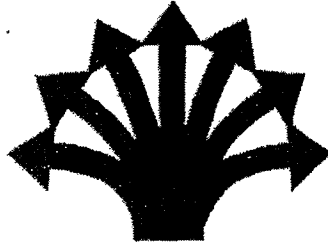


اللَّهُ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ

١٣٨٧ / ٣ / ٧

qca.c



پژوهشگاه مواد و انرژی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد
(سرامیک)

بررسی عوامل موثر بر ساخت و خواص
جرم ریختنی اصلاح شده با نانو ذرات سیلیس
در سیستم آلومینا-کاربید سیلیسیم-کربن

احمد رضا عباسیان

استادان راهنما:

دکتر محمدرضا رحیمی پور

دکتر محمد حسن امین

استاد مشاور:

دکتر حسین نورانیان

۱۳۸۶

۹۳۹۰۳

کتابخانه تخصصی مهندسی مواد
پژوهشگاه مواد و انرژی

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۷

به نام آنکه هر چه هست از اوست

سپاسنامه

حمد و سپاس خداوند را، آفریدگار دانش که علم را به انسان آموخت و شوق فراگیری دانش را در ضمیرش همچو شمعی فروزان بر افروخت. درود و سلام بر آن رسول نازنین که سفارش کرد دانش اندوزی را ز گهواره تا گور.

اکنون که پروژه حاضر به اتمام رسیده است، شایسته است که مراتب سپاس قلبی و قدردانی خویش را از فرهیختگان و بزرگوارانی که مرا در انجام این پروژه مساعدت نمودند، ابراز نمایم.

۱- استادان گرامیم آقایان دکتر محمد حسن امین و دکتر محمدرضا رحیمی پور و همچنین استاد مشاور

آقای دکتر نورانیان که بدون حضور ایشان این پروژه به پایان نمی‌رسید.

۲- جناب آقای مهندس تدین اسلامی و و جناب آقای مهندس موحدی از شرکت ذوب آهن اصفهان

به دلیل حسن توجه و راهنمایی‌های ارزنده ایشان.

۳- کلیه دوستان، همکاران و پرسنل در پژوهشکده سرامیک پژوهشگاه مواد و انرژی بویژه آقایان

مهندس نقوی دشت بیاض، مهندس میروکیلی، مهندس کدخدایی، مهندس هاشمی و آقای جباری

که با همکاری خویش، انجام این پروژه را بر من تسهیل نمودند. و همچنین استاد گرامی جناب

آقای دکتر تورج عبادزاده که با راهنمایی‌های ارزنده خود من را یاریگر بودند.

۴- تشکر و قدرانی ویژه خود را از مدیریت محترم شرکت فراورده‌های نسوز قدر که امکانات لازم

جهت انجام بخشی از این پروژه با مساعدت ایشان مهیا گشت، ابراز می‌دارم. همچنین از همکاری

و زحمات آقایان مهندس مرزبان، مهندس محمدزاده، مهندس ادیبی و مهندس علیپور از شرکت

فراورده‌های نسوز قدر و پرسنل تحقیقات و کنترل کیفی این شرکت نهایت امتنان را دارم.

در پایان وظیفه خود می‌دانم از پدر و مادر بزرگوارم اولین آموزگارانم و نیز دیگر آموزگارانم از کودکی

تا کنون که با عشق، ایثار و فداکاری مرا بدین پایه رساندند و نیز همسرم که با صبر و شکیبایی خود

یاریگرم است، تشکر و سپاسگزاری نمایم. همچنین از دیگر عزیزانی که نامشان به علت تعدد اسامی در این

مقال گنجانده نشده است، تشکر و قدردانی می‌نمایم. در پایان نیز از حضرت حق مددی خواهم و توفیقی

در راستای پیشرفت و اعتلای میهن عزیزمان ((ایران)).

احمدرضا عباسیان

شهریور ۱۳۸۶

تقدیم به

پدر

مادر

و

همسر عزیزم

که وجودشان مظهر عشق و پاکی و بخشندگی است و بهترین
مشوق و یاریگرم در زندگی هستند.

