



فصلنامه سرامیک ایران

نشریه خبری تحلیلی، آموزشی، پژوهشی و صنعتی
انجمن سرامیک ایران

سال اول ، شماره اول

بهار ۱۳۸۴

ISSN: ۱۷۳۵-۲۳۵۱

صاحب امتیاز:

انجمن سرامیک ایران

مدیر مسئول:

دکتر واهاک کانسپاری مارقوسیان

سر دبیر:

دکتر حسین سرپولکی

مدیر اجرایی:

سعیده علیشاهی

هیأت تحریریه

دکتر بیژن افتخاری یکتا

دکتر علیرضا آقایی

دکتر سعید باغشاهی

دکتر محمد علی بهره ور

دکتر علی بیت الهی

مهندس علیرضا سوری

دکتر مهران صولتی

دکتر احسان طاهری نساچ

دکتر محمد علی فقهی ثانی

مهندس حسین قصاعی

دکتر عباس کیانوش

دکتر فرهاد گلستانی فرد

دکتر فتح ا... مضطرزاده

دکتر علیرضا میرحبیبی

دکتر زیارتعلی نعمتی

مهندس رحیم تقی زاده

دکتر علی محمد هادیان

دکتر عباس یوسفی

دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه بین الملل امام خمینی

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه ملایر

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه تربیت مدرس

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تبریز

دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تهران

مرکز تحقیقات پرتاووس

گروه مشاوران

مهندس جلیل آرین پو

مهندس سیروس ارجمند نیا

مهندس بهروز اقبالی کوهی

دکتر علی اصغر بهنام قادر

دکتر جعفر جواد پور

مهندس نادر خلیلی

دکتر حمید رضا رضایی

مهندس سیروس روشنفکر فلاح

مهندس میر حسام الدین داعی نیایی

مهندس محمود سالاریه

دکتر آرمان صدقی

مهندس عباس صفاکیش

دکتر احمد صفری

دکتر اسماعیل صلاحی

دکتر تورج عبادزاده

مهندس حسین عزیزیان

دکتر پروین علیزاده

مهندس مهران غفاری

دکتر عباس فاضلی

دکتر کاووس فلامکی

مهندس عباسعلی قصاعی

دکتر کاظم قنبری

دکتر مهرداد کشمیری

دکتر علیرضا گنجی

مهندس یحیی ماله چگینی

دکتر ابراهیم مسعود

دکتر بهزاد میرهادی

دکتر امیر عباس نوربخش

مجله ایران سرام

شرکت بازرگانی گیتا

شرکت سامان کاشی

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز مهر

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز پارس

شرکت گل سرخ گستر آمل

شرکت آرمیتاژ

دانشگاه بین الملل امام خمینی

وزارت معادن و فلزات

دانشگاه ایالتی نیوجرسی

پژوهشگاه مواد و انرژی

پژوهشگاه مواد و انرژی

صنعت سیمان

پژوهشگاه مواد و انرژی

صنعت چینی مظلوف

سازمان زمین شناسی کشور

پژوهشگاه مواد و انرژی

شرکت چینی زرین ایران

دانشگاه شفیلد انگلستان

دانشگاه بریتیش کلمبیا

شرکت معدنی و صنعتی

سوراو جین عقیق

شرکت سینا کاشی

شرکت سینا کاشی

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز آذر

نشانی:

تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده

مهندسی مواد و متالورژی، دفتر انجمن سرامیک

ایران

صندوق پستی: تهران، ۱۱۱-۱۶۸۴۵

تلفن:

۰۹۱۲۲۱۸۶۵۹۹، ۰۷۳۹۱۲۸۲۷، ۰۷۸۹۹۳۹۹

دورنگار:

۷۸۹۹۳۹۹

پست الکترونیکی: info@Icers.ir

نشانی سایت اینترنتی: www.Icers.ir

طراحی، گرافیک و صفحه آرایی:

تمام طرح ۷۲۰۹۲۲۸

چاپ: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

فهرست مطالب:

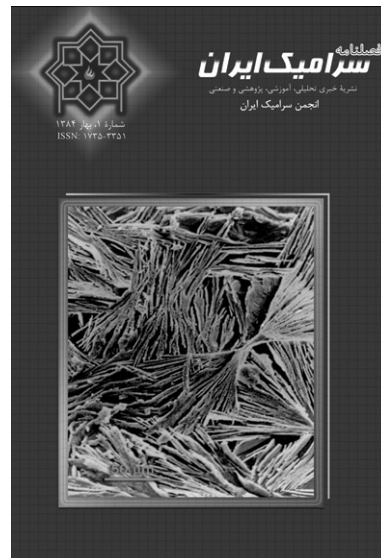
۳	سفن مدیر مسئول
۴	یادداشت سردبیر
۵	افبار پنجمین کنگرهٔ سرامیک ایران
۸	شیشه سرامیک ها - گذشته، حال و آینده
۱۷	نگرشی بر وضعیت آموزش مهندسی سرامیک در ایران
۲۲	سافت سیمان استفوان اپاتیتی و بررسی فواصل کاربردی آن
۳۱	بررسی اثر CaF_2 بر رفتار تبلور و زینت‌شدن کاشی‌های شیشه - سرامیکی سیستم $CaO-Al_2O_3-SiO_2$
۳۹	سافت شیشه سرامیک تراشکاری شونده میکای فلئوئور
۴۶	بررسی تاثیر مواد اولیه مفتلف ماوی منیزیا بر فواصل برمه‌های ریفتنی آلومینا - منیزیا
۵۳	تازه‌های سرامیک
۵۸	مصاحبه
۶۲	معرفی پایان‌نامه‌های تمصیلات تکمیلی
۶۵	تازه‌های نشر
۶۷	تقویم همایش‌ها
۶۸	راهنمای تهیه مقاله

اصلاح و خلاصه کردن مطالب
با نظر مترجمان و
نویسندگان انجام می‌شود.
مسئولیت محتوای مقالات
به عهده نویسندگان و
مترجمان است. مطالب
ارسالی برگردانده نمی‌شود.

همکاران این شماره:

نادی شجاعی

هیوا برادری



توضیح عکس روی جلد: ریزساختار نمونه GC.5 پس از عملیات حرارتی
(مقاله خانم صدیقه خطیب‌زاده).

سخن مدیر مسئول

با توجه به پیشرفت های زیادی که در سال های اخیر در صنعت سرامیک ایران به وجود آمده است کشور ما اکنون در بیشتر عرصه های تولید سرامیک های به اصطلاح سنتی از وارد کننده عمده به تولید کننده مطرح برخی محصولات سرامیکی مانند کاشی ، چینی ، شیشه و مواد دیرگداز تبدیل شده و علاوه بر تامین نیازهای داخلی از صادرکنندگان برخی از این کالاها محسوب می شود.

از سوی دیگر در عرصه آموزش و پژوهش سرامیک نیز در سال های اخیر تحولات و پیشرفت های زیادی در کشور ما صورت گرفته و علاوه بر تاسیس رشته سرامیک در چندین دانشگاه در سطوح مختلف ، انتشار سالانه صدها مقاله از سوی پژوهشگران در مجلات معتبر داخلی و خارجی و کنفرانس ها یکی از نشانه های مهم پیشرفت و ارتقا پژوهش در این رشته در کشور ما به شمار می آید.

با توجه به موارد بالا از سال ها پیش نیاز به انتشار مجله ای که بتواند از یک سو منعکس کننده نظرات علمی و نتایج تحقیقات متخصصان داخلی باشد و از سوی دیگر بیان کننده اخبار و مسائل صنعتی بوده و ناشر نظرات و نتایج تحقیقات صنعتی و کاربردی باشد از سوی انجمن سرامیک ایران احساس می شد.

متأسفانه وجود مشکلات اداری و اجرایی تحقق این امر مهم را مدتی با تاخیر مواجه ساخت تا اینکه خوشبختانه انجمن توانست مجوز انتشار فصل نامه سرامیک ایران را اخذ نموده و اکنون به انتشار نخستین شماره آن اقدام نماید.

از سوی دیگر خوشبختانه انجمن سرامیک با یاری انجمن متالورژی و دانشگاه علم و صنعت ایران از سال پیش انتشار مجله دیگری را به نام Iranian Journal of Materials Science and Engineering آغاز نموده است که عمدتاً مقالات اصیل پژوهشی را به زبان انگلیسی منتشر می نماید.

امیدواریم که مجله حاضر در کنار آن مجله بتواند به تحقق یکی از اهداف مهم انجمن که همانا یاری رساندن به گسترش دانش سرامیک و ایجاد ارتباط بیشتر بین متخصصان دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی و دست اندرکاران صنعت سرامیک می باشد گامی ، هرچند کوچک بردارد.

