل توجهی ویژگی‌های دیرگدازهای $MgO-CaO$ را بهبود بخشد، اما به طور قابل توجهی قیمت محصول را افزایش می‌دهد. در نتیجه، کاهش مقدار ZrO_2 به منظور افزایش ویژگی‌های دیرگدازهای $MgO-CaO$ بسیار مهم است [۱۰، ۵].

در سال‌های اخیر، فناوری نانو در مواد نسوز گنجانده شده است. مشاهده شد که عملکرد مواد دیرگداز از نظر پراکندگی نانوذرات

کارباید و زیرکونیای تثبیت‌شده به صورت هم‌زمان اضافه شد و در پایان هر سه نمونه مورد آزمون‌های زیر قرار گرفتند:

۱. آزمایش آنالیزی XRD.
۲. آزمایش آنالیزی XRF.
۳. آزمایش TC
۴. آزمایش CCS.

کلینکر MgOCaO با ترکیب شیمیایی مطابق جدول (۱) به عنوان ماده اولیه استفاده شد. دو نوع پودر ZrO_2 با خلوص بالا با کیفیت‌های ذکر شده در جدول (۲) به عنوان افزودنی مورد استفاده قرار گرفت. دو نوع پودر ZrO_2 هر کدام با درصد جرمی ۸ درصد با کلینکر MgOCaO به دست آمده مخلوط و الک شد تا از مش ۱۵۰ عبور کند. سپس پودرهای ترکیبی به صورت تک محوری در نمونه‌های پلت در فشار ۲۰۰ مگاپاسکال قالب‌گیری شدند. نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت در کوره با سرعت ۵ درجه سانتیگراد در دقیقه پخته‌شده و سپس تا دمای اتاق سرد شدند. چگالی ظاهری و تخلخل ظاهری، ترکیبات فازی، تجزیه و تحلیل ریزساختار، مقاومت در برابر شوک حرارتی، مقاومت در برابر پاک کردن و مقاومت در برابر خوردگی سرباره برای توصیف نمونه‌های متخلخل استفاده شدند.

چگالی ظاهری و تخلخل ظاهری با استفاده از معادلات (۱) و (۲) پس از غوطه‌وری در نفت سفید در خلاء طبق اصل ارشمیدس محاسبه شد.

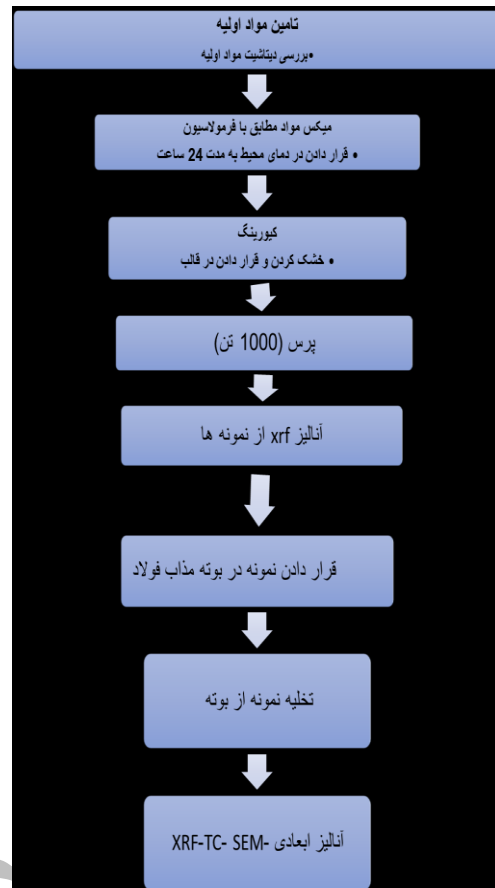
$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{m_1 d}{m_p - m_1} \quad (1)$$

$$\text{Apparent porosity} = \frac{m_p - m_1}{m_p - m_r} \times 100 \quad (2)$$

که در این معادلات، m_1 نشان دهنده جرم یک نمونه خشک در هوا (g)، m_2 نشان دهنده جرم نمونه در نفت سفید (g)، m_3 نشان دهنده جرم نمونه با حباب‌های آزاد روی سطح (g) و d نشان دهنده جرم نمونه است.