فهرست مطالب

شماره	صفحه
	فصل اول: مروری بر منابع مطالعاتی.....
۱	.....:۱ مقدمه
۲	.....:۲-۱ دیرگدازهای بی شکل
۳	.....:۳-۱ جرم‌های دیرگداز ریختنی
۵	.....:۱-۳-۱ طبقه‌بندی بر اساس میزان سیمان
۵	.....:۱-۳-۱-الف: دیرگدازهای ریختنی معمولی (RCC)
۶	.....:۱-۳-۱-ب: دیرگدازهای ریختنی کم سیمان (LCC)
۸	.....:۱-۳-۱-پ: دیرگدازهای ریختنی خیلی کم سیمان (ULCC)
۱۰	.....:۲-۳-۱ طبقه‌بندی بر اساس روش نصب
۱۰	.....:۲-۳-۱-الف: جرم‌های ریختنی لرزه‌روان
۱۲	.....:۲-۳-۱-ب: جرم‌های ریختنی خودروان
۱۴	.....:۴-۱ جرم‌های ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$
۱۶	.....:۵-۱ مواد اولیه مورد استفاده در ساخت جرم‌های $Al_2O_3-SiC-C$
۱۶	.....:۱-۵-۱ آلومینا
۱۹	.....:۱-۵-۱-الف: آلومینای کلسینه شده
۲۱	.....:۱-۵-۱-ب: آلومینای ورقه‌ای یا تبلور
۲۱	.....:۱-۵-۱-پ: آلومینای ذوبی
۲۲	.....:۲-۵-۱ کاربرد سیلیسیم
۲۵	.....:۳-۵-۱ کربن
۲۷	.....:۳-۵-۱-الف: گرافیت
۲۷	.....:۳-۵-۱-ب: انواع دیگر کربن مورد استفاده در دیرگدازها
۲۹	.....:۴-۵-۱ سیمان آلومینا بالا
۳۰	.....:۱-۴-۵-۱ فرآیند هیدراسیون سیمان آلومینایی

فهرست مطالب

شماره	صفحه
۱-۵-۵: مواد پرکننده.....	۳۱
۱-۵-۵-الف: آلومینای فعال شده.....	۳۲
۱-۵-۵-ب: میکروسیلیس.....	۳۳
۱-۵-۶: مواد مورد استفاده جهت آب زدایی از جرم‌های ریختنی.....	۳۴
۱-۵-۶-الف: پودر آلومینیوم.....	۳۶
۱-۵-۶-ب: الیاف سوختنی.....	۳۶
۱-۵-۷: مواد افزودنی.....	۴۱
۱-۶: علل فرسایش دیرگدازهای $Al_2O_3-SiC-C$	۴۴
۱-۷: تحقیقات انجام گرفته بر روی جرم‌های $Al_2O_3-SiC-C$	۴۸
۱-۷-۱: بهبود ترشوندگی و مقاومت به اکسیداسیون گرافیت.....	۴۹
۱-۷-۱-الف: استفاده از عوامل ترکنده سطحی.....	۴۹
۱-۷-۱-ب: تکنیک میکروقرص و بریکت.....	۴۹
۱-۷-۱-پ: تکنیک پوشش دهی سطح گرافیت.....	۵۰
۱-۸: تاثیر افزودنی نانو ذرات بر خواص جرم‌های ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$	۵۸
۱-۹: دلایل تحقیق حاضر.....	۵۸
فصل دوم: روش تحقیق.....	۶۰
۲: روش تحقیق.....	۶۰
۲-۱: تعیین مشخصات مواد اولیه.....	۶۳
۲-۱-۱: تعیین توزیع اندازه ذرات.....	۶۴
۲-۱-۲: تعیین ترکیب شیمیایی.....	۶۵
۲-۱-۳: تعیین چگالی.....	۶۵
۲-۱-۴: تعیین نوع فازهای موجود.....	۶۵
۲-۲: انتخاب ترکیب دیرگداز ریختنی.....	۶۶
۲-۲-۱: انتخاب ترکیب دیرگداز.....	۶۶

فهرست مطالب

شماره	صفحه
۲-۲-۲: انتخاب دانه بندی.....	۶۷
۳-۲: پوشش دهی گرافیت با استفاده از نانو ذرات سیلیس.....	۶۹
۱-۳-۲: ارزیابی پایداری سوسپانسیون.....	۷۱
۲-۳-۲: بررسی مقاومت به اکسیداسیون گرافیت پوشش داده شده.....	۷۲
۴-۲: انتخاب روان ساز مناسب و مقدار بهینه آن.....	۷۲
۱-۴-۲: تعیین جریان یابی.....	۷۳
۲-۴-۲: تعیین کارپذیری.....	۷۴
۵-۲: بررسی اثر نانو ذرات سیلیس در خواص جرم ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$	۷۴
۱-۵-۲: فرمولاسیون نمونه جرم های مورد ارزیابی و کد گذاری آنها.....	۷۶
۲-۵-۲: تعیین استحکام فشاری و اندازه گیری چگالی بالک.....	۷۷
۳-۵-۲: تعیین استحکام فشاری سرد.....	۷۷
۴-۵-۲: ارزیابی مقاومت به اکسیداسیون.....	۷۸
فصل سوم: نتایج و بحث.....	۷۹
۱-۳: مشخصات مواد اولیه مصرفی.....	۷۹
۲-۳: انتخاب فرمولاسیون دیرگداز.....	۸۷
۳-۳: تاثیر پوشش دهی گرافیت بر ترشوندگی آن.....	۹۴
۴-۳: تاثیر پوشش دهی گرافیت بر مقاومت به اکسیداسیون آن.....	۱۰۲
۵-۳: تعیین افزودنی مناسب و درصد بهینه آن.....	۱۰۵
۶-۳: بررسی اثر استفاده از نانو ذرات سیلیس بر جرم ریختنی.....	۱۱۳
نتیجه گیری.....	۱۱۹
پیشنهادات.....	۱۲۰
منابع و مراجع.....	۱۲۱