مجله ای که پیش رو دارید به عنوان نخستین شماره مجله سرامیک ایران که از سوی انجمن سرامیک منتشر می گردد، قطعاً خالی از کمبود ، لغزش و اشکال نمی باشد که امیدواریم با تذکرات و راهنمایی های همکاران و متخصصان علاقمند این اشکالات و کمبودها در شماره های آینده رفع و اصلاح گردد.

با تشکر
مدیر مسئول



بنای آینده جهان را فلکرت آرممنت

یادداشت سردبیر

سرانجام پس از سالها انتظار نشریه انجمن سرامیک ایران پا به صحنه انتشار گذاشت. توسعه و گسترش دانش سرامیک و ایجاد زمینه تبادل اطلاعات افکار و همچنین انتقال تجارب بین محققین، متخصصین و صنعتگران از اهداف انتشار این نشریه و در راستای اهداف انجمن میباشد.

با توجه به گستردگی زیر شاخه های علم و مهندسی سرامیک، توسعه و گسترش این صنعت پیشرفت چشمگیری در زمینه "سرامیکهای متداول" شامل انواع کاشی، چینی، شیشه، لعاب، سیمان، دیرگداز، مصالح ساختمانی و دیگر محصولاتی که هم اکنون توسعه صنعتی آن بخوبی توسط کارشناسان مجرب سرامیک در حال پیگیری میباشد داشته است، در حوزه "سرامیک های نوین" نیز بعنوان محصولات با ارزش افزوده بالا، شاهد تحولات جدیدی هستیم. امروزه نه تنها شاهد موفقیت‌های قابل قبولی در بخش پژوهشی سرامیکهای نوین، سرامیکهای مهندسی، بیوسرامیکها، شیشه سرامیک ها، دیرگدازهای اکسید-کربن و بخصوص نانو سرامیکها هستیم بلکه چشم انداز اجرای صنعتی برخی آنها بتدریج نمایان میگردد

باور داریم که انتشار موفق فصلنامه سرامیک ایران با اتکا به دانش فنی و تجارب ارزشمند تمامی متخصصین و محققین رشته سرامیک در سرتاسر ایران میسر است. بدینوسیله از کلیه کارشناسان پژوهشگران و علاقمندان دعوت بعمل می‌آید تا با ارسال مقالات تحلیل‌ها و نقطه‌نظرات خود، ما را در ایجاد زمینه بحث و گفتگوی علمی در راستای توسعه و شکوفایی این بخش مهم از صنعت ایران یاری نمایند. بنابر اخبار رسیده با توجه به نقش و اهمیت مجلات علمی-ترویجی در گسترش ارتباط صنعت و دانشگاهها، وزارت علوم تحقیقات و فناوری طرحی را در دست بررسی دارد تا بمنظور تشویق نویسندگان، مقالات منتشره در مجلات علمی-ترویجی هم‌وزن با مقالات علمی-پژوهشی ارزیابی گردد. از سوی دیگر در بخشهای مختلف اطلاع‌رسانی نیز از کلیه شرکت‌ها تولیدی، مراکز علمی-تحقیقاتی و دیگر بخشهای صنایع سرامیک درخواست میشود تا آمار و اطلاعات و همچنین تحولات واحدهای خود را بمنظور انعکاس در بخش تازه‌های سرامیک؛ به دفتر انجمن ارسال دارند.

بمنظور اطلاع رسانی در خصوص پایان‌نامه‌های دانشجویی از فارغ‌التحصیلان مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری دعوت میشود تا خلاصه پایان‌نامه خود را بهمراه نام اساتید راهنما و تاریخ دفاعیه جهت چاپ ارسال نمایند. همچنین تازه‌های نشر آماده معرفی کتب مرتبط با رشته سرامیک میباشد.

هیات تحریریه فصلنامه سرامیک ایران با رعایت دقت و بررسی همه‌جانبه، مقالات و موضوعات رسیده را مورد بررسی و سپس در نوبت چاپ قرار خواهد داد.

اخبار پنجمین کنگره سرامیک ایران

پنجمین کنگره سرامیک ایران در روزهای ۲۴ تا ۲۵ آذر ۱۳۸۳ در محل دانشگاه علم و صنعت ایران با حضور ۷۵۰ نفر از دانشجویان، کارشناسان، متخصصین صنعت و اساتید این رشته به شکل فعال و با شکوهی برگزار گردید. ارائه آخرین دستاوردهای نوین علمی، پژوهشی و صنعتی در کلیه بخش های مهندسی سرامیک از یک سو و نشان دادن پیشرفت‌ها و توانمندیهای پژوهشی و صنعتی را شاید بتوان اصلی ترین هدفها از برگزاری کنگره های سرامیک ایران برشمرد. از منظری دیگر تقویت همکاری ها و ارتباط بین محققان و متخصصان این رشته در مراکز علمی و صنعتی، ایجاد فضایی مناسب برای همنشینی ها و هم اندیشی بمنظور تقویت و تحکیم گامهای خود در راه تحقق آرمانهای انجمن سرامیک ایران از دیگر اهداف این گردهمایی بشمار می رود. همزمان با برگزاری کنگره نمایشگاهی با حضور بیش از ۳۰ شرکت و پژوهشگاه در جوار کنگره تشکیل گردید که با استقبال زیاد شرکت کنندگان روبرو گردید. صنایع کاشی و سرامیک سینا (سینا کاشی)، شرکت صنایع چینی زرین ایران، شرکت رنگینه های معدنی در برگزاری این کنگره انجمن سرامیک ایران را یاری نمودند.

شرکت رنگدانه های سرامیکی گهر فام - شرکت گسترش مواد پیشرفته - پژوهشگاه مواد و انرژی - طرح تحقیقات صنعتی آموزشی و اطلاع رسانی - شرکت سرامیک البرز - پژوهشکده صنایع رنگ ایران - شرکت لعابیران - شرکت فرآورده های نسوز آذر - شرکت تهیه و تولید خاک نسوز استقلال آباده گروه پژوهش نسوز - صنایع معدنی وزارت صنایع و معادن - سازمان توسعه و نوسازی صنایع معدنی



ایران - شرکت SACMI - موسسه تحقیقاتی پرتاووس - شرکت طراحی مهندسی و تأمین قطعات و مواد شیمیایی صنایع پتروشیمی - شرکت سامان کاشی - دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه علم و صنعت - شرکت معدنی و صنعتی سوواروجین عقیق و شرکت فرآورده های نسوز پارس نیز با همکاری فعال خود انجمن را در هر چه با شکوه برگزار نمودن این کنگره یاری دادند. پنجمین کنگره سرامیک ایران در روز سه شنبه ۸۳/۹/۲۴ با سخنرانی آقای دکتر سرپولکی دبیر کنگره و رئیس انجمن سرامیک ایران افتتاح شد و پس از آن سخنرانی آقای مهندس صفاکیش در زمینه گذشته، حال و آینده صنعت سرامیک، آقای دکتر مضطرزاده بامروزی بر مبنای علم کامپوزیت ها و آقای دکتر مارقوسیان در رابطه با شیشه - سرامیک ها، گذشته حال و آینده ارائه شدند. سپس در زمان استراحت و پذیرایی، نمایشگاه افتتاح و با استقبال پرشوری مواجه شد و پس از آن مجدداً آقای مهندس قصابی مدیر عامل چینی زرین ایران در رابطه با بررسی





وضعیت چینی در ایران، آقای Silvano Gigli از شرکت SACMI در مورد New bounds in the development of the product aesthetic دکتر هاشمی از سازمان گسترش مواد پیشرفته در زمینه مواد پیشرفته و توسعه صنعتی کشور سخنرانی کردند. پس از صرف نهار ارائه مقالات بصورت موازی در دو سالن با موضوعات دیرگداز، الکترو سرامیک و کاشی و لعاب صورت گرفت. در روز چهارشنبه ۸۳/۹/۲۵ نیز مقالات به همین صورت با موضوعات شیشه و شیشه

سرامیک - بیو سرامیک - چینی و مواد اولیه - پودر، سنتز و فرآیند - رنگ و پوشش - کامپوزیت و سرامیک های سازه‌ای ادامه یافتند. و در بعدازظهر ابتدا آقای دکتر Piero Piancastelli در موضوع HIGH - PRESSION CASTING FOR SANITARY WC BOWLS سخنرانی کرده و اختتامیه کنگره با مبحث آموزش سرامیک توسط دبیر کنگره آقای دکتر سرپولکی صورت پذیرفت در پایان پوسترهای برگزیده به شرح زیر انتخاب گردیدند: پوستر مقاله بررسی تأثیر افزودن MgO بر استحکام و ریز ساختار دیرگداز تیتانات آلومینیم ارائه توسط آقای مهندس بهزاد میرفخرایی به عنوان پوستر اول، پوسترهای مقاله ساخت آهنربای مغناطیسی دائم فریت باریم ناهمسانگرده مورد استفاده در فن رادیاتور اتومبیل پراید ارائه توسط آقای مهندس علیرضا ارژنگ و مقاله ساخت ممبران های کامپوزیت سرامیکی - ژئولیتی با لایه‌های دارای جهت گیری ترجیحی با ارائه آقای مهندس مهدی شفیع مشرکاً به عنوان پوستر دوم برگزیده شدند.