برای بررسی ترکیبات فازی (XRD)، از تارگت مس و ولتاژ ۳۰ کیلو ولت و جریان ۳۰ میلی آمپر استفاده شد.

پس از اچ حرارتی در دمای ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه، ریزساختار با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی همراه با یک تحلیلگر پرتو ایکس پراکنده انرژی (EDX) مورد مطالعه قرار گرفت. مقاومت در برابر شوک حرارتی با کوئنچ کردن نمونه‌ها در هوا به مدت ۱۵ دقیقه پس از حرارت دادن در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه و سپس تکرار آزمایش تا زمانی که نمونه شکسته شود، تعیین شد.



شکل ۱- مراحل انجام تحقیق

از پاتیل ذوب فولاد با بدنه چدنی و نسوز کاری شده با ظرفیت ۵۰ کیلوگرم مذاب استفاده شد. بعد از آماده‌سازی نمونه و پاتیل شبیه‌سازی شده نمونه مورد نظر در پاتیل و در قسمت تحتانی قرار داده شد. سپس مذاب به درون پاتیل ریخته‌شد. بعد از آماده سازی نمونه روی نسوز پایه منیزیتی آزمون‌های XRD و XRF صورت پذیرفت. تا علاوه بر آنالیز فازی، آنالیز عنصری و تعیین مقدار درصد عناصر موجود در نمونه مورد ارزیابی قرار گیرد.

بررسی‌های ساختاری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی انجام گرفت. برای اطمینان بیشتر از فرآیند تحقیق از مذاب نیز، کوانتومتری جهت آنالیز عنصری مذاب فولاد انجام شد تا آنالیز مواد مذاب در تماس با نمونه نسوز کنترل گردد. ریخته‌گری در پاتیل انجام شد. پس از ۱۰ دقیقه مذاب فولاد تخلیه گردید. تخلیه از کف و از حفره‌ای که بین آجر نمونه ایجاد شده، انجام شد تا میزان خوردگی برآورد شود. به این صورت که قطر نمونه قبل و پس از تخلیه اندازه‌گیری شد. پس از سرد شدن نمونه بررسی‌های آنالیزی روی نمونه انجام شد. سپس در نمونه اول زیرکونیای تثبیت شده اضافه گردید و مابقی روش کار مطابق با توضیحات قبل انجام شد.

در نمونه دوم، زیرکونیا حذف و سیلیکون کارباید اضافه شد و بررسی‌ها مطابق قبل انجام شد و نهایتاً در نمونه سوم سیلیکون

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کلینکر MgO-CaO و کلینکر سیمان

Material	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO
As-received MgO-CaO Clinker	۰/۵	۱/۶۵	۱/۲۵	۲۳/۵	۷۳
Clinker of Cement	۲/۳	۷/۵	۲۵/۷	۵۰/۴	۴/۸

جدول ۲- خواص ZrO_۲

ZrO ₂ powder	Purity (mass. %)	Average size
Micro-sized	۹۹/۶	۳۵ nm
Nano-sized	۹۹/۹	۵۰ nm

جدول ۳- ترکیب مولی نمونه‌های Y_۲O_۳-MgO-ZrO_۲

[MgO]/[OT]* (mol %)	[Y ₂ O ₃]/[OT] (mol %)	{[MgO] + [Y ₂ O ₃]} / [OT] (mol %)	[Y ₂ O ₃]/[MgO] (mol %)	Sample
۷/۸	۰	۷/۸	۰	MZ
۷/۴	۲/۴	۹/۸	۲۴/۹	YMZ

*[OT] = [ZrO₂] + [MgO] + [Y₂O₃]

این محلول پیش‌ساز در محلول هیدروکسید آمونیم، در حجم محاسبه شده قبلی با توجه به رابطه بهینه [OH-]/[Cl-] برابر با ۴/۴ ریخته شد.

