

بررسی اثر افزودن سیمان آلمینا بالا بر خواص آجرهای عایق آلمینایی تهیه شده به روش فومی

نوع مقاله: علمی پژوهشی

زهرا سعادت، رحیم نقی‌زاده^{*}، حمیدرضا رضایی، هاجر قنبری

دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران

^{*} rnaghizadeh@iust.ac.ir

چکیده:

هدف تحقیق حاضر، بررسی اثر سیمان آلمینا بالا و دمای زینتر بر ریزاساختار، خواص فیزیکی و مکانیکی آجرهای عایق آلمینایی تهیه شده به روش فومی باشد. دوغاب‌های حاوی ۷۵٪ وزنی آلمینا، ۲۵٪ وزنی آب دیوینزه، ۳٪، ۵٪، ۷٪ وزنی سیمان آلمینا بالا و ۲٪ وزنی فوم سبک آتشنشانی، تهیه شد. رفتار جریانی دوغاب حاوی آلمینا، ۲٪ وزنی فوم آتشنشانی و ۷٪ وزنی سیمان آلمینا بالا (سکار ۷۶) بررسی شد. سپس دوغاب‌های فومی درون قالب فلزی ریخته شدند که پس از چند ساعت، بدنه گیرش یافته دارای استحکام اولیه حاصل شد. پس از خشک کردن طولانی مدت نمونه‌های ریخته گردی شده، آن‌ها به مدت ۳ ساعت در دماهای مختلف 150°C - 165°C پخت شدند. تسایج نشان داد که دوغاب آلمینایی حاوی افزودنی‌های ۲٪ فوم و ۷٪ سیمان آلمینا بالا در سرعت برشی 15 s ، ویسکوزیته برابر 3 Pa.s دارد که با افزایش سرعت برشی به 100 s ، ویسکوزیته آن به 0.3 Pa.s کاهش یافته، در واقع با افزایش سرعت برشی، تنفس برشی افزایش و ویسکوزیته دوغاب کاهش می‌یابد که این نشان دهنده رفتار شبه پلاستیک دوغاب است. نمونه‌ها چگالی کلی بین 0.98 g/cm^3 - 1.02 g/cm^3 ، درصد تخلخل کلی بین 59% - 75% است. استحکام خمی بین $2/8\text{ MPa}$ - $6/6\text{ MPa}$ و اندازه متوسط تخلخل‌های شبه کروی بین $0.5\text{ }\mu\text{m}$ - $1.1\text{ }\mu\text{m}$ را بسته به میزان سیمان و دمای پخت نشان دادند. می‌توان گفت با افزایش میزان سیمان آلمینا بالا، چگالی کلی و استحکام خمی نمونه‌ها افزایش یافت و میزان تخلخل کاهش پیدا کرد. بررسی‌های فازی نشان می‌دهد که پیک‌های به وجود آمده در دمای 150°C مربوط به فاز اصلی کوراندوم و فاز فرعی کلسیم آلمینات ($\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$) می‌باشد.

اطلاعات مقاله:

دربافت: ۱۴ بهمن ۱۳۹۸

پذیرش: ۱۳ خرداد ۱۳۹۹

کلید واژه:

آلومینا، آجر عایق، ریخته گردی
دوغابی، سیمان آلمینا بالا، فوم.

فشرده و پوکه‌های عایق می‌باشد. که در میان آن‌ها نوع

آلومینایی به دلیل تحمل دمای بالای 1500°C اهمیت

خاصی دارد [۱-۳]. برای تهیه آجرهای عایق آلمینایی

یکی از راه‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی در کوره‌های

صنعتی استفاده از آجرهای عایق، جرم‌های ریختنی، الیاف

۱ - مقدمه



سوسپانسیون حاوی حباب به طور جداگانه و آنگاه مخلوط کردن آنها می‌باشد. در روش دوم ابتدا دوغابی پایدار با چگالی مناسب از عوامل دیرگذار و سوسپانسیونی با چگالی مناسب از عوامل فوم و پایدارساز ساخته می‌شود، سپس دو دوغاب با هم مخلوط می‌شوند. لذا چگالی دوغاب فومی تعیین کننده چگالی آجر خام خواهد بود. سپس دوغاب در درون قالب چوبی، مقواپی و یا فلزی ریخته می‌شود و در نهایت عملیات خشک شدن، پخت و پرداخت انجام می‌شود. حسن روش فومی ایجاد تخلخل‌های ریز و کروی می‌باشد که از نظر عایق بودن و استحکام مکانیکی مطلوب می‌باشند. مشکلات روش فومی زمان خشک کردن طولانی و حساس بودن دانسیته دیرگذار به تغییرات جزئی متغیرها می‌باشد [۸ و ۷].