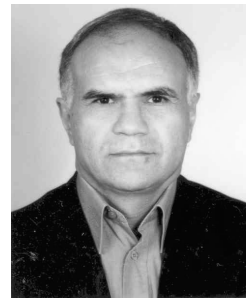
پس از اختتامیه و استراحت مراسم انتخابات اعضای هیات مدیره انجمن سرامیک با نظارت نماینده کمیسیون انجمنهای علمی و با حضور ۸۷ نفر رأی دهنده برگزار شد و طی این انتخابات آقایان دکتر فرهاد گلستانی فرد - مهندس یحیی چگینی - دکتر علیرضا آقایی - مهندس علیرضا سوری - دکتر بیژن افتخاری یکتا - دکتر امیر مقصودی پور - دکتر زیارتعلی نعمتی - به عنوان اعضای اصلی هیئت مدیره و آقایان دکتر سعید باغشاهی و مهندس رحیم نقی زاده به عنوان بازرس اصلی و آقای دکتر جعفر جوادپور و دکتر مهران صولتی به عنوان عضو علی البدل هیئت مدیره و خانم مهندس دریه ابراهیمی به عنوان بازرس علی البدل انتخاب شدند و در اولین جلسه هیئت مدیره جدید انجمن سرامیک، آقای دکتر فرهاد گلستانی فرد به عنوان ریاست هیئت مدیره و آقای مهندس یحیی چگینی به عنوان نایب رئیس هیئت مدیره و آقای دکتر علیرضا آقایی به عنوان خزانه دار انتخاب شدند.

مجموعه مقالات پنجمین کنگره سرامیک ایران حاصل تلاش محققین، صنعتگران و پژوهشگران فرهیخته ای است که عصاره آن را به منظور توسعه و گزارش هر چه بیشتر علم و مهندسی سرامیک ایران ارائه نمودند که همزمان با برگزاری کنگره آماده و به دست شرکت کنندگان رسید. مجموعه مقالات پنجمین کنگره سرامیک حاوی ۶۱ مقاله می‌باشد که از میان ۱۲۵ چکیده و ۱۱۸ مقاله دریافت شده توسط داوران پس از بررسی جهت چاپ در مجموعه مقالات انتخاب گردیدند. استقبال بی نظیر محققان و صنعتگران و کثرت مقالات ارسال شده به کنگره نشانه توسعه پژوهش و تحقیق در علم و صنعت سرامیک در ایران می باشد.

آشنایی با هیأت مدیره جدید انجمن سرامیک ایران:

دکتر فرهاد گلستانی فرد: رئیس هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران

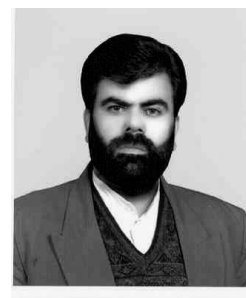
استاد دانشگاه علم و صنعت ایران می باشند متولد ۱۳۳۱ بوده و دوره کارشناسی را در رشته مهندسی متالورژی در دانشگاه شریف در سال ۱۳۵۴ و دوره دکتری را در مهندسی مواد در دانشگاه لندن در سال ۱۳۶۲ به پایان رسانده است. ایشان از سال ۱۳۶۳ در رشته سرامیک و در زمینه‌ای روش‌های شناسایی و آنالیز مواد، خواص مواد، سرامیک‌های مهندسی و دیرگذاها تدریس نموده و به علاوه استاد راهنمای بیش از ۵۰ پروژه کارشناسی ارشد و ده دانشجوی دکتری بوده. ایشان دارای سابقه ده ساله همکاری با صنایع نسوز در زمینه‌های کاربرد این مواد در صنایع مختلف و طرح‌های پژوهشی زیادی را در این زمینه به انجام رسانده‌اند. دکتر فرهاد گلستانی فرد دارای سابقه کاری ۱۰ ساله در پژوهشگاه مواد و انرژی و ۱۵ ساله در دانشگاه علم و صنعت ایران بوده و طی این مدت در کمیته‌های مختلف وزارت علوم و تحقیقات و فناوری و نیز وزارت صنایع و معادن همکاری داشته است. از ایشان بیش از ۱۰۰ مقاله در مجلات علمی و نیز کنفرانس‌های بین‌المللی به چاپ رسیده است. در زمینه مواد دیرگذاز همکاری با محافل بین‌المللی داشته و چندین بار به دعوت کنفرانس‌های جهانی ارایه سخنرانی نموده‌اند. همچنین ایشان دبیر کنفرانس بین‌المللی مواد دیرگذاز که در سال ۱۳۸۳ در ایران برگزار گردید بوده و اخیراً کتابی در زمینه روش‌های شناخت چاپ کرده‌اند.



مهندس یحیی ماله میرچگینی: نایب رئیس هیئت مدیره انجمن

سرامیک ایران

سوابق علمی و اجرایی ایشان شامل: عضو هیئت علمی دانشگاه و مدیر گروه نساجی سازمان صنایع و معادن بنیاد، مدیر عامل شرکت الیاف، معاونت اجرایی شرکت ایران یاسا تایر و رایر. در حال حاضر مدیر گروه کاشی و سرامیک سازمان صنایع و معادن بنیاد و مدیر عامل شرکت صنایع کاشی و سرامیک سینا می باشند.



دکتر علیرضا آقایی: خزانه دار هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران

استاد یار پژوهشگاه مواد و انرژی و مدیر گروه سرامیک‌های مهندسی پژوهشگاه مواد و انرژی می باشند. ایشان بیش از ۱۰ عنوان مقاله در مجلات معتبر بین المللی چاپ و راهنمایی و مشاوره ۱۴ پایان نامه کارشناسی ارشد و دکتری را داشته‌اند

فعالیت‌های پژوهشی ایشان در زمینه سرامیک‌های الکتریکی، رنگدانه‌های معدنی و غشاهای سرامیکی سرامیک‌های غیراکسیدی می باشد.



در شماره‌های بعد دیگر اعضای هیأت مدیره معرفی خواهند گردید.



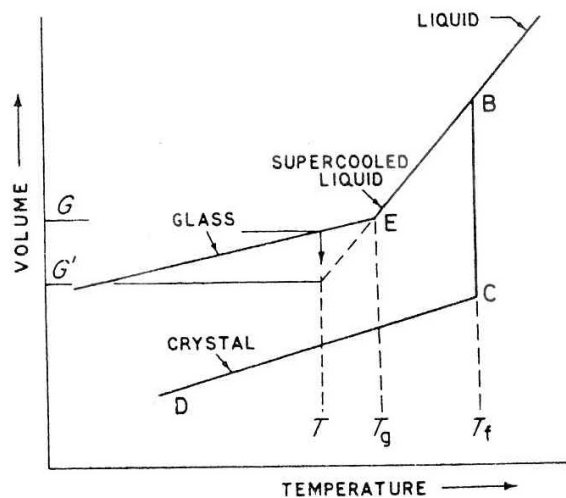
شیشه سرامیک ها - گذشته، حال و آینده

واهاک کاسپاری مارقوسیان

دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران

۱- مقدمه

اگر بخواهیم تعریفی ساده و در عین حال گویا از شیشه سرامیک ها ارائه دهیم، باید بگوییم که شیشه سرامیک محصول تبلور کنترل شده و هدفمند یک شیشه است. هدفمندی و کنترل در تبلور به مفهوم استفاده از جوانه‌زاهای مناسب در مقادیر لازم و نیز بکارگیری برنامه عملیات حرارتی خاصی می باشد. پس منطقی است که شروع بحث ما با مروری بر اصول و مفاهیم علم شیشه باشد.