محلول آمونیاک در طول کل فرآیند بارش به شدت هم زده شد. رسوب مشترک به دست آمده از هیدروکسیدهای منیزیم، زیرکونیوم و ایتریا با فیلتراسیون خلاء جدا شد و با آب مقطر برای حذف یون‌های کلرید شسته شد که با آزمایش کلرید نقره بررسی شد. پس از شستشو با آب، رسوب مشترک با اتانول شسته شد و با فیلتراسیون خلاء جدا شد. در فر خشک شده و در مافل با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت کلسینه گردید. پس از آن، محصول به دست آمده به مدت ۴ ساعت در اتانول در آسیاب پراثری آسیاب شده است. پودرهای به دست آمده مشخص شدند.

توزیع اندازه ذرات توسط پراش لیزر QELS (شبه الاستیک پراکندگی نور)، سطح ویژه با روش BET، مورفولوژی خوشه‌ها توسط SEM و کریستالینیتی تعیین شده توسط XRD مشاهده شد. ترکیب مولی نمونه‌های Y_۲O_۳-MgO-ZrO_۲ هم رسوب شده در جدول (۳) فهرست شده است.

مقاومت در برابر پاک کردن نمونه‌ها با اندازه‌گیری افزایش جرم پس از خیساندن به مدت ۹۶ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد تعیین شد.

آزمایش خوردگی سرباره با استفاده از روش زیر انجام شد:

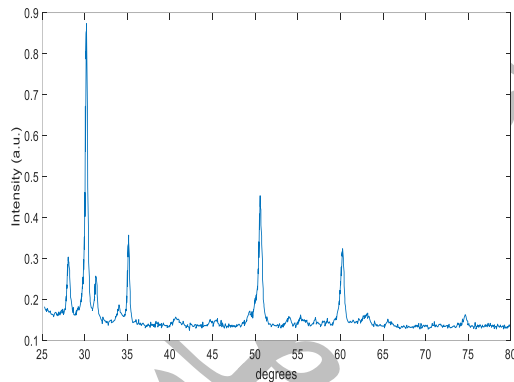
ابتدا قطعات پرس دستی کلینکر سیمان ترکیب مشخص شده در جدول (۱) روی سطوح نمونه اعمال شد و سپس جفت کلینکر-بستر با سرعت اعمال شد. از ۵ درجه سانتی‌گراد / دقیقه تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد تیمار شده و به مدت ۳ ساعت نگهداری گردید. درجه نفوذ و فرسایش برای ارزیابی مقاومت به خوردگی سرباره استفاده شد.

مواد اولیه شامل کلرید منیزیم (MgCl_۲)، کلرید ایتریا (YCl_۳) و اکسی کلرید زیرکونیوم (ZrOCl_۲) بود که به ترتیب با انحلال هیدروکسید منیزیم، اکسید ایتریا و هیدروکسید زیرکونیوم در اسید هیدروکلریک به دست آمدند. هیدروکسیدهای منیزیم، زیرکونیوم و ایتریا تحت شرایط بهینه برای به دست آوردن پودرهای پیش‌ساز MgO-ZrO_۲ و Y_۲O_۳-MgO-ZrO_۲ به طور مشترک رسوب داده شدند. محلول پیش‌ساز با مخلوط کردن مواد اولیه به نسبت Y_۲O_۳:ZrO:MgO_۲، که قبلاً تعریف شده بود، تهیه شد.