در پژوهشی [۹] دوغابی حاوی آلومینای کلسینیه، نیترات آمونیوم و آب تهیه شد و سپس به آن سیمان آلومینات کلسیم و عامل فوم ساز تری اتانول آمین سولفات اضافه شد و پس از تکان دادن شدید، به سرعت داخل قالب ریخته شد. پس از پخت در دمای 1700°C ، خواص مکانیکی، حرارتی و فازی آن بررسی شد که فازهای آن شامل $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ CA6 و ضریب هدایت حرارتی آن، $45/40$ بود. بررسی‌های رئولوژیک در دوغاب‌های حاوی فوم و استفاده از فوم سازهای ارزان قیمت نظیر فوم آتش‌نشانی بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به بررسی‌های انجام شده، استفاده از کف آتش‌نشانی به عنوان عامل ایجاد کننده فوم و سیمان آلومینا بالا به عنوان غلظت دهنده دوغاب و عامل تسريع در سفت شدن آن به دلیل واکنش‌های هیدراسیون و همچنین به

روش‌های مختلفی از قبیل استفاده از فوم، ژل و آلومینای حبابدار وجود دارد. راههای مختلفی از زیرمجموعه روشهای تربای ساخت قطعات عایق حرارتی وجود دارد که شامل روش‌های فومی همراه با ریخته‌گری ژلی و همراه با افزودن سیمان آلومینا بالا، ریخته‌گری انجمادی و همچنین روش‌های سل-ژلی می‌شود [۴-۷].

آجرهای دیرگذار سبک محصولات دیرگذاری با تخلخل واقعی بیش از 45% و دمای کارکرد حداقل 800°C می‌باشند که باستی تغییرات طولی پایدار آن‌ها در دمای کار کمتر از 35 درصد باشد. صرفه‌جویی در انرژی به میزان 15 تا 35 درصد در طرح‌های کاربرد مواد عایق و یا سازه‌های کاملاً سبک به هنگام بهره برداری واقعی از کوره‌ها در مقایسه با سازه‌های سنگین کوره‌ها با مواد دیرگذار فشرده به اثبات رسیده است. همچنین به کاهش وزن بدنه در همان مقیاس حجمی و مزایای کم شدن وزن به هنگام انتقال، نصب و پیاده کردن کوره‌ها باید اشاره کرد [۵ و ۶].

یکی از روش‌های ساخت آجرهای عایق روش فومی یا روش حبابی می‌باشد. در روش فومی از سه دسته مواد استفاده می‌گردد:

(الف) مواد دیرگذار نظیر شاموت، رس، آلومینا، منیزیات ددبرن شده و کرومیت و ...

(ب) سازندگان فوم نظیر صابون، کلوفون، ساپوین و کف آتش‌نشانی و

(ج) عوامل پایدار کننده کف نظیر سریشم، چسب‌های آلی، صمخ عربی، گچ قالبسازی و سیمان نسوز و ... [۶ و ۴].

روش فومی یا حبابی به دو صورت یکی ایجاد حباب درجا و درون دوغاب اصلی و دیگری ساخت دوغاب اصلی و



جنس گلوله‌ها و جداره جارمیل از آلومینا بود. سپس فوم آتش‌نشانی به دوغاب‌ها اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه توسط هم زن مکانیکی به منظور افزایش حباب‌ها هم زده شد، پس از آن سیمان سکار ۷۱، طبق جدول ۲ به دوغاب‌ها افروده شد و به مدت ۱۵ دقیقه توسط هم زن مکانیکی هم زده شد. به منظور حفظ حباب‌ها دوغاب‌ها به سرعت درون قالب آلومینیومی ریخته شدند. روی باز قالب با کاغذ آغشته به روغن پوشانده شد تا از تبخیر آب و خروج حباب‌ها جلوگیری شود. فرمولاسیون‌ها و نحوه عمل با توجه به منابع مختلف و همچنین سعی و خطا به دست آمده است. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط، ۲۴ ساعت دیگر در دمای 50°C و درنهایت به مدت ۴۸ ساعت در دمای 110°C خشک شدند. پس از خشک کردن نمونه‌ها بر اساس برنامه‌ی حرارتی خاص در دماهای مختلف پخت شدند. برنامه پخت شامل سرعت حرارت دهی $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ از 25°C تا 800°C و یک ساعت نگهداری در این دما و سپس ساعت $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ تا دمای ماکزیمم و مدت زمان نگه داری سه ساعت در این دما بود. تمام نمونه‌ها در دمای 1500°C و نمونه حاوی ۷٪ سیمان در دماهای 1650°C و 1600°C نیز زیتر شدند. رئولوژی دوغاب‌ها به وسیله دستگاه رئومتر مدل MCR-300 اندازه‌گیری شد. چگالی کلی نمونه‌ها بر اساس استاندارد ASTM-C20 و استحکام خمشی به روش سه نقطه‌ای و با فاصله تکیه‌گاه ۵ سانتی‌متر بر روی سه نمونه از هر کدام از فرمول‌ها اندازه‌گیری گردید. الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) برای پودر نمونه‌ها به وسیله‌ی دستگاه DRON-8 با اشعه تکفام CuK_{α} و ولتاژ شتاب دهنده 40 kV و جریان 30 میلی آمپر تهیه شد و با کمک نرم افزار

عنوان کمک زیتر در حین پخت هدف این پژوهه قرار گرفت که به ویژه با رویکرد این مقاله بررسی چندانی روی آن‌ها صورت نگرفته است.

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده در ساخت آجرهای عایق آلومینایی شامل موارد زیر بود.