شکل ۱- ارتباط بین حالات مایع، بلور و شیشه

در شکل شماره ۱ منحنی حجم ویژه بر حسب دما را برای یک مذاب ملاحظه می کنیم. فرض کنیم این ترکیب تک جزئی بوده و ذوب مرحله ای ندارد. مذاب از نقطه A سرد می شود و الفبای ترمودینامیک به ما می آموزد که مذاب به صورت طبیعی مسیر ABCD را برمی گزیند و با طی این مسیر در زیر دمای T_f که دمای انجماد است، به یک جامد بلوری مبدل می شود. اما واقعیت این است که لزوماً همه مواد این مسیر را طی نمی کنند و بعضاً با طی مسیر ABE پیش می روند. مایع بدون این که انجماد حاصل کند تا نقطه E پیش می رود و مرتباً از سیالیت آن کاسته می شود. همان طور که ملاحظه می کنید در حد فاصل B تا E اصطلاحاً به مذاب Super cooled liquid اطلاق می شود. در نقطه E تغییر شیب محسوسی در منحنی حاصل می شود و عملاً از این نقطه به بعد مایع صلب شده است و این در حالی است که انجماد به مفهوم علمی خودش رخ نداده است. این است که شیشه را جامد مجازی می نامند. البته به هر حال آن چه پس از نقطه E داریم جامد محسوب می شود زیرا می دانیم جامد یک تعریف علمی دارد و آن رسیدن به حالتی است که شکل و حجم ماده ثابت بماند. این حالت در بالای ویسکوزیته (گرانروی) 10^{13} پواز در شیشه حاصل می شود که همان دمای T_g یا انتقال به حالت شیشه ای است.

حال پس از بررسی مختصر مسیر شیشه به بحث اصلی یعنی شیشه سرامیک ها می پردازیم. باید گفت که تبلور به صورت یک آرزو در نهاد هر شیشه قرار دارد. در توضیحاتی که گذشت ملاحظه کردیم که ما مسیر ایده آل ترمودینامیکی را از مذابی که تمایل به تبلور و انجماد داشته است گرفتیم و به اجبار آن را به مسیر شیشه شدن هدایت کردیم. اما به تعبیر ساده باید گفت که یک شیشه برای حصول به آرمان خویش همیشه



در انتظار فرصت است. این فرصت یک فرصت کینتیکی است و اگر فراهم گردد هر شیشه ای کریستالیزه می شود. البته شاید در بعضی از سیستم های شیشه ای عمل تبلور به سختی انجام گیرد ولی به هر حال هر شیشه ای در صورت فراهم آمدن شرایط مناسب کریستالیزه خواهد شد. عموماً اگر در شیشه ای تبلور حاصل شود این یک نقص برای شیشه به حساب می آید اما علم بشر امروز این عیب را به حسن تبدیل کرده است و آن را به خدمت خود گرفته است. در این جا تذکر یک نکته لازم به نظر می رسد و آن این که در بسیاری موارد اصولاً سرد کردن یک مذاب به گونه ای که هیچ کریستالیزاسیونی در آن رخ ندهد ممکن نیست و محصول تا حدی کریستالیزه می شود.

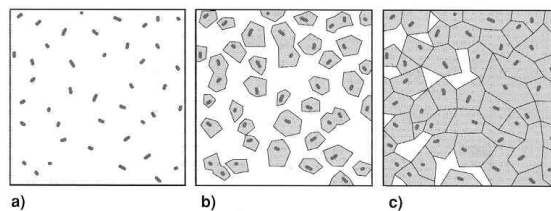
اما محصول مورد بحث ما این نیست بلکه در بحث شیشه سرامیک ها تبلور شیشه به صورت کنترل شده و آن طور که مدنظر ماست رخ می دهد و نه به هر صورتی که خود شیشه کریستالیزه شود. حد کریستالیزاسیون متغیر است ولی عموماً در شیشه سرامیک ها از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد فاز بلوری وجود دارد.

تا این جا متوجه شدیم که شیشه سرامیک ها محصولاتی هستند که در آن ها ابتدا ترکیب مورد نظر به شکل دلخواه به صورت قطعه شیشه ای ساخته می شود و سپس با عملیات حرارتی کنترل شده به محصول مطلوب می رسیم.

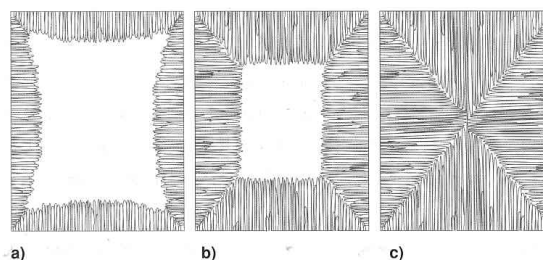
در این جا به بررسی پاره ای از نقاط قوت صنعت شیشه سرامیک می پردازیم:

توانایی استفاده از روش های بسیار متنوع، سریع و اقتصادی شکل دهی شیشه ها نسبت به روش های بعضاً پیچیده تر، آهسته تر و غیر اقتصادی تر صنعت سرامیک. برای مثال می دانیم فرآیند ساخت تیغه های نازک، الیاف و... در صنعت شیشه بسیار اقتصادی تر و آسان تر نسبت به صنعت سرامیک انجام می گیرند.

- اتوماسیون بالا
- امکان بازیافت بیشتر در خط تولید شیشه نسبت به خط تولید سرامیک ها
- قابلیت کنترل بسیار دقیق نوع و مرفولوژی فازهای رسوب کننده و ریز ساختار مربوطه در مرحله کریستالیزاسیون شیشه سرامیک ها.



شکل ۲



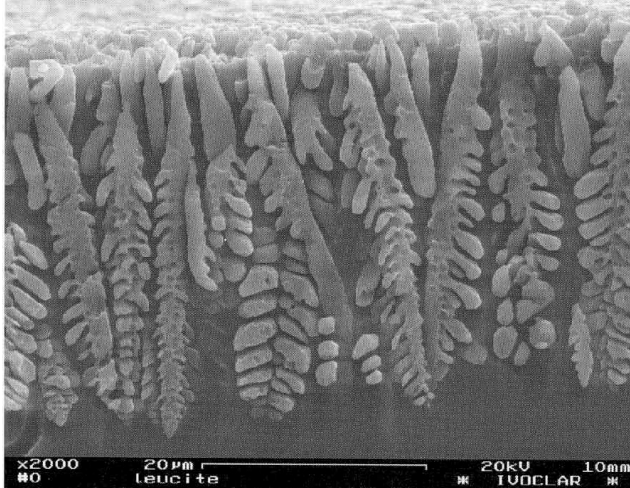
شکل ۳

در شکل شماره ۲ شماتیکی از جوانه زنی در یک شیشه سرامیک را ملاحظه می کنید. توجه شود که برای یک تبلور موفق به جوانه های اولیه زیادی احتیاج داریم (مرحله a) و در مرحله b رشد انجام می شود و در مرحله c همزمان با به هم رسیدن دانه های رشد کرده توقف تبلور را داریم. همانطور که ملاحظه می شود مقداری فاز شیشه باقی مانده وجود دارد.

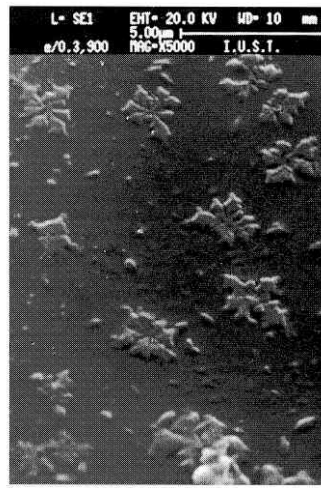
در تکمیل بحثی که پیرامون تبلور کنترل شده در شیشه سرامیک ها داشتیم به شکل شماره ۳ توجه می کنیم.



این شکل کریستالیزاسیون یک شیشه را بدون حضور جوانه‌زا و بدون عملیات حرارتی کنترل شده نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که به علت حضور مواضع مناسب تر جوانه زنی در سطح (که همواره وجود دارد)، کریستالیزاسیون از سطح شروع می‌شود که کریستال‌های درشت و جهت دار مشخصه این فرآیند هستند. در این فرآیند احتمال افت استحکام و دفرماسیون نمونه نیز وجود دارد. در زیر ساختارهای شکل ۴ و ۵ دو سیستم شیشه ای که در اولی جوانه زنی به همراه رشد مختصر و در دومی رشد کافی رخ داده است را ملاحظه می‌کنیم.