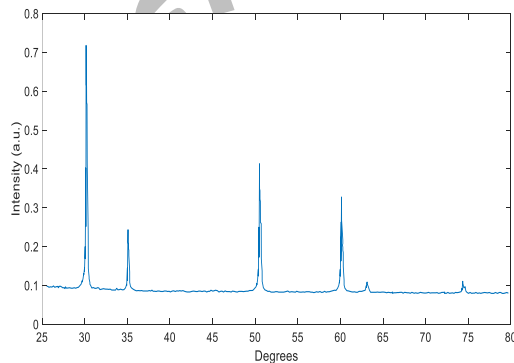
دماهای بین ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بسیار مهم است زیرا خواص مکانیکی و الکتریکی سرامیک‌های پایه زیرکونیای تثبیت شده با منیزیم، Mg-PSZ، برای این عملیات بهینه شده است [۱۸]. در مطالعه حاضر عملیات حرارتی تف جوشی بعدی انجام‌نشده، بنابراین نتایج خواص مکانیکی سختی ویکرز و چقرمگی شکست KIC هنوز با این فرایند قابل افزایش است. الگوهای XRD نمونه‌های تفجوشی شده در شکل (۳) و شکل (۴) ارائه شده‌است. در نمونه MZ شکل (۳) اکثر $c\text{-ZrO}_2$ (فاز مکعب زیرکونیا) و مینور $m\text{-ZrO}_2$ (فاز مونوکلینیک) مشاهده می‌شود. زیرکونیا، توسط بازتاب طرح های (m-111) و (m 111) تأیید شده است. در نمونه YMZ، پیک‌های $m\text{-ZrO}_2$ با XRD مشاهده می‌شود. نتایج فوق با انتظارات مطابقت دارد زیرا وجود ایتریا در سیستم MgO-ZrO_2 از تشکیل فاز $m\text{-ZrO}_2$ با تثبیت فاز مکعبی جلوگیری می‌کند.

جدول ۵- مقادیر سختی و چقرمگی نمونه‌های سرامیکی و MZ و YMZ زینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت.

Hv hardness (GPa)	Fracture toughness KIC ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)	Sample
10.90 ± 0.32	6.63 ± 0.51	MZ
12.04 ± 1.45	3.01 ± 0.31	YMZ



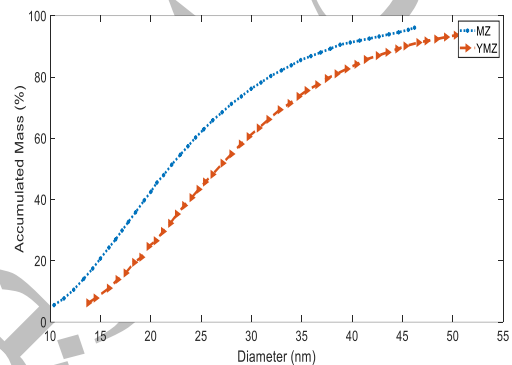
شکل ۳- الگوهای XRD نمونه MZ در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت زینتر شدند



شکل ۴- الگوهای XRD نمونه YMZ در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت زینتر شدند

۳- نتایج و بحث

در شکل (۲) نتایج تجزیه و تحلیل توزیع اندازه ذرات نمونه‌های MZ و YMZ پس از کلسینه کردن پودرها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت و آسیاب کردن در آسیاب گلوله‌ای با انرژی بالا، به مدت ۴ ساعت آمده است. از منحنی‌های توزیع اندازه ذرات در شکل (۲) مشخص است که نمونه‌ها از خوشه‌های بسیار ظریف با اندازه متوسط در محدوده ۲۰ تا ۳۰ نانومتر تشکیل شده‌اند. مطابق داده‌های جدول (۴)، مشاهده می‌شود که سطح ویژه به دست آمده با روش BET بالا است و نشان می‌دهد که پودرهای آماده شده واکنش پذیری خوبی دارند و به سمت سازگاری با ذرات ریز اشاره دارند.



شکل ۲- توزیع اندازه ذرات نمونه‌های MZ و YMZ، پس از کلسینه کردن پودرها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت و آسیاب کردن در آسیاب گلوله‌ای با انرژی بالا، به مدت ۴ ساعت.