-۱- آلومینایی کلسینه شده: پودر α -آلومینا با اندازه‌ی بین $20-90\text{ }\mu\text{m}$

است. که آنالیز شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه شده است.

-۲- هگزا متافسفات سدیم: نوع صنعتی آن به عنوان روانساز مورد استفاده قرار گرفت.

-۳- کف آتش‌نشانی (عامل ایجاد فوم): فوم سبک آتش‌نشانی از نوع سورفتکتانت فلورینی و سولفات‌ها با $\text{pH}=7$ و وزن مخصوص $1/0.9\text{ g/cm}^3$ و 10 mm/s در دمای 20°C بود.

-۴- سیمان آلومینا بالا: سیمان سکار ۷۱ به عنوان افرودنی استفاده شد و آنالیز شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه شده است.

۲-۲- نحوه ساخت نمونه‌ها و آزمایش بر روی آن‌ها

فرمولاسیون دوغاب‌ها در جدول ۲ آورده شده است. برای آماده سازی دوغاب‌ها (بر اساس جدول ۲) ابتدا محلول آب-دیونیزه و هگزا متافسفات سدیم آماده شد. سپس با α -آلومینا به مدت ۱ ساعت در جارمیل تحت آسیاب و مخلوط کردن قرار گرفت تا دوغاب روان و پایدار به دست آید.



الکترونی روبشی SEM (Tescan Vega) مورد مشاهده قرار گرفت.

شناسایی Xpert مورد بررسی قرار گرفت. ریزساختار نمونه‌های مانند شده به وسیله‌ی دستگاه میکروسکوپ

جدول ۱- آنالیز شیمیایی مواد اولیه مصرفی

TiO_2	Na_2O	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3	SiO_2	ترکیب شیمیایی	نوع ماده اولیه
۰/۰۰۷	۰/۳	۰/۰۱	۰	۹۹/۶	۰/۰۲	آلمینا- α	
۰	۰/۵	۰/۱	۲۸/۵	۷۰/۵	۰/۴	سیمان سکار ۷۱	

جدول ۲- ترکیب شیمیایی دوغاب‌ها (بر حسب درصد وزنی دوغاب)

ترکیب	آ-آلومینا (%)	آب مقطر دیونیزه (%)	کف آتش‌نشانی (%)	سیمان سکار ۷۱ (%)	هگزا متافسفات (%)	دوغاب (%)
A	۷۵	۲۵	۲	۱	۱	۱
B	۷۵	۲۵	۲	۱	۳	۳
C	۷۵	۲۵	۲	۱	۵	۵
D	۷۵	۲۵	۲	۱	۷	۷

جدول ۳- ویسکوزیته (Pa.s) سه نوع دوغاب مورد مطالعه

نوع دوغاب	سرعت برشی (s^{-1})
دوغاب آلمینایی	۱۰
دوغاب آلمینایی همراه با فوم	۰/۰۹
دوغاب آلمینایی همراه با فوم و سیمان	۰/۰۶

جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش فوم آتش‌نشانی و همچنین فوم و سیمان آلمینایی به دوغاب آلمینایی، ویسکوزیته افزایش می‌یابد. با افزایش فوم (حباب گاز)

۳- نتایج و بحث

۱-۳- بررسی رئولوژی دوغاب‌ها

ویسکوزیته دوغاب حاوی آلمینا، آب و هگزا متافسفات سدیم اندازه‌گیری شد که در جدول ۳ نتایج آن آمده است. سپس به دوغاب فوق ۲٪ فوم آتش‌نشانی اضافه شد و پس از هم زدن منحنی رئولوژی آن تهیه شد که در شکل ۱-الف آورده شده است. به دوغاب آلمینایی اولیه علاوه بر ۲٪ فوم، ۷٪ سیمان سکار نیز افزوده شد و پس از همزدن منحنی رئولوژی آن مطابق شکل ۱-ب به دست آمد.



را می‌توان این گونه بیان کرد. سیمان آلومینا بالا از یک طرف دارای توزیع دانه‌بندی معمولاً از $30\text{--}90 \mu\text{m}$ می‌باشد. از طرف دیگر دارای قابلیت انحلال و تغییر pH دوغاب به سمت قلیایی را دارد و در نهایت می‌تواند پس از انحلال گیرش کرده و به صورت چسب هیدرولیک عمل کند. بدیهی است هنگام اندازه‌گیری ویسکوزیته، گیرش سیمان بسیار ناچیز و قابل صرف نظر کردن می‌باشد زیرا که این عمل به حدود یک ساعت زمان نیاز دارد. در نتیجه سه موضوع تغییر pH، تغییر توزیع دانه‌بندی و افزایش بار جامد در دوغاب آلومینایی با افزودن سیمان آلومینایی ایجاد می‌گردد. تغییر pH در حوالی ۹ به بعد ویسکوزیته دوغاب آلومینایی را کاهش می‌دهد [۱۱]. ولی افزودن میزان بار جامد موجب افزایش ویسکوزیته می‌گردد [۱۲]. در تحقیقی نشان داده شده است که وسیع‌تر کردن توزیع اندازه ذرات می‌تواند موجب کاهش ویسکوزیته گردد [۱۳]. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده، با افزودن سیمان دو عامل pH و توزیع وسیع‌تر اندازه ذرات موجب کاهش ویسکوزیته می‌گردد ولی افزایش بار جامد موجب افزایش ویسکوزیته می‌گردد و به نظر می‌رسد که در دوغاب‌های این تحقیق، افزایش ویسکوزیته توسط میزان بار جامد به عوامل دیگر غلبه کرده است.