شکل ۵



شکل ۴

۲- تاریخچه شیشه سرامیک‌ها

برای اولین بار در سال ۱۷۳۹ میلادی یک شیمیدان فرانسوی به نام Reamur به این فکر افتاد که بطری‌های شیشه ای را کریستالیزه کند (با قرار دادن آن‌ها در بستری از گچ و ماسه و حرارت دادن آنها). اما او تجربه موفق‌تری نداشت زیرا بطری‌ها دچار افت استحکام و دفرماسیون شدند. پس از Reamur نیز تا ۲۲۰ سال یعنی تا سال ۱۹۵۹ میلادی ظاهراً گزارش ثبت شده ای در جهت تکرار و اصلاح آزمایش به خطا رفته‌اند و وجود ندارد. اما در این سال بود که در ایالات متحده آمریکا فردی به نام Stookey برای اولین بار در سیستم $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$ شیشه سرامیک ساخت. این محصول چند سال بعد توسط کمپانی Corning به صورت ظروف شوک پذیر یعنی ظروفی که قابلیت تحمل شعله مستقیم را داشتند به بازار آمد. اما بر خلاف وقفه چند ساله در این مسیر در سال‌های اخیر سیر تحول شیشه سرامیک‌ها تحولات شگرفی را پشت سر گذاشته است که در ادامه مطالب به بخش‌هایی از آن پی خواهیم برد.

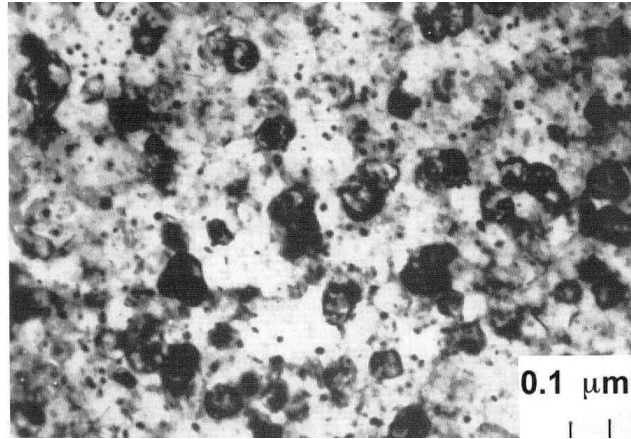
۳- مهمترین سیستم‌های شیشه سرامیکی

۳-۱- سیستم $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$

این سیستم که از بعد تاریخی هم در صدر قرار دارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. عوامل جوانه زای مناسب برای این سیستم TiO_2 , ZrO_2 هستند.

نکته قابل توجه در بحث شیشه سرامیک‌ها این است که نوع و مقدار جوانه‌زا هم ریز ساختار و هم فاز کریستالیزه شده را کنترل می‌کند. بر این مبنا در این سیستم هر یک از سه فاز زیر می‌تواند کریستالیزه گردد: ۱- محلول جامد B- کوارتز ۲- Spodumene - ۳- Eucryptite از جمله خواص این فازها به ضریب انبساط حرارتی بعضاً صفر و بعضاً منفی و نیز قابلیت کریستالیزه شدن به صورت بسیار ظریف و ریز می‌توان اشاره کرد. در شکل ۶ یک ریز ساختار مربوط به این سیستم ملاحظه می‌شود.





شکل ۶

خواصی که مشخصه های فازهای کریستالین مذکور به نمونه ها می بخشد، ضریب انبساط حرارتی بسیار پایین و در نتیجه شوک پذیری بسیار خوب و نیز امکان ساخت محصولات شفاف می باشند. شفافیت خاصه ای است که در سال های اخیر و در بحث شیشه سرامیک های اپتیکی و الکترواپتیکی بسیار مطرح می باشد. در جداول شماره ۱ و ۲ برخی خواص مربوط به این سیستم درج شده است.

جدول ۱

ترکیب (% وزنی)	۱	۲	۳	۴	ک. ۹۶.۸ کورنینگ
SiO ₂	۷۳/۵	۶۵/۵	۵۴/۵	۵۳	۶۹/۵
Al ₂ O ₃	۱۶/۲	۲۶/۰	۳۴/۵	۲۶	۱۷/۸
Li ₂ O	۴/۳	۴/۰	۵/۵	۱۴	۲/۵
MgO					۲/۸
ZnO					۱/۰
Na ₂ O					۰/۴
TiO ₂	۶/۰	۴/۵	۵/۵	۷/۰	۴/۷۵
ZrO ₂					۰/۲۵
عملیات حرارتی °C(h)	۸۰۰ (۲)	۹۰۰ (۲)	۹۰۰ (۲)	۵۷۰ (۲)	دو مرحله ای ۱۱۰۰ (۲)
α (۰-۳۰۰°C) (K ⁻¹)	-۰/۷	۵/۳	۱۲/۸	-۷/۷	۴-۲۰
فازهای بلوری اصلی	محلول جامد اسپودومن	محلول جامد اسپودومن	محلول جامد اسپودومن	محلول جامد ایوکریبتیت	محلول جامد اسپودومن

جدول ۲

ترکیب % وزنی	دارای ضریب انبساط حرارتی صفر				مقاوم در برابر حرارت		فائده قلیا		
SiO ₂	۶۸-۷۶	۶۷/۰	۶۵/۰	۶۲/۰	۶۸-۷۶	۷۴	۶۴-۷۵	۶۵/۰	۷۴/۰
Al ₂ O ₃	۱۷-۲۴	۲۱/۰	۲/۰	۲۱/۲	۱۷-۲۲	۱۹/۴	۱۶-۲۵	۲۵/۰	۱۶/۵
Li ₂ O	۲/۵-۵	۳/۹	۳/۸	۲/۸	۱/۵-۲	۲/۰	-	-	-
MgO	۰-۳	-	۱/۸	۱/۰	۲/۵-۷	۴/۵	۳-۱۰	۱۰/۰	۳/۵
ZnO	۰-۴	-	۱/۵	۶/۱	۰/۳	-	۰-۷	-	-
K ₂ O	-	-	-	۰/۴	-	-	-	-	-
Na ₂ O	-	۰/۲۵	-	-	-	-	-	-	-
CaO	-	۳/۷	-	۰/۶	-	-	-	-	-
BaO	-	-	-	۱/۶	-	-	-	-	-
TiO ₂	۱/۵-۴	۱/۷۵	۲/۰	۱/۷۵	-	-	-	-	-
ZrO ₂	۰-۳	۲/۰	۲/۰	۱/۷۵	۳-۶	۴/۰	۳-۱۰	۱۰	۴
عملیات حرارتی C°(h)	دوره های	۷۴۰ (۱) ۸۲۰ (۲-۳)			دوره های	۷۸۰ (۲) ۸۳۰ (۲) ۹۱۰ (۴)	دوره های	۸۰۰ (۴) ۹۶۰ (۴)	۷۵۰ (۲) ۸۶۰ (۲)
α (۰-۳۰۰°C) (K ⁻¹)	۰-۵	۰ (۰-۲۰۰°C)	۴/۳ (۲۰-۵۰۰°C)	۱/۷ (۲۰-۵۰۰°C)	۱۰-۲۰	۱۵/۵	۱۱-۳۰	۳۱/۰	۱۵/۰
فازهای بلورین	محلول جامد از کوارتز (فاز اصلی) محلول های جامد TiO ₂ - ZrO ₂ (فاز فرعی)				محلول جامد از کوارتز ZrO ₂ تراگونال		محلول جامد از کوارتز ZrO ₂ تراگونال		

خواص مذکور شیشه سرامیک های فوق را برای کاربردهایی نظیر ظروف و صفحات شوک پذیر، radom ها،



آینه های تلسکوپ، لنتها و موارد دیگری مناسب گردانیده است. شکل شماره ۷ برخی از این کاربردها را نشان می دهد.



شکل ۷-۲



شکل ۷-۱

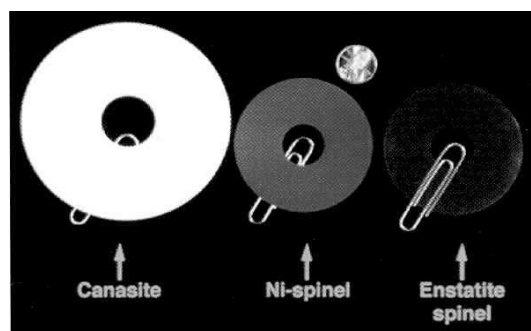
۲-۳- سیستم $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO (ZnO)}$

جوانه زاهای مؤثر در این سیستم نیز TiO_2 , ZrO_2 هستند فازهای بلورین مهمی که می توانند در این سیستم تبلور یابند محلول جامد B- کوارتز، کوردیریت، انستاتیت، گانیت، ویلمیت و اسپینل هستند. از جمله خواص مهمی که این فازها به محصول می بخشند استحکام مکانیکی و سختی بالا، دیرگدازی نسبی، ضریب انبساط حرارتی متوسط و پایین، عایق خوب الکتریسیته و هدایت حرارتی نسبتاً بالا را میتوان نام برد. در جدول ۳ برخی خواص و مشخصه های این سیستم درج گردیده است.