جدول ۴- سطح ویژه حاصل از روش BET نمونه‌های کلسینه شده در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد.

Specific surface area ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)	Sample
۶۴/۸	MZ
۷۰/۱	YMZ

مقادیر سختی ویکرز (Hv) و چقرمگی شکست (KIC) در جدول (۵) نشان داده شده‌است. مشاهده می‌شود که سختی افزایش یافته و چقرمگی شکست ماده با افزودن ایتریا کاهش یافته‌است. با مقایسه نتایج ارائه شده در جدول (۵)، مشخص می‌شود که مقادیر سختی به دست آمده در این مطالعه با نتایج ارائه شده در مقالات مطابقت دارد [۱۲-۱۷].

همانطور که قبلاً ذکر شد، استحکام سرامیک‌های سیستم MgO-ZrO_2 عمدتاً به مکانیسم تبدیل القایی رسوبات چهارضلعی ($t\text{-ZrO}_2$) محدود شده در آرایش مکعبی ناپایدار بستگی دارد. برای ایجاد این رسوبات $t\text{-ZrO}_2$ ، لازم است که تیمار پیری پس از پخت حرارت داده شود. عملیات حرارتی پس از تف جوشی در

نتیجه گیری

- ۱- به روش رسوبدهی پودرهای پیش‌ساز متشکل از $Y_2O_3-MgO-ZrO_2$ تولید شد که پس از کلسینه کردن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و آسیاب کردن، پودرها دارای اندازه متوسط خوشه‌ای بین ۲۰ تا ۳۰ نانومتر و سطح ویژه آنها بین ۶۰ تا ۷۰ مترمربع بر گرم شد.
- ۲- با پخت پودرها $Y_2O_3-MgO-ZrO_2$ در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت، سرامیکی با سختی ویکرز (Hv) بالاتر از ۱۰ گیگاپاسکال و چقرمگی شکست (KIC) ۶/۶۳ برای Mg-PSZ و ۳/۰۱ برای (Y) تولید کردند.
- ۳- نتایج آزمایش XRD نشان داد که فاز کریستالی غالب در هر دو نوع سرامیک $c-ZrO_2$ است.
- ۴- در نمونه‌ای که Y_2O_3 به آن اضافه شد، فاز مونوکلینیک که با نماد $m-ZrO_2$ نشان داده شده است، عملاً قابل مشاهده نبود.