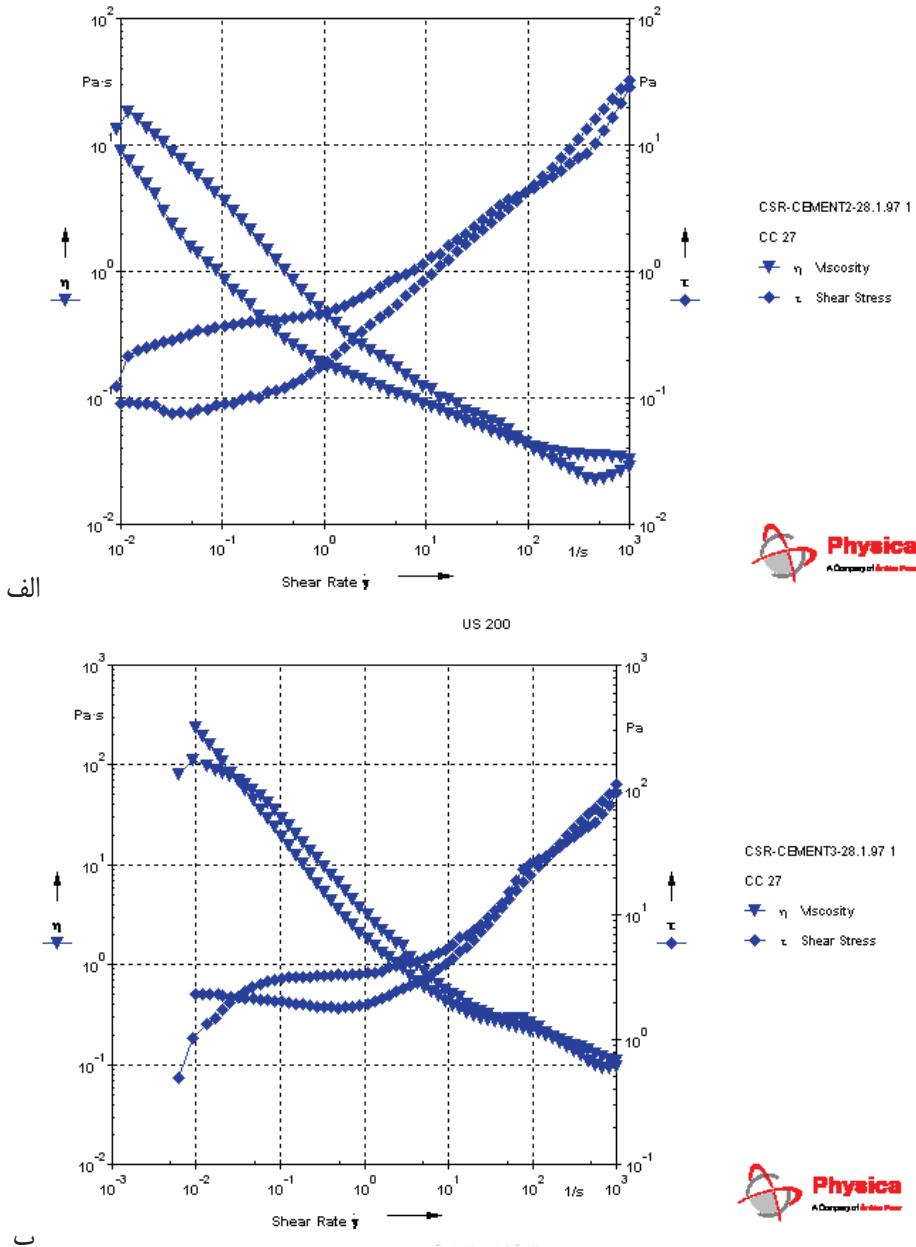
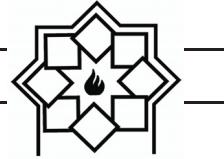
ویسکوزیته می‌تواند کاهش یا افزایش یابد. اگر حین اعمال تنش برشی، خطوط جریان پیرامون حباب بهم خوردگی زیادی پیدا نماید، در این صورت وجود حباب، ویسکوزیته را افزایش می‌دهد. اگر حباب‌ها خود تغییر فرم دهند و خطوط جریان موجود در سوسپانسیون خیلی تغییر نکند در این صورت وجود حباب موجب کاهش ویسکوزیته سوسپانسیون می‌گردد [۱۰]. در این آزمایش و با سرعت برش اعمال شده، ویسکوزیته با افزودن حباب به دوغاب آلومینایی افزوده شده است. این موضوع در رابطه‌ای شبیه رابطه زیر نشان داده شده است [۱۰]:

$$1+9\varphi \ll \eta_r \ll (1-\varphi)^{-1}$$

این رابطه نشان می‌دهد که ویسکوزیته نسبی دوغاب با افزایش جزء حجمی حباب گاز (φ) در محدوده فوق افزوده می‌شود.