جدول ۳

ترکیب (% وزنی)	۱	۲	۳	۴	۵	کد کوردینگ ۹۶۰۶
SiO_2	۴۵/۵	۴۲/۸	۴۶/۷	۵۰/۲	۵۸/۱	۵۶
Al_2O_3	۳۰/۵	۳۰/۲	۲۸/۹	۲۶/۵	۱۹/۱	۲۰
MgO	۱۲/۵	۱۴/۰	۱۳/۳	۱۱/۹	۱۳/۷	۱۵
TiO_2	۱۱/۵	۱۳/۰	۱۰/۲	۱۱/۴	۹/۱	۹
Li_2O	-	-	۰/۹	-	-	-
عملیات حرارتی $^{\circ}\text{C}(\text{h})$	۱۳۴۵(۱)	۱۲۰۰(۱)	۱۳۰۰(۱۶)	۱۲۵۰(۲)	۱۳۰۰(۱۶)	-
$\alpha(20-300^{\circ}\text{C}) \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$	۱۴/۱	۱۶/۵	۱۷/۷	۲۱/۵	۶۳/۳	-
دمای تغییر شکل ($^{\circ}\text{C}$)	۱۳۷۰	-	-	۱۳۰۰	-	-
استحکام خمشی (MPa)	۲۴۱/۵	۱۵۴/۶	۱۲۸/۸	۱۹۳/۲	۲۱۵/۷	-
فازهای بلورین	کوردیریت رونایل	کوردیریت $\text{MgO} \cdot 2\text{TiO}_2$	کوردیریت $\text{MgO} \cdot 2\text{TiO}_2$	کوردیریت رونایل	کوردیریت $\text{MgO} \cdot \text{TiO}_2$	کوردیریت رونایل کریستوبالیت

شیشه سرامیک های این سیستم در کاربردهایی چون زیر پایه های صنایع الکترونیک (Substrate)، radom ها و دیسک های حافظه های مغناطیسی مطرح هستند. در شکل ۸ تصاویری مربوط به برخی محصولات ساخته شده در این سیستم ارائه شده است.



شکل ۸

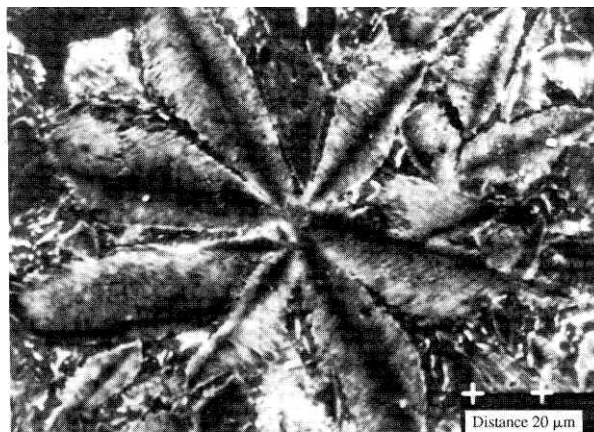
۳-۳- سیستم $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO (MgO)}$

جوانه زاهای مؤثر در این سیستم Cr_2O_3 و سولفیدهای آهن و منگنز هستند. فازهای بلورین مهمی که در این سیستم کریستالیزه می‌شوند، وولاستونیت، آنورتیت و دایوپساید هستند.

جدول ۵

ترکیب % وزنی	۱	۲	۳	۴	Slagsitall
SiO_2	۲۷/۵۶	۴۶/۸۵	۵۴/۳	۷۱/۱	۵۲-۶۲
Al_2O_3	۳۵/۱	۱۳/۲۷	۱۷/۷	۱۲/۵	۵-۱۵
CaO	۱۹/۲۸	۲۱/۸۵	۱۷/۸	۵/۳	۲۲-۳۳
TiO_2	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۱/۱	۱۱/۱	-
MgO					۱-۷
$\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}$					۳-۱۰
FeO					۰/۱۶-۱/۵
MnO					۰/۵-۱/۵
F^-					۰/۵-۲/۵
S^{2-}					۰/۱۵-۰/۵
ZnO					۰/۵-۲/۵
عملیات حرارتی $C^\circ(\text{h})$	۷۵۰(۵) ۹۵۰(۱)	۷۵۰(۵) ۹۵۰(۱)	۱۲۰۰(۱)	۱۳۰۰(۱۶)	۸۰۰-۱۰۰۰
فازهای بلورین	آنورتیت، سفن وولاستونیت	آنورتیت، سفن	آنورتیت سفن، کریستوبالیت	کریستوبالیت، آنورتیت، روتایل	شبه وولاستونیت، وولاستونیت، آنورتیت
(K ⁻¹) $\alpha \times 10^7$	۶۹ (۱۰۰-۹۰۰°C)	۷۲ (۱۰۰-۵۵۰°C)	-	-	۷۲-۹۵ (۲۰-۵۰۰°C)

مقاومت سایش، مقاومت خوردگی و استحکام بالای محصولات شیشه‌سرامیکی این سیستم را برای کاربردهای زیر مناسب قرار داده است: مصالح ساختمانی با استحکام بالا، سنگ نما پوشش‌های کف و پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی و سایش. این محصولات از سال‌ها پیش در شوروی سابق تولید می‌شد و به کار بردن آن در محیط‌های پرترددی مثل فرودگاه‌ها قابلیت‌های فوق‌الذکر را به اثبات رسانده است طوری که در شرایط کاری مذکور عمر مفیدی در حدود ۵۰ سال می‌تواند داشته باشند. نکته بسیار مهم در بحث این سیستم این است که می‌توان از ضایعات صنعتی مثل سرباره‌ها یا از مواد طبیعی مثل بازالت‌ها و کلاً موادی که در طبیعت به وفور یافت می‌شوند ولی کم‌کاربرد هستند، محصولات این سیستم را ساخت.



شکل ۹

در جدول شماره ۴ پاره‌ای از خواص این سیستم را ملاحظه می‌کنیم. جدول شماره ۵ خواص نوع خاصی از این محصولات را نشان می‌دهد که منحصراً از سرباره‌ها ساخته شده‌اند و به نام Slagsitall مشهور هستند. در شکل شماره ۹ نیز ریزساختار بسیار جالبی از این سیستم ملاحظه می‌شود.

جدول ۴

خاصیت	واحد	خاکستری	سفید
چگالی	Kgm ⁻³	۲۶۰۰-۲۷۵۰	۲۶۰۰-۲۷۰۰
نقطه نرم شدن	°C	۹۵۰-۱۰۰۰	۹۰۰
استحکام خمشی	MP _a	۷۸/۵-۱۱۷/۵	۶۳/۸-۹۸/۱
استحکام فشاری	MP _a	۴۹۰-۵۸۸	۴۴۲-۵۳۹
استحکام کششی	MP _a	۲۴/۵-۳۴/۵	-
استحکام در برابر ضربه	KJm ⁻²	۲/۷۵-۳/۹۲	۲/۹۴-۳/۴۳
مدول یانگ	MP _a × ۱۰ ^{-۴}	۸/۸۴-۱۰/۸	۷/۴۵-۸/۸۴
ثابت پواسون	-	۰/۲۱-۰/۲۸	۰/۲۱-۰/۲۶
میکرو سختی	MP _a	۶۳۸۰-۷۳۶۰	۵۸۸۰-۷۸۵۰
کاهش وزن در آزمایش سایش	gcm ⁻²	۰/۰۱۵-۰/۰۵	۰/۰۳-۰/۰۶

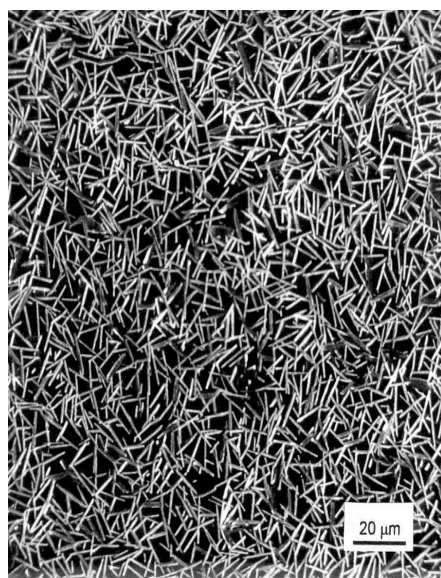
۳-۴-سیستم SiO₂- Al₂O₃- MgO- CaO- R₂O-F

این دسته شیشه سرامیک های میکایی قابل تراشکاری هستند و جالب این که با ابزار تراش معمولی بر روی این محصولات کار می شود.