فهرست شکل‌ها

شماره	صفحه
۱-۱: مقادیر تولید آهن خام، نسوزهای بی‌شکل و کل تولید نسوز در ژاپن.....	۲
۲-۱: روند تولید انواع فرآورده‌های بی‌شکل در ژاپن.....	۳
۳-۱: مقایسه تراکم و اثر اجزای ریزدانه در جرم‌های ریختنی سنتی و کم‌سیمان.....	۸
۴-۱: مقایسه استحکام خمشی گرم دیرگدازهای ریختنی معمولی (RCC)، کم‌سیمان (LCC) و خیلی کم‌سیمان (ULCC) در دماهای مختلف.....	۹
۵-۱: فرآیند نصب جرم ریختنی به صورت تر.....	۱۰
۶-۱: فرآیند نصب جرم ریختنی به صورت خشک.....	۱۱
۷-۱: مراحل نصب جرم نسوز ریختنی به صورت خودروان.....	۱۴
۸-۱: مواد اولیه و نقش آنها در جرم‌های ریختنی سیستم $Al_2O_3-SiC-C$	۱۶
۹-۱: مقایسه پتانسیل زتای گرافیت پولکی (بلوری) و گرافیت کروی (آمورف) در pHهای مختلف..	۲۶
۱۰-۱: مقایسه آب مصرفی جرم ریختنی $MgO-C$ در حضور انواع گرافیت.....	۲۶
۱۱-۱: نقش حضور الیاف سوختنی در جلوگیری از سرشکن شدن انفجاری.....	۳۷
۱۲-۱: مکانیزم عملکرد الیاف سوختنی، الیاف با طول بهینه در اثر ایجاد مسیرهای جدید افزایش نفوذ پذیری را سبب شده‌اند.....	۴۰
۱۳-۱: برهمکنش میان اجزای تشکل‌دهنده جرم‌های ریختنی.....	۴۳
۱۴-۱: بریکت گرافیت در بزرگنمایی‌های مختلف.....	۵۰
۱۵-۱: مقایسه پتانسیل زتای گرافیت بدون پوشش با گرافیت پوشش داده شده در pHهای مختلف.....	۵۲
۱۶-۱: حجم گرافیت رسوبی در آب در زمان‌های مختلف بر حسب درصد‌های مختلف Al_2O_3	۵۳
۱۷-۱: مقایسه شاخص مقاومت به اکسیداسیون گرافیت با مقادیر مختلف پوشش Al_2O_3 در دماهای مختلف.....	۵۳
۱۸-۱: تاثیر پوشش اکسید تیتانیم بر قابلیت ترشوندگی گرافیت.....	۵۴
۱۹-۱: مقایسه شاخص مقاومت به اکسیداسیون گرافیت با مقادیر مختلف پوشش TiO_2 در دماهای مختلف.....	۵۴

فهرست شکل‌ها

شماره	صفحه
۲-۱: مقایسه شاخص مقاومت به اکسیداسیون گرافیت با پوشش ZrO_2 در زمان‌های ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت با گرافیت بدون پوشش (Raw).....	۵۵
۲۱-۱: مقایسه زتا پتانسیل گرافیت با پوشش ZrO_2 و گرافیت بدون پوشش.....	۵۵
۲۲-۱: شاخص مقاومت به اکسیداسیون انواع مختلف گرافیت (G: گرافیت بدون پوشش، AG: گرافیت با پوشش آلومینا، ASG: گرافیت با پوشش آلومینا سیلیکات، SG: گرافیت با پوشش سیلیس).....	۵۷
۱-۲: طرح شماتیک از تهیه جرم ریختنی در تحقیق حاضر.....	۶۱
۲-۲: طرح شماتیک از مراحل تعیین غلظت سل نانو ذرات و زمان بهینه پوشش دهی گرافیت.....	۶۱
۳-۲: مراحل انتخاب روان‌ساز مناسب و درصد بهینه آن برای جرم ریختنی مورد تحقیق.....	۶۲
۴-۲: طرح شماتیک از بررسی اثر نانو ذرات در جرم‌های ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$	۶۲
۵-۲: منحنی توزیع اندازه ذرات مطابق با مدل آندریازن اصلاح شده با $q=0/28$	۶۹
۶-۲: توزیع اندازه ذرات گرافیت درشت (LG).....	۷۰
۷-۲: توزیع اندازه ذرات گرافیت ریز (SG).....	۷۱
۸-۲: برنامه پخت نمونه‌ها در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد.....	۷۵
۹-۲: برنامه پخت نمونه‌ها در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد.....	۷۶
۱-۳: الگوی پراش اشعه ایکس آلومینای تبولار.....	۸۰
۲-۳: نمودار آنالیز حرارتی همزمان گرافیت پولکی با کد LG.....	۸۲
۳-۳: الگوی پراش اشعه ایکس گرافیت با کد LG.....	۸۲
۴-۳: الگوی پراش اشعه ایکس گرافیت با کد SG.....	۸۲
۵-۳: نمودار آنالیز حرارتی همزمان گرافیت پولکی با کد SG.....	۸۳
۶-۳: الگوی پراش اشعه ایکس کاربرد سیلیسیم.....	۸۴
۷-۳: الگوی پراش اشعه ایکس آلومینای فعال شده.....	۸۵
۸-۳: الگوی پراش اشعه ایکس سیمان آلومینا بالا.....	۸۷
۹-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات آلومینای تبولار با دانه‌بندی ۲ تا ۶ میلی‌متر.....	۸۷