با توجه به شکل ۱ با افزایش سرعت برشی، تنش برشی افزایش ویسکوزیته دوغاب کاهش می‌یابد که این نشان‌دهنده رفتار رقیق شدن برشی دوغاب‌ها یا همان رفتار شبه پلاستیک است همچنین دوغاب‌ها رفتار تیکسوتروپی نیز نشان می‌دهند زیرا منحنی رفت و برگشت یکسان نیست [۱۱].

دلیل افزایش ویسکوزیته دوغاب آلومینایی با افزودن سیمان

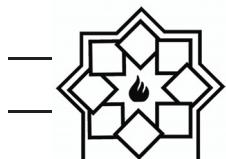


شکل ۱- نمودار تنش برشی بر حسب کرنش برشی و ویسکوزیته بر حسب کرنش برشی (الف) نمونه دوغاب آلومینایی حاوی ۲٪ وزنی فوم آتشنشانی ب) نمونه دوغاب آلومینایی حاوی ۳٪ وزنی فوم آتشنشانی و ۷٪ وزنی سیمان سکار ۷۱

تخلخل کلی و افزایش چگالی پخت در 1510°C و افزایش استحکام پخت از $2/8 \text{ MPa}$ در ۱٪ افزودنی سیمان به $5/5 \text{ MPa}$ در ۷٪ سیمان می‌گردد. دلیل کاهش تخلخل را می‌توان هم به حالت خام و هم به حالت پخت نسبت داد.

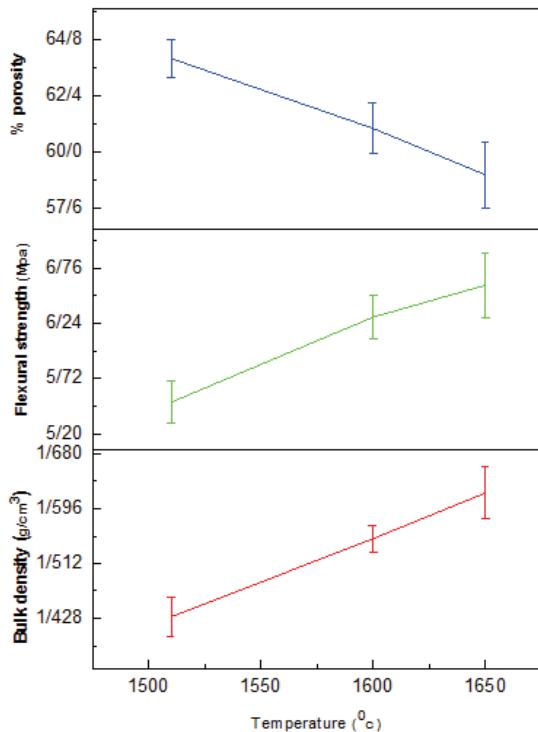
۲-۳- چگالی کلی، استحکام خمشی و درصد تخلخل واقعی

شکل ۲ نشان می‌دهد که با درصد فوم ثابت (۲٪ وزنی)، افزودن سیمان آلومینا بالا از ۱ به ۷٪ موجب کاهش

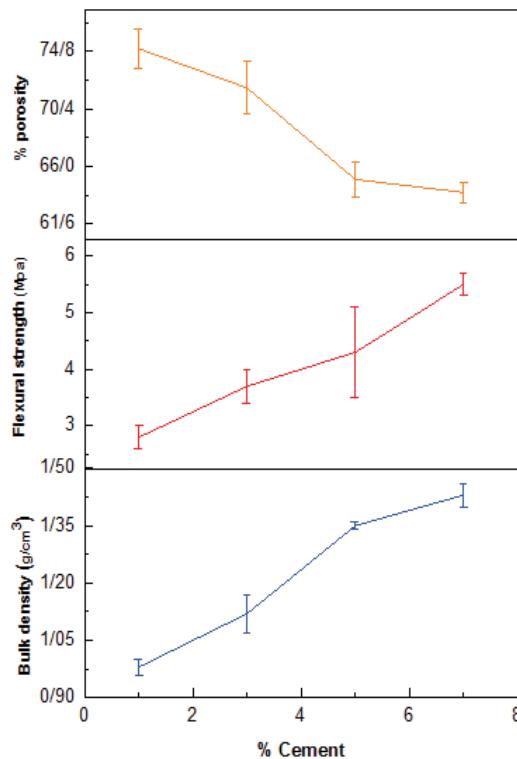


است. با افزایش دما به دلیل افزایش سرعت نفوذ اتمی انتظار تغییرات فوق می‌رود. هر چند که انتظار حضور فاز مایع و زیتر در حضور آن می‌رود اما با توجه به حضور حداکثری Cao ۲/۵٪ نمی‌توان انتظار فاز مذاب را در کمتر از 1800°C داشت [۱۴و۱۵].