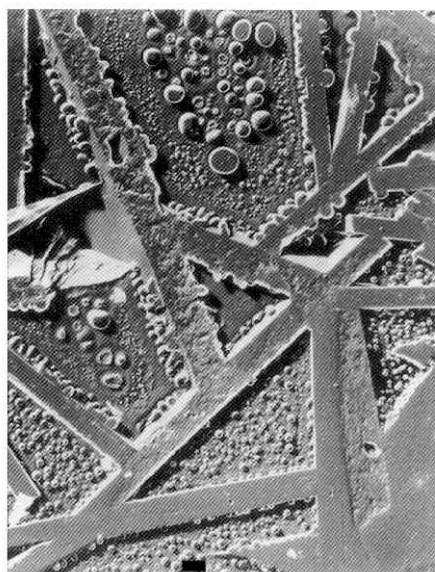
فازهای بلورین مهمی که در این سیستم کریستالیزه می شوند میکای فلوگوپیت و سایر فازهای میکایی هستند. از جمله خواص مهم این دسته می توان قابلیت تراشکاری، استحکام دی الکتریک بسیار بالا (عایق خوب الکتریسته) و نفوذ پذیری بسیار کم برای گازها را نام برد.

این خواص محصولات مذکور را برای کاربردهای زیر مناسب گردانیده است:

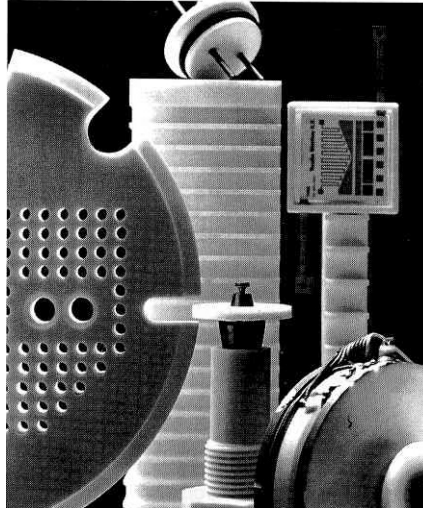
انواع عایق ها و مقره ها، صنایع هوا فضا، قطعات مختلف سیستم های خلاء، صنایع جوشکاری، صنایع هسته ای (مقاومت در برابر تشعشع)، صنایع پزشکی و دندانپزشکی. در شکل شماره ۱۰ دو ریز ساختار مربوط به این سیستم آورده شده است که حضور ورقه های میکا در آن مشهود است. یکی از عوامل افزایش چقرمگی (toughness) در این سیستم همین ورقه های میکا هستند. در شکل شماره ۱۱ برخی کاربردهای مربوط به شیشه سرامیک های این سیستم نمایش داده شده است.



شکل ۱۰-۲



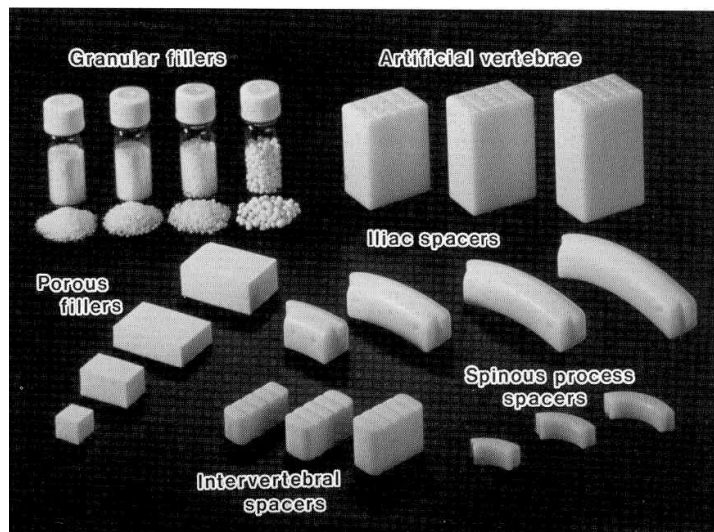
شکل ۱۰-۱



شکل ۱۱

۳-۵- سیستم $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO-P}_2\text{O}_5$

این دسته عموماً سرامیک های AW خوانده می شوند و دارای کاربردهای پزشکی به عنوان مواد بایوکتیو هستند. فازهای بلورین مهم در این سیستم آپاتیت و وولاستونیت هستند. از جمله خواص قابل ذکر در این سیستم استحکام و چقرمگی بالا، بایوکتیو بودن و امکان اتصال یافتن با بافت های طبیعی بدن را می توان نام برد. این خواص کاشت های استخوانی در قسمت های مختلف بدن از جمله مهره های ستون فقرات را به کمک این شیشه سرامیک ها ممکن می سازد. در شکل شماره ۱۲ برخی محصولات ساخته شده در این سیستم ملاحظه می شوند.



شکل ۱۲

امروزه تمام سیستم های شیشه سرامیکی که تا این جا معرفی کردیم به صورت تجاری تولید می شوند و مورد مصرف قرار می گیرند. اما در این قسمت به دو سیستم شیشه سرامیکی مهم دیگر که در حال حاضر بیشتر مراحل تحقیقاتی را پشت سر می گذارند اشاره خواهیم کرد.

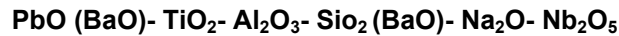
۴- سیستم های شیشه سرامیکی برای کاربردهای نوین و آینده

۴-۱- شیشه سرامیک های مغناطیسی سیستم $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-BaO}$

فازهای کریستالین مهم: باریوم هگزا فرایت، فریت های گارنتی و اسپینلی کاربردهای مدنظر: کاربردهای

بسیار متنوع مغناطیسی به صورت پودر یا قطعات یک پارچه در صنایع الکتریکی و الکترونیکی و پزشکی.

۴-۲- شیشه سرامیک‌های نوع Perovskite در سیستم



فازهای کریستالین مهم: تیتانات باریوم یا سرب، نایوبات سدیم.

خواص قابل توجه: ثابت دی الکتریک بسیار بالا و بعضاً همراه با شفافیت.

کاربردهای مهم مدنظر: کاربردهای خازنی به عنوان دی الکتریک به صورت لایه نازک یا لایه ضخیم، کاربردهای اپتوالکترونیکی.

۵- سایر کاربردهای مهم آینده برای شیشه سرامیک ها

۵-۱- شیشه سرامیک های متخلخل

کاربرد: الک های مولکولی، فیلترها و پایه کاتالیست ها، کاربردهای متنوع پزشکی

۵-۲- حسگرهای شیشه سرامیکی

کاربردها: اندازه گیری رطوبت، غلظت سنجی بعضی گازها، حسگرهای پیزوالکتریک

شیشه سرامیک ها جهت دفن زباله های هسته ای

شیشه سرامیک های نانو ساختار با کاربردهای نظیر: شیشه سرامیک های شفاف با کاربردهای اپتیکی و اپتوالکتریکی و شیشه سرامیک های پزشکی.

در شکل ۱۰ یک شیشه سرامیک متخلخل را ملاحظه می کنیم.

۶- نتیجه گیری نهایی

- با بررسی تعدادی از تیتراهای پروژه های تحقیقاتی حوزه های زیر به ترتیب دارای اهمیت بیشتری تشخیص داده شدند که به نظر می رسد در آینده از نظر تولیدی و صنعتی نیز اهمیت روزافزونی را کسب کنند.
- شیشه سرامیک های مغناطیسی
- شیشه سرامیک های متخلخل با کاربردهای پزشکی و غیر پزشکی
- شیشه سرامیک های شفاف
- شیشه سرامیک های فروالکتریک
- شیشه سرامیک های قابل تراشکاری

جناب آقای دکتر مارقوسیان

انتخاب شایسته جنابعالی را به عنوان استاد نمونه دانشگاه علم و صنعت ایران تبریک عرض می نمایم. آرزومندیم در همه مراحل زندگی موفق و سربلند باشید.

انجمن سرامیک ایران

نگرشی بر وضعیت آموزش مهندسی سرامیک در ایران

حسین سرپولکی - زهرا صالحپور
hsarpoolaky@iust.ac.ir

گروه سرامیک- دانشکده مهندسی مواد و متالورژی- دانشگاه علم و صنعت ایران

با گذشت بیش از بیست و دو سال از تاسیس رشته مهندسی سرامیک، مروری بر وضعیت آموزش در این رشته و همچنین پیشرفت های کمی-کیفی ایجاد شده طی این سالها ضروری بنظر میرسد. در مقاله حاضر با توجه به اطلاعات دریافتی از مراکز و موسسات آموزش عالی که آموزش رشته سرامیک را در مقاطع کاردانی، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری بعهده دارند با نگاهی آماری، به بررسی پیشرفت آموزش سرامیک و چالش های موجود در این راه پرداخته و چشم اندازی از دیروز، امروز و آینده آموزش سرامیک برای خوانندگان محترم ارائه مینماید.