فهرست شکل‌ها

شماره	صفحه
۱۰-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات آلومینای تبولار با دانه‌بندی یک تا ۲ میلی‌متر.....	۸۸
۱۱-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات آلومینای تبولار با دانه‌بندی ۰/۶ تا یک میلی‌متر.....	۸۸
۱۲-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات آلومینای تبولار با دانه‌بندی صفر تا ۰/۶ میلی‌متر.....	۸۸
۱۳-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات آلومینای تبولار با دانه‌بندی صفر تا ۰/۲ میلی‌متر.....	۸۹
۱۴-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات آلومینای تبولار با دانه‌بندی صفر تا ۰/۰۴۵ میلی‌متر.....	۸۹
۱۵-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات کاربید سیلیسیم.....	۹۰
۱۶-۳: توزیع اندازه ذرات آلومینای فعال شده.....	۹۱
۱۷-۳: توزیع اندازه ذرات میکروسیلیس.....	۹۱
۱۸-۳: توزیع اندازه ذرات سیمان آلومینا بالا.....	۹۲
۱۹-۳: منحنی توزیع اندازه ذرات جرم ریختنی مورد آزمایش.....	۹۴
۲۰-۳: تاثیر درصد پوشش دهی گرافیت با درصد‌های مختلف نانو ذرات سیلیس بر نسبت شناوری	
گرافیت در زمان ثابت ۱ ساعت.....	۹۵
۲۱-۳: تاثیر درصد پوشش دهی گرافیت با درصد‌های مختلف نانو ذرات سیلیس بر حجم معادل لایه	
رسوبی در زمان ثابت ۱ ساعت.....	۹۵
۲۲-۳: رفتار گرافیت‌های بدون پوشش در لحظه اضافه کردن به آب (سمت راست: گرافیت با کد	
LGC و در سمت چپ گرافیت با کد SGC).....	۹۶
۲۳-۳: رفتار گرافیت‌های بدون پوشش بعد از مخلوط کردن با آب و تکان دادن ظرف آنها (سمت	
راست: گرافیت با کد LGC و در سمت چپ گرافیت با کد SGC).....	۹۶
۲۴-۳: توزیع اندازه نانو ذرات سیلیس در سل آن با غلظت معادل ۲/۵ درصد پوشش.....	۹۸
۲۵-۳: توزیع اندازه نانو ذرات سیلیس در سل آن با غلظت معادل ۵ درصد پوشش.....	۹۸
۲۶-۳: تاثیر زمان همزدن بر نسبت شناوری گرافیت با درصد ثابت ۲/۵ درصد پوشش.....	۹۹
۲۷-۳: تاثیر زمان همزدن بر حجم معادل لایه رسوبی با درصد ثابت ۲/۵ درصد پوشش.....	۹۹