در حالت خام دلیل کاهش تخلخل افزایش بار جامد می‌باشد که می‌تواند استحکام خام را نیز افزایش دهد و در حالت پخت دلیل کاهش تخلخل می‌تواند زینتر شدن بهتر به دلیل بالاتر بودن سیمان آلومینا بالا باشد. با توجه به شکل ۳ با افزایش دمای پخت به 1600°C و 1650°C به دلیل افزایش زینتر، هم تخلخل کاهش یافته و هم استحکام بالا رفته



شکل ۳- نمودار چگالی کلی، درصد تخلخل و استحکام خمثی بر حسب دمای زینتر، در نمونه حاوی ۷٪ سیمان آلومینا بالا



شکل ۲- نمودار چگالی کلی، درصد تخلخل و استحکام خمثی بر حسب درصد وزنی سیمان آلومینا بالا در نمونه حاوی ۲٪ فوم آتش نشانی پس از پخت در دمای 1510°C به مدت سه ساعت

که مشاهده می‌گردد نمونه‌ها دارای فاز کوراندوم و هیبونیت یا همان هگزا آلومینات کلسیم می‌باشند. با توجه به آنالیز سیمان، آنالیز نمونه‌ها به به ترتیب حاوی ۱/۹٪، ۱/۲٪، ۱/۹٪ و ۲/۵٪ اکسید کلسیم و بقیه آلومینا می‌باشد. برای تشکیل

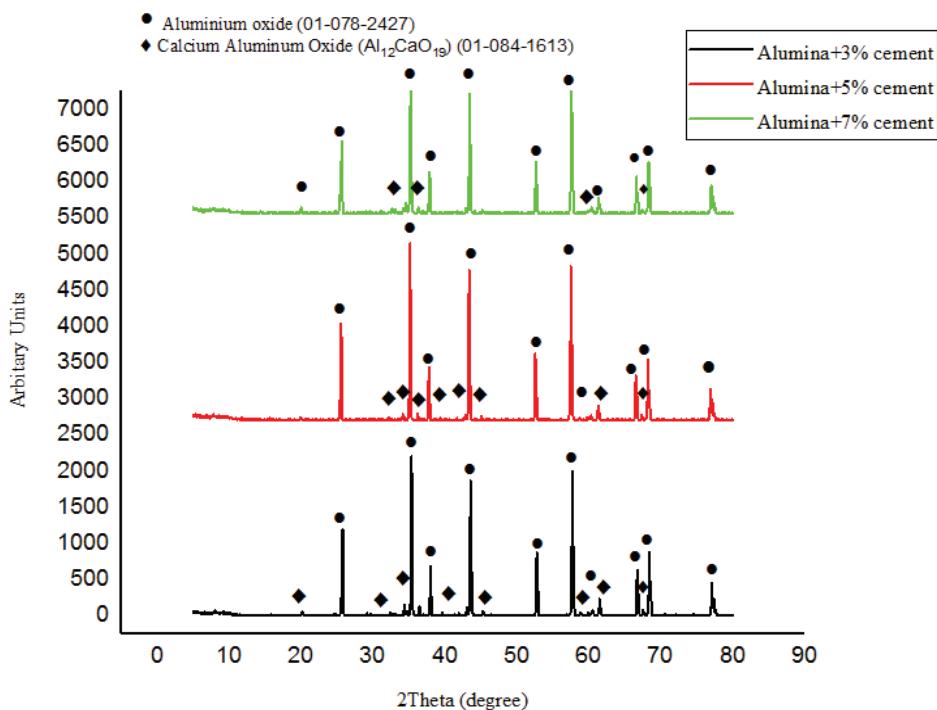
۳-۳- بررسی فازی (XRD)

شکل ۴ الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های حاوی درصدهای مختلفی از سیمان سکار را نشان می‌دهد. نمونه‌ها حاوی ۳-۷٪ وزنی سیمان پس از پخت می‌باشند. همانطور



دست می دهد و در نهایت C_3AH_{10} به دست می آید که آن هم در دمای 45°C تبدیل به C_{12}A_7 و C_3A تبدیل می شود. و بالاخره در 1000°C فازهای CA و CA_2 حاصل می شود که تا 1500°C پایدارند و چنانچه به آلمینیای اضافی دسترسی داشته باشند به CA_6 تبدیل می گردند [۱۴و ۱۵].

$\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ مسیر تبدیل تدریجی فازهای هیدراته سیمان به انواع مختلف آلمینات کلسیم کم آلمینیا و سپس واکنش آنها با زمینه آلمینیایی و غنی شدن از آن را می توان در نظر گرفت. تبدیلات سیمان آلمینیا بالای هیدراته به این صورت می باشد که CAH_{10} در دمای 70°C کمی از آب خود را از