منابع

- [1] Lee W. E. and Moore R.E., Evolution of in-situ refractories in the 20th century. J. Am. Ceram. Soc., 1998, 81, 1385-1410.
- [2] Guo Z. Paleo Q., Rigaud S. and M., Bonding of cement clinker onto doloma-based refractories, J. Am. Ceram. Soc., 2005, 88, 1481-1487.
- [3] Bray D.J., Toxicity of chromium compounds formed in refractories, Ceram. Bull., 1985, 64, 1012-1016.
- [4] Driscoll M.O., Price temper steel market promise, Ind. Miner., 1994, 324, 35-49.
- [5] Kingery W.D., Bowen H.K. and Uhlmann D.R., Introduction to ceramics. Wiley-Interscience, New York, 1975, 547.
- [6] Zhu X., Sun Q. and Liao C., Effects of zircon on the structure and properties of MgO-CaO system material (in Chin.). Refractories/Naihuo Cailiao (Eng. Transl.), 1995, 29(6), 320-323.
- [7] Feng W. X., Niu J.G., He, H.M., Su S.H., Liu Y., Chen L.Y. and Liu H.K., Influence of MgO-CaO based spraying material and CaO based cover flux for tundish on steel cleanness. Kang T'ieh/Iron and Steel (China), 2002, 37, 25-27.
- [8] Wei Y.W. and Li N., Refractories for clean steel making, Am. Ceram. Soc. Bull., 2002, 81, 32-35.
- [9] Zhong X.C., Looking ahead-a new generation of high-performance refractory ceramics, Refractories/Naihuo Cailiao (China), 2003, 37, 1-10.
- [10] Preface for JAIST International Symposium on Nano Technology 2005, Sci. Technol. Adv. Mater., 2006, 7229-7230.
- [11] Garvie R.C., Goss M.F., Intrinsic size dependence of phase transformation temperature in Crystal arthropathies zirconia, J. Mat. Sci., 1986, 21, 1253-1257.
- [12] Fue J.F., Virkar A.V., Fabrication, characterization, microstructural and mechanical properties of polycrystalline t-zirconia, J. Am. Ceram. Soc., 1990, 73, 3650-3657.
- [13] Zhang Q., Wu H.Z., Chen Y.R., Liu W.X., Yuan Q.M., Thermal stability and microstructural development of fine grained (Y-Mg)-PSZ ceramics, J. Eur. Ceram. Soc., 1998, 18, 647-651.
- [14] Abrahan I., Gritzner G., Mechanical properties of doped cubic zirconia ceramics, J. Mat. Sci. Lett., 1993, 12, 995-997.
- [15] Sato T., Endo T., Shimada M., Hydrothermal corrosion magnesia partially-stabilized zirconia, J. Mat. Sci., 1991, 26, 1345-1350.
- [16] Duh J., Henc H.T., Sintering, microstructure, hardness, fracture toughness and behavior of $Y_2O_3-ZrO_2-CeO$, J. am. Ceam. Soc., 71, 1998, 10, 813-819.
- [17] C. S. Montross, Precipitation and bulk property behavior in into-magnesia-zirconia ternary system, Br. Ceram. Trans.J., 1991, 90, 175-178.
- [18] Hannink R.H., Microstructural development of sub eutectoid aged MgO- ZrO_2 alloys, J. Mat. Sci., 1983, 18, 457-470.



IRANIAN FOUNDRYMEN'S
SOCIETY

Founding Research Journal

Research Paper:

Effect of Stabilized Zirconia Oxide by Y_2O_3 and Silicon Carbide on Physical Stability of Magnesite Based Refractories

Mohsen Zandi¹, Sahebali Manafi^{2*}, Mohammad Bagher Limooei³

1. PhD Student, Department of Materials Engineering Shahrood Branch, Islamic Azad University Shahrood Iran.

2. Professor, Department of Materials Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran

3 Assistant Professor, Department of Materials Engineering, Amol Branch, Islamic Azad University Ayatollah Amoli, Amol, Iran

* Corresponding author: ali_manafi2005@yahoo.com

Paper history:

Received: 28 July 2022
Accepted: 22 January 2023

Keywords:

Zirconia Oxide,
Yttria,
Silicon Carbide,
MgO refractories,
Physical Stability.

Abstract:

In this article, the effects of stabilized zirconia oxide by Y_2O_3 and silicon carbide on physical stability of magnesite based refractories was evaluated. For this purpose, the simultaneous deposition was used to produce MgO-ZrO₂ and Y_2O_3 -MgO-ZrO₂ precursor ceramic powders, and then these compounds were analyzed using various analytical methods, including QELS laser diffraction (quasi-elastic light scattering), XRD, BET and SEM. Evaluate. Nanoscale powders with a specific surface area greater than 60 m²/g were created. Using the Vickers indentation method, which was done to determine the hardness of the porous ceramic that was composed of synthetic powders, the hardness of the ceramics is increased by the incorporation of Y_2O_3 , and this process also helps to stabilize the entire cubic crystal phase.

Please cite this article using:

Mohsen Zandi, Sahebali Manafi, Mohammad Bagher Limooei, Effect of Stabilized Zirconium Oxide by Y_2O_3 and Silicon Carbide on Physical Stability of Magnesite Based Refractories, in Persian, Founding Research Journal, 2022, 6(1) 45-51.

DOI: 10.22034/FRJ.2023.353490.1162

Journal homepage: www.foundingjournal.ir