فهرست شکل‌ها

شماره	صفحه
۲۸-۳	وضعیت ترشوندگی در لحظه مخلوط شدن دو نوع گرافیت با آب (الف): گرافیت ریز بدون پوشش، ب: گرافیت درشت بدون پوشش، پ: گرافیت ریز پوشش دار و ت: گرافیت درشت پوشش دار).....
۱۰۱	.....
۲۹-۳	وضعیت ترشوندگی دو نوع گرافیت با آب پس از گذشت ۳۰ دقیقه (الف): گرافیت ریز بدون پوشش، ب: گرافیت درشت بدون پوشش، پ: گرافیت ریز پوشش دار و ت: گرافیت درشت پوشش دار).....
۱۰۱	.....
۳۰-۳	وضعیت غوطه‌وری گرافیت پس از گذشت ۳۰ دقیقه (۱): گرافیت درشت بدون پوشش، ۲: گرافیت ریز بدون پوشش، ۳: گرافیت ریز پوشش دار و ۴: گرافیت درشت پوشش دار).....
۱۰۲	.....
۳۱-۳	نمودار آنالیز حرارتی همزمان گرافیت پولکی با کد SGC.....
۱۰۲	.....
۳۲-۳	نمودار آنالیز حرارتی همزمان گرافیت پولکی با کد LGC.....
۱۰۳	.....
۳۳-۳	نمودار آنالیز حرارتی همزمان گرافیت پولکی با کد SGSi.....
۱۰۳	.....
۳۴-۳	نمودار آنالیز حرارتی همزمان گرافیت پولکی با کد LGSi.....
۱۰۳	.....
۳۵-۳	نمودار کاهش وزن در اثر حرارت دهی گرافیت درشت در وضعیت‌های مختلف.....
۱۰۴	.....
۳۶-۳	نمودار کاهش وزن در اثر حرارت دهی گرافیت ریز در وضعیت‌های مختلف.....
۱۰۴	.....
۳۷-۳	اثر درصد روان‌سازهای مختلف بر جریان‌یابی دیرگداز ریختنی لزره‌روان Al_2O_3-SiC
۱۰۵	.....
۳۸-۳	اثر روان‌ساز بر آزاد شدن آب ذرات سیمان آگلومره و بهبود روانی فازهای کلینکر هیدراته.....
۱۰۷	.....
۳۹-۳	سازوکار پراکندگی ذرات توسط پلی‌اکریلات سدیم و ترکیب شیمیایی آن.....
۱۰۷	.....
۴۰-۳	مدل لایه مضاعف الکتریکی جهت ایجاد بار الکتریکی روی سطح ذره در مایع قطبی (بالای تصویر) و منحنی تغییر پتانسیل الکتریکی سطح نسبت به فاصله (پایین تصویر).....
۱۰۸	.....
۴۱-۳	ترکیب شیمیایی کلی پلی‌کربوکسیلات اتر (سمت چپ) و شکل ابعادی آن (سمت راست).....
۱۰۸	.....
۴۲-۳	ساختار پلی‌کربوکسیلات اتر.....
۱۰۹	.....
۴۳-۳	سازوکار پایداری الکترواستریک.....
۱۱۰	.....
۴۴-۳	اثر روان‌سازهای مختلف با غلظت برابر بر زمان کارپذیری دیرگداز ریختنی لزره‌روان Al_2O_3-SiC روان شده با ۵/۵ درصد آب.....
۱۱۰	.....

فهرست شکل‌ها

شماره	صفحه
۴۵-۳	جریان یابی و زمان کارپذیری دیرگداز ریختنی لوزه‌روان Al_2O_3-SiC روان شده با ۴/۷
۱۱۱	درصد آب در حضور مقدار بهینه از افزودنی‌های CASTAMENT FS20 و GLENIUM ۴۶-۳
۱۱۳	نتایج اندازه‌گیری درصد جریان یابی نمونه‌ها..... ۴۶-۳
۱۱۴	نتایج اندازه‌گیری زمان کارپذیری نمونه‌ها..... ۴۷-۳
۱۱۴	نتایج بررسی استحکام فشاری سرد نمونه‌ها..... ۴۸-۳
۱۱۴	نتایج بررسی چگالی سرد نمونه‌ها..... ۴۹-۳
۱۱۶	الگوی XRD مربوط به نمونه R که در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در اتمسفر احیایی پخت گردیده است..... ۵۰-۳
۱۱۷	الگوی XRD مربوط به نمونه F که در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در اتمسفر احیایی پخت گردیده است..... ۵۱-۳
۱۱۷	شکل ۳-۵۲: درصد کاهش وزن در اثر اکسیداسیون نمونه‌های مختلف جرم ریختنی..... ۵۲-۳
۱۱۸	شکل ۳-۵۳: الگوی XRD مربوط به قسمت اکسیده شده نمونه C که در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در اتمسفر اکسیدی پخت گردیده است..... ۵۳-۳