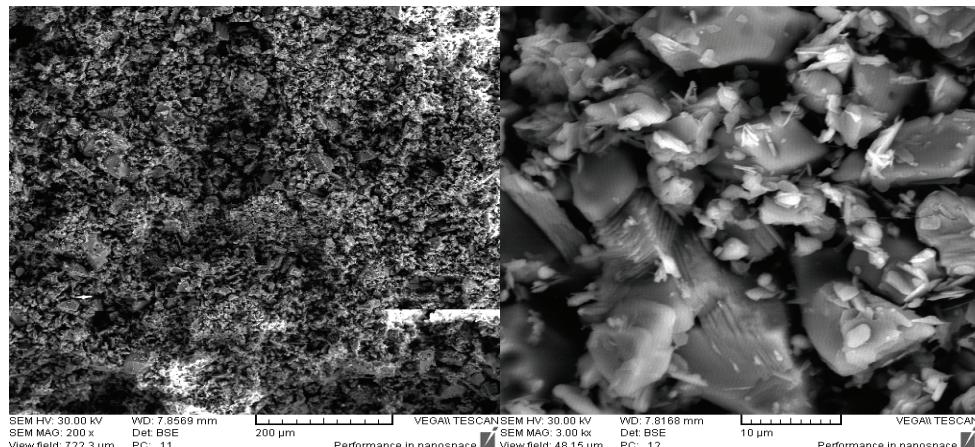
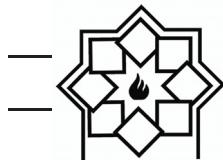
شکل ۴- آنالیز XRD نمونه های حاوی درصد های مختلفی از سیمان سکار ۷۱ پس از پخت در دمای 1510°C

آلمنیاتی به واسطه ای وزن بالاتر، همانند کارهای مشابه محققین روش تر دیده می شود. [۱۶-۱۸].

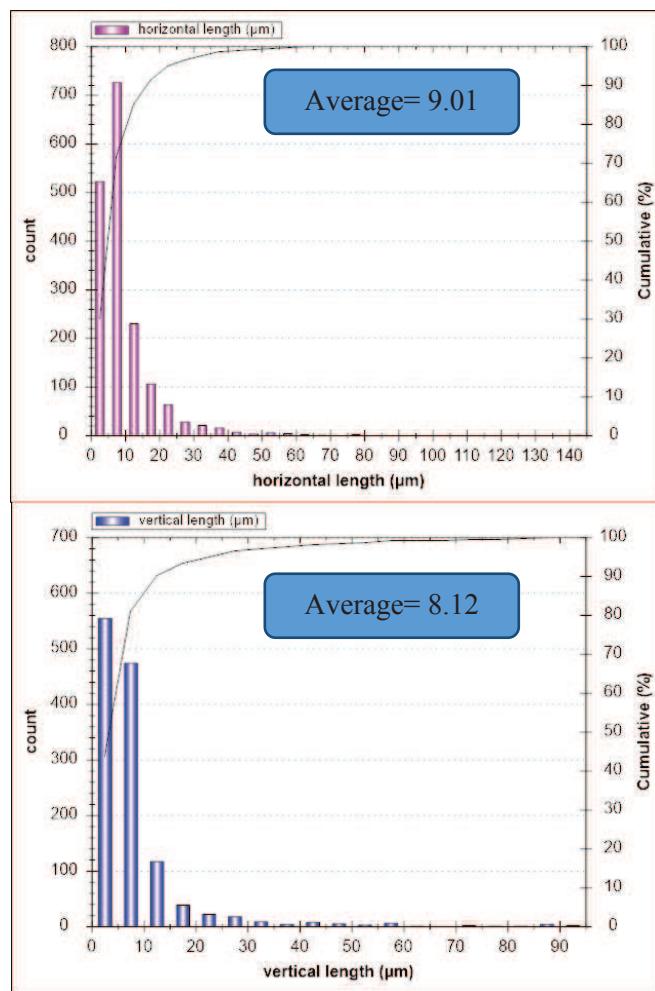
در شکل ۶ توزیع اندازه تخلخل های نمونه فوق توسط نرم افزار MIP رسم شده است. همان طور که مشاهده می شود، متوسط اندازه تخلخل ها حدود $8-9 \mu\text{m}$ می باشد و می توان گفت شکل تخلخل ها تقریباً کروی است.

۴-۳- بررسی ریزساختاری

تصویر میکروسکوپی حاصل از بررسی میکروسکوپی نمونه مانند شده حاوی ۷٪ سیمان سکار پخت شده در دمای 1510°C در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۵ تخلخل ها با اندازه های مختلف که تقریباً کروی هستند و ذرات کوراندوم قابل مشاهده می باشند. فاز کلسیم



شکل ۵- تصویر SEM نمونه حاوی ۷٪ سیمان سکار ۷۱ پخت شده در دمای 1510°C به مدت ۳ ساعت با دو بزرگنمایی مختلف