پیشگام آموزش مهندسی سرامیک در ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران می باشد که در نیمه دوم سال ۱۳۶۱ پس از انقلاب فرهنگی و همزمان با بازگشایی دانشگاه ها و به دنبال تفکیک رشته مهندسی مواد به پنج گرایش: آهن و فولاد، فلزات غیر آهنی، ریخته گری، شکل دادن فلزات و سرامیک اقدام به پذیرش دانشجو در این رشته نمود. با توجه به دستورالعمل صادره در خصوص تعیین گرایش مورد علاقه دانشجویان شاغل به تحصیل و پس از اینکه تعدادی از دانشجویان پیشین و پذیرفته شدگان سالهای قبل در رشته مهندسی مواد (متالورژی) از دانشگاه های سراسر کشور، علاقمندی خود را در ادامه تحصیل در گرایش سرامیک اعلام نمودند، اولین دوره آموزش مهندسی سرامیک با حضور دانشجویانی از دانشگاههای مختلف در دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه علم و صنعت ایران تاسیس شد. اولین دوره پذیرش دانشجو که دومین سری پذیرفته شدگان این رشته میباشند از طریق کنکور سراسری در سال ۱۳۶۲ و با ظرفیت ۳۵ نفر انجام پذیرفت.

دانشگاههای آزاد میبد، تبریز و قزوین بترتیب در سالهای بعد رشته سرامیک را در مقطع کارشناسی راه اندازی نمودند. جدول ۱ اطلاعات مربوط به تاسیس این رشته را ارائه نموده است.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به تاسیس رشته کارشناسی سرامیک در دانشگاههای کشور

نام دانشگاه	علم و صنعت	آزاد میبد	قزوین	تبریز	آزاد مجلسی	آزاد ساوه	آزاد شهرضا	آزاد علوم تحقیقات
سال تاسیس	۱۳۶۲	۱۳۶۹	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰
سال اول پذیرش	۳۵	؟	۲۵	۳۲	۵۰	۷۵	۷۵	۱۵۰
پذیرش ۸۳	۲۳	۱۶۲	۳۰	۳۲	۴۶	۵۹	۵۸	۱۵۰

با توجه به برنامه توسعه تحصیلات تکمیلی، اولین دوره کارشناسی ارشد سرامیک با پذیرش پنج دانشجو در سال ۱۳۶۵ در دانشگاه علم و صنعت آغاز بکار نمود. تلاش و کوشش مستمر پژوهشگاه مواد و انرژی در انجام موفقیت آمیز پروژه های پژوهشی سرامیک و همکاری نزدیک با دانشگاه علم و صنعت همراه با جذب فارغ التحصیلان این رشته سرامیک منجر به برنامه ریزی جهت تربیت دانشجو در مقطع کارشناسی ارشد



سرامیک و پذیرش دانشجو در سال ۱۳۷۲ در این پژوهشگاه گردید. سپس دانشگاههای تربیت مدرس، شریف و واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد نیز در سالهای بعد کارشناسی ارشد سرامیک را دایر نمودند (جدول ۲)

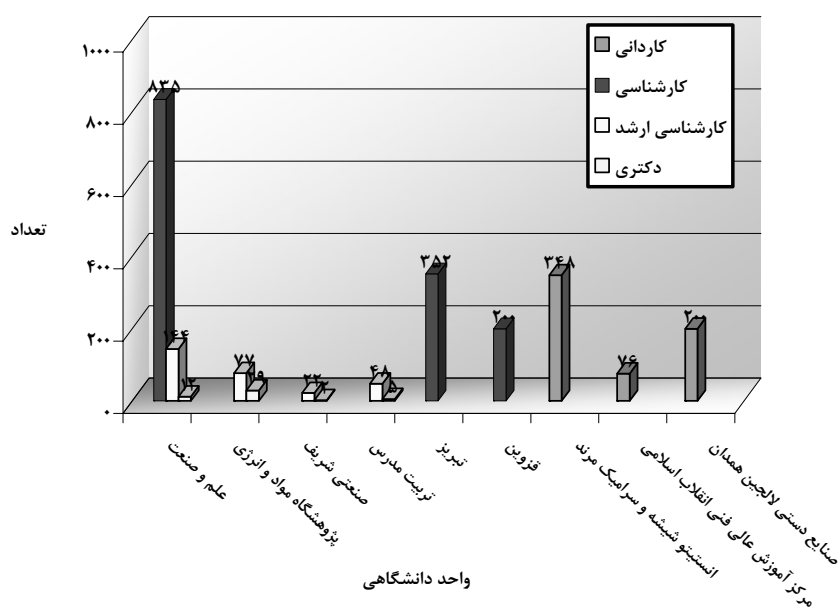
جدول ۲- تاسیس کارشناسی ارشد سرامیک در دانشگاههای کشور

دانشگاه	علم و صنعت	پژوهشگاه مواد و انرژی	تربیت مدرس	شریف	آزاد علوم تحقیقات
سال تاسیس	۱۳۶۵	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۸۰	۱۳۷۳
پذیرش سال اول	۵	۵	۵	۵	۴
پذیرش ۸۳	۱۹	۱۵	۸	۵	۱۰

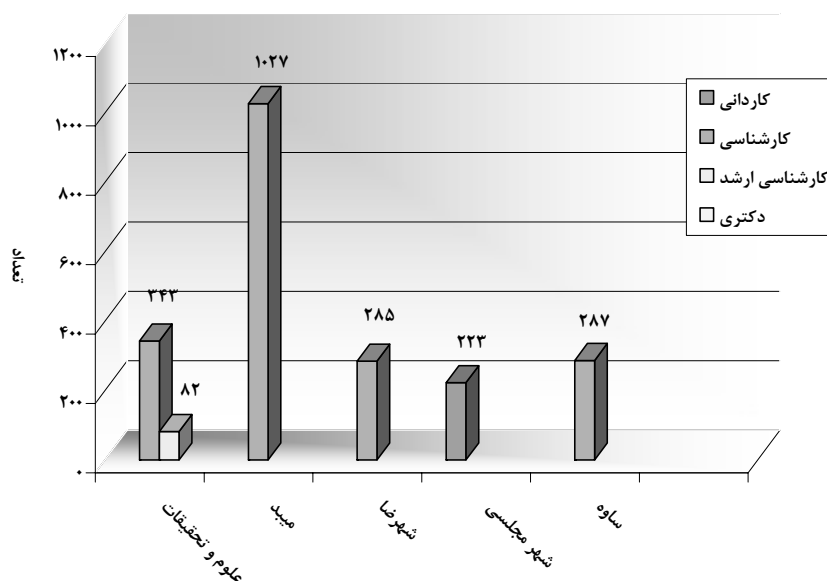
برنامه‌های آموزش تحصیلات تکمیلی در ایران با تاکید بر تاسیس مقاطع دکترای تخصصی بمنظور کاهش نیاز به اعزام دانشجو به خارج به تصویب رسید. در همین راستا برنامه‌ریزی دکترای مواد مهندسی در همه گرایش‌ها از جمله سرامیک در سال ۱۳۷۰ در دانشگاه علم و صنعت ایران انجام گرفت. پس از آن در پژوهشگاه مواد و انرژی نیز دکترای مهندسی مواد گرایش سرامیک آغاز بکار نمود. سپس دانشگاههای تربیت مدرس، علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد و دانشگاه شریف نیز سالهای بعد مبادرت به پذیرش دانشجوی دکترا در این رشته نمودند.

در آیین نامه مصوب آموزش عالی رشته‌ای تحت عنوان "دکترای سرامیک" تعریف نشده است و در صورتی که پروژه دکترای دانشجویی در مورد سرامیک باشد، نهایتاً تحت عنوان "مهندسی مواد (سرامیک)" می باشد. شایان ذکر است که تعداد ورودی گرایش سرامیک در مقطع دکترا بسته به تعداد دانشجویانی که که نمره قبولی را در آزمون ورودی مقطع دکتری کسب می کنند همچنین تعداد دانشجویان علاقمندی که پروژه تحصیلی خود را در زمینه سرامیک انتخاب مینمایند متفاوت می باشد.

آمار دانشجویان ورودی دانشگاههای دولتی



نمودار ۱- تعداد کل دانشجویان ورودی کارشناسی سرامیک به دانشگاههای دولتی



نمودار ۲- تعداد کل دانشجویان ورودی کارشناسی سرامیک به دانشگاه آزاد

توسعه کمی آموزش