فهرست جدول‌ها

شماره	صفحه
۱-۱	طبقه‌بندی دیرگدازهای ریختنی بر اساس میزان سیمان ۵
۲-۱	مشخصات برخی از انواع هیدرات‌های آلومینیوم ۱۷
۳-۱	ترکیب شیمیایی کانی‌های بوکسیت ۱۸
۴-۱	نمونه‌هایی از انواع بوکسیت کلسینه شده در جهان ۱۹
۵-۱	ترکیب شیمیایی انواع آلومینای کلسینه شده بر حسب درصد وزنی ۲۰
۶-۱	مقایسه ترکیب شیمیایی نمونه‌هایی از آلومینای ذوبی بر حسب درصد وزنی ۲۲
۷-۱	ترکیب شیمیایی نمونه‌هایی از انواع کاربید سیلیسیم بر حسب درصد وزنی ۲۳
۸-۱	ترکیب شیمیایی سیمان‌های آلومینایی ساخت شرکت لافارژ بر حسب درصد وزنی ۳۰
۹-۱	نوع فازهای موجود و مقدار نسبی آنها در سیمان‌های آلومینایی شرکت لافارژ ۳۰
۱۰-۱	مراحل واکنش فازهای مختلف در سیمان نسوز ۳۱
۱۱-۱	ویژگی آلومینای فعال شده و تأثیر آن بر خواص دیرگداز ریختنی ۳۲
۱۲-۱	ویژگی میکروسیلیس و تأثیر آن بر خواص دیرگداز ریختنی ۳۳
۱۳-۱	مواد افزودنی پراکنده‌ساز متداول ۴۲
۱-۲	مشخصات مواد اولیه استفاده شده ۶۳
۲-۲	مشخصات افزودنی‌های مورد استفاده ۶۴
۳-۲	مشخصات سیلیس کلوئیدی مورد استفاده ۶۴
۴-۲	ترکیب شیمیایی متداول مورد استفاده در جرم ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$ ۶۷
۵-۲	درصد حجمی مورد استفاده مطابق با توزیع آندریازن اصلاح شده ($q = 0.28$) در هر محدوده اندازه ذرات ۶۸
۶-۲	کد گرافیت‌های مورد استفاده در پژوهش ۷۲
۱-۳	آنالیز شیمیایی آلومینای تبولار ۷۹
۲-۳	خصوصیات گرافیت پولکی با کد LG ۸۱
۳-۳	آنالیز شیمیایی خاکستر گرافیت پولکی با کد LG ۸۱
۴-۳	آنالیز شیمیایی کاربید سیلیسیم ۸۴

فهرست جدول ها

شماره	صفحه
۳-۵: آنالیز شیمیایی آلومینای فعال شده.....	۸۵
۳-۶: آنالیز شیمیایی میکروسلیس.....	۸۵
۳-۷: آنالیز شیمیایی سیمان آلومینا بالا.....	۸۶
۳-۸: چگالی مواد اولیه استفاده شده.....	۹۲
۳-۹: ترکیب مواد اولیه جرم ریختنی Al_2O_3-SiC استفاده شده در تحقیق.....	۹۳
۳-۱۰: ترکیب مواد اولیه جرم ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$ استفاده شده در تحقیق.....	۹۳

چکیده

جرم‌های ریختنی دیرگداز در سیستم $Al_2O_3-SiC-C$ از کاربردهای بسیار زیادی در صنعت آهن و فولاد به خصوص در محوطه ریخته‌گری کوره بلند برخوردار هستند. در این پژوهش نخست، اثر ۶ افزودنی روان‌ساز به نام‌های تری پلی فسفات سدیم، هگزا متافسفات سدیم، RHEOBUILD، GLENIUM، DARVAN 811D و CASTAMENT FS20 بر خواص جریان‌یابی و کارپذیری جرم‌های مزبور مورد بررسی قرار گرفت. مشخص گردید، افزودنی GLENIUM بهترین روان‌ساز برای جرم ریختنی خیلی کم سیمان در سیستم $Al_2O_3-SiC-C$ می‌باشد، که می‌تواند به تنهایی علاوه بر تامین جریان‌یابی مناسب، زمان کارپذیری مطلوب را فراهم سازد. مقدار بهینه این افزودنی ۰/۱۲ درصد وزنی به دست آمد. در مرحله بعد، گرافیت با استفاده از نانو ذرات سیلیس و به کمک فرآیند Chemical Dispersing پوشش داده شد. آزمایش ارزیابی کیفی ترشوندگی نشان داد که پوشش‌دهی گرافیت می‌تواند ترشوندگی آن را در آب به میزان زیادی بهبود دهد. آنالیز حرارتی این نوع گرافیت نشان داد که پوشش‌دهی گرافیت در مقاومت به اکسیداسیون آن بی‌تاثیر است. استفاده از گرافیت پوشش داده شده در جرم ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$ توانست آب مصرفی را تا یک درصد کاهش دهد ولی سبب کاهش مقاومت به اکسیداسیون جرم ریختنی گردید. در آخرین مرحله، نتایج بررسی استفاده از نانو ذرات سیلیس به صورت افزودنی در جرم ریختنی $Al_2O_3-SiC-C$ نشان داد، هرچند که این مواد می‌توانند موجب افزایش استحکام جرم ریختنی پس از پخت در دمای بالا گردند، ولی استفاده از آنها در درصد‌های بالا به دلیل کاهش میزان جریان‌یابی و زمان کارپذیری جرم ریختنی سبب کاهش استحکام خام آن می‌شود.