شکل ۶- توزیع تخلخل در دو جهت در نمونه حاوی ۷٪ سیمان، پخت شده در دمای 1510°C



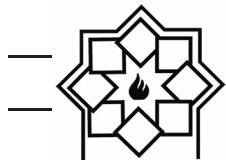
- [۲] ح. سرپولکی، ح. شهبازی، "هندبوک جامع کاربردی دیرگدازها"، شرکت فیبرونا، زمستان ۱۳۹۱.
- [۳] P. P. Budnikov, "The Technology of Ceramic and Refractories", by Scripta Technica the M. I. T. Press, Massachusetts. PP. 364-74, 1964.
- [۴] Q. B. Li, Z. H. Pan, Present Status of Research on Lightweight," Thermal insulating materials and its developing trend", C. Bulletin on the Chinese ceramic society, 30,5(2011).
- [۵] Abdul Kadir A, Mohajerani A, Roddick F, Buckeridge J," Density, strength, thermal conductivity and leachate characteristics of light-weight fired clay bricks incorporating cigarette butts". Int J Civ Environ Eng 2, 179–84(2010).
- [۶] د. نقیزاده، ح. سرپولکی، م. م. سید طبایی، ع. طبیی فرد، "بررسی ساخت آجر عایق شاموتی با استفاده از فوم"، دومین کنگره سرامیک ایران، ۲-۴ آبان ۱۳۷۴.
- [۷] F. H. Notron, "Refractories", MC Graw-Hill Book Company. PP. 143-4, 1968.
- [۸] A. Jonker, "Insulating Refractory Materials from Inorganic Waste Resources" Ph.D. Thesis, Tshwane University of Technology, Pretoria, 2006.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق آجرهای عایق آلومینایی با روش فومی و همچنین با استفاده از سیمان سکار ۷۱ (به عنوان چسب) آماده گردیدند. رفتار دوغاب‌ها بررسی شد و ویسکوزیته آن‌ها با فوم و سیمان حدود ۳ Pa.s بود. همچنین، تأثیر مقدار سیمان سکار ۷۱ و دمای زیتر بر ریزساختار و خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در نمونه‌های آلومینایی حاوی ۱-۷٪ وزنی سیمان آلومینا بالا، با درصد ثابت فوم (۲٪ وزنی) با افزودن سیمان از ۱٪ به ۷٪ وزنی، میزان تخلخل کلی پس از پخت در دمای ۱۵۱۰°C از ۶۴% به ۷۵% حجمی کاهش، چگالی کلی از g/cm^3 ۰/۹۸ به $1/43$ افزایش و استحکام از ۲/۸ MPa به ۵/۵ افزایش می‌یابد. تأثیر دماهای پخت بالاتر $1650^\circ C$ بر روی نمونه حاوی ۷٪ وزنی سیمان و ۲٪ وزنی فوم، نمایشگر افزایش استحکام از ۵/۵ MPa به ۶/۶ و کاهش تخلخل کلی از ۶۴% به ۵۹% حجمی بود. به طور کلی افزودن سیمان آلومینا بالا و افزایش دمای زیتر موجب افزایش استحکام و چگالی کلی نمونه‌ها و کاهش درصد تخلخل کلی آن‌ها گردید. با توجه به اعداد به دست آمده میزان بهینه سیمان آلومینا بالا، ۷٪ وزنی بود. بررسی فازی نمونه‌های حاوی سیمان آلومینا بالا حاکی از تشکیل فاز هگزا آلومینات کلسیم بود که به زیتر زمینه آلومینایی کمک کرده بود. شکل تخلخل‌ها کروی و متوسط اندازه آن‌ها بین ۸ تا ۹ میکرون بود.

مراجع

- [۱] ج. روتشکا، "مواد دیرگداز"، ترجمه دکتر بهزاد میرهادی، دانشگاه علم و صنعت ایران، مرکز انتشارات، ۱۳۷۷.



- [14] B. B. Subramanian, B. B. Machhoya, Sarsani and K. N.Miti, "Preparation of Hot-Face Insulation Bicks by Foming", Interceram, 45 4. PP. 272-7(1996).
- [15] P. G. De La Iglesia, O. Garc'ia-Moreno, R. Torrecillas, and J. L. Menéndez, "Influence of different parameters on calcium hexaluminate reaction sintering by spark plasma" Ceram. Int., vol. 38, no. 7, pp. 5325–5332, 2012.
- [16] Z. Živcová, E. Gregorová, and W. Pabst, "Alumina ceramics prepared with new pore-forming agents" Process. Appl. Ceram., vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2008.
- [17] G. Tarvi, J. M. F. Ferreira, and O. Lyckfeldt, "Influence of the stabilising mechanism and solid loading on slip casting of alumina" J. Eur. Ceram. Soc., vol. 18, no. 5, pp. 479–486, 1998.
- [18] Z. Živcová, E. Gregorová, and W. Pabst, "Alumina ceramics prepared with new pore-forming agents" Process. Appl. Ceram., vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2008.
- [9] L. Jia, L. Yuanbing, L. Shujing, L. Yawei, S. Shaobai."Preparation of Ultralight Alumina Lightweight Insulation Brick", Key Engineering Materials Vols 602-603 pp 648-65(2014).
- [10] E. W. Llewellyn and M. Manga, "Bubble suspension rheology and implications for conduit flow," J. Volcanol. Geotherm. Res., vol. 143, no. 1–3, pp. 205–217, 2005.
- [11] E. M. M. Ewais, "Rheological properties of concentrated alumina slurries: influence of ph and dispersant agent" J. Australas. Ceram. Soc., vol. 41, no. 1, pp. 36–43, 2005.
- [12] G. Tarvi, J. M. F. Ferreira, and O. Lyckfeldt, "Influence of the stabilising mechanism and solid loading on slip casting of alumina" J. Eur. Ceram. Soc., vol. 18, no. 5, pp. 479–486, 1998.
- [13] M. He, Y. Wang, and E. Forssberg, "Slurry rheology in wet ultrafine grinding of industrial minerals: a review" Powder Technol., vol. 147, no. 1–3, pp. 94–112, 2004.