فصل اول:
مروری بر منابع
مطالعاتی

فصل اول

مروری بر منابع مطالعاتی

۱: مقدمه

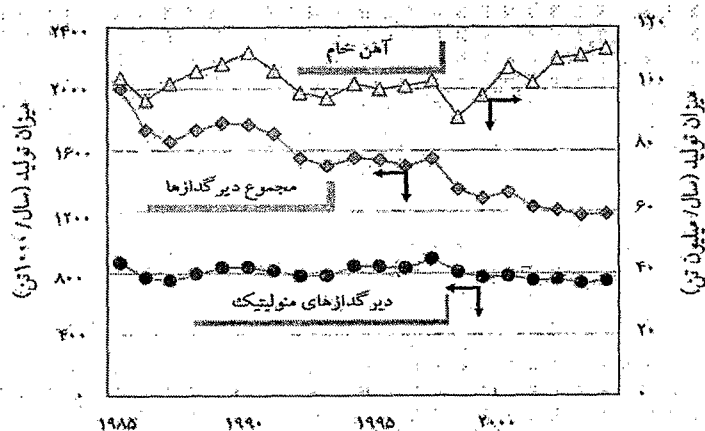
مواد دیرگداز در صنایع مختلف کاربردهای زیادی داشته و به عنوان تکنولوژی پنهان و گلوگاه بسیاری از تولیدات صنعتی مطرح می‌باشد. می‌توان گفت کلیه صنایعی که در مرحله‌ای از فرآیند تولید خود با درجه حرارت بالا سر و کار دارند به این مواد محتاج هستند [۱]. صنعت آهن و فولاد، مهم‌ترین مصرف‌کننده مواد نسوز است به طوری که هفتاد درصد از مصرف نسوز را به خود اختصاص می‌دهد [۲].

تحت تأثیر رقابت‌های منطقه‌ای و جهانی در راستای کاهش هزینه تمام شده تولید فولاد، در سال‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری در ساخت دیرگدازهای مصرفی در صنعت آهن و فولاد به دست آمده، که اثر قابل ملاحظه‌ای در کاهش مصرف ویژه نسوزها داشته است [۳]. در طول دو دهه گذشته، مهم‌ترین تحول در تکنولوژی تولید دیرگداز، افزایش مصرف دیرگدازهای منولیتیک^۱ یا بی‌شکل^۲ می‌باشد. اکنون در بسیاری از کشورها دیرگدازهای بی‌شکل، بیش از ۵۰ درصد از مجموع تولید دیرگداز را به خود اختصاص داده است [۴-۸]. در شکل (۱-۱) برای نمونه میزان تولید نسوزهای

¹ Monolithic Refractory

² Unshaped Refractory

بی‌شکل و کل تولید محصولات دیرگداز در ژاپن مقایسه شده است [۳]. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود، علی‌رغم کاهش شدید مصرف دیرگدازها به دلیل افزایش عمر آنها، مصرف دیرگدازهای منولیتیک تقریباً ثابت مانده است. تولید سریع، نصب آسان و ارزان و نیز حساسیت کمتر به خوردگی در درزها در مقایسه با آجرهای دیرگداز، دلایل رشد سریع تولید نسوزهای بی‌شکل می‌باشد [۹-۱۲].



شکل ۱-۱: مقادیر تولید آهن خام، نسوزهای بی‌شکل و کل تولید نسوز در ژاپن [۳].

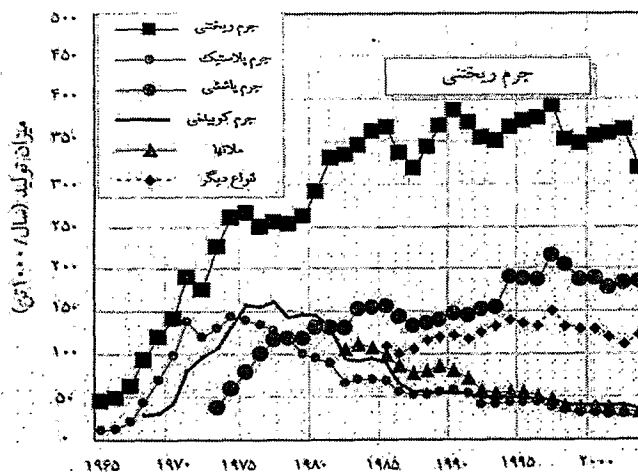
۲-۱: دیرگدازهای بی‌شکل

طبق آنچه که در استاندارد ISO 1927 و EN 1402-1 آمده است، نسوزهای بی‌شکل جرم‌هایی شامل مقداری سنگ‌دانه و یک اتصال دهنده هستند که برای مصرف آماده هستند چه به صورت مستقیم یا با افزودن یک یا چند مایع مناسب در محل مصرف این مواد ممکن است داری الیاف فلزی، آلی یا سرامیکی باشند. این جرم‌ها می‌توانند متراکم یا متخلخل باشند. جرم‌های متخلخل، بیشتر از ۴۵ درصد تخلخل دارند.

تا اوایل قرن بیستم میلادی آجرهای دیرگداز، تنها دیرگدازهای مورد استفاده برای کاربردهای دما بالا بودند [۱۳]. در سال ۱۹۱۴ W. A. L. Shaefer از آمریکا روش جدیدی را مطرح کرد. وی بر این باور بود، که می‌توان با ساخت کوره از مواد نسوز خام (مخلوط ساده‌ای از آجرهای دیرگداز خرد شده

و خاک نسوز) در محل و حرارت‌دهی آن در همان مکان، امکان پخت مواد نسوز را در محل فراهم ساخت. بدین ترتیب او نسوز بی‌شکل را ابداع کرد که می‌توانست در محل قرار گیرد و با کمک چکش، به شکل مورد نظر قالب‌گیری شود. این مورد اولین استفاده از نسوزهای بی‌شکل از نوع جرم دیرگداز پلاستیک بود [۱۳ و ۱۴]. در سال‌های بعد، انواع دیگر دیرگدازهای منولیتیک یکی پس از دیگری به بازار مصرف معرفی شد [۱۳].

توسعه بتن‌های نسوز یا جرم‌های ریختنی بر پایه سیمان آلومینات کلسیم، مهم‌ترین تحول در فناوری دیرگدازهای بی‌شکل بود [۹-۱۲]. در حال حاضر، جرم‌های ریختنی، بالاترین میزان مصرف را در بین انواع دیرگدازهای بی‌شکل به خود اختصاص داده‌اند [۳]. شکل (۱-۲) روند افزایش میزان تولید جرم‌های ریختنی را در ژاپن نشان می‌دهد. این افزایش تولید ناشی از توسعه سریع تکنولوژی جرم‌های ریختنی در دهه ۸۰ میلادی و مزایای این دیرگدازها نسبت به سایر دیرگدازهای منولیتیک می‌باشد.



شکل ۱-۲: روند تولید انواع فرآورده‌های بی‌شکل در ژاپن [۳].

۳-۱: جرم‌های دیرگداز ریختنی

جرم‌های دیرگداز ریختنی، مخلوط خشکی از مواد گرانوله هستند که نیازمند ترکیب شدن با آب یا سایر مایعات خاص به هنگام نصب می‌باشند. این دیرگدازها توسط ریخته‌شدن در محل مورد نظر و

تراز شدن سطحی آن و یا توسط ریختن و سپس اعمال لرزش (ویبره) برای ایجاد جریان یابی و دستیابی به تراز شدن سطحی، نصب می گردند [۱۴].

دیرگدازهای ریختنی دارای آلومینات کلسیم، اولین بار در سال ۱۸۵۶م توسط Sainte-Claire Deville در فرانسه ابداع شدند. وی مخلوطی از آلومینا و آهک را حرارت داده، و با مخلوط کردن محصول واکنش با سنگدانه‌های آلومینا و آب، موفق به ساخت بوته دیرگداز شد [۱۳، ۱۵].

علی‌رغم کار اولیه Deville، خصوصیات دمای بالای سیمان آلومینات کلسیم تا اواسط ۱۹۲۰م ناشناخته بود. پیش از این آلومینات کلسیم تنها به عنوان جایگزین سیمان پرتلند به کار می‌رفت و هیچ توجهی به قابلیت کاربرد آن به عنوان دیرگداز نمی‌شد. در ۱۹۲۴م شرکت فولاد آمریکا شروع به ساخت سیمان آلومینات کلسیم به عنوان بایندر برای جرم‌های دیرگداز نمود [۸]. سرانجام تولید صنعتی جرم‌های دیرگداز با بایندر آلومینات کلسیم، همزمان با تولید صنعتی سیمان آلومینات کلسیم، در سال ۱۹۲۹ در آمریکا و در سال ۱۹۳۹ در ژاپن شروع گردید [۱۳].

در سال‌های ابتدایی تولید بتن‌های نسوز، رس‌های کلسینه شده آجرهای نسوز خرد شده، تنها سنگ‌دانه‌های نسوز در دسترس بودند. اگرچه آلومینای تبلار در ۱۹۴۰م وارد بازار شد، ولی به دلیل قیمت نسبی بالای آن، به‌طور گسترده در نسوزهای منولیتیک به کار گرفته نشد [۶]. جرم‌های ریختنی تولید شده در این زمان ترکیب ساده‌ای از سنگ‌دانه‌های نسوز و سیمان آلومینات کلسیم بودند که برای دستیابی به استحکام کافی در حین نصب باید با میزان قابل توجهی سیمان مخلوط می‌شدند [۱۶]. میزان سیمان در این جرم‌ها که به جرم‌های سنتی^۳ معروف هستند، ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌باشد [۱۶ و ۱۷]. دیرگدازهای ریختنی بر اساس میزان سیمان و روش نصب دسته‌بندی می‌شوند که در ادامه به‌طور اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرند.

³ Conventional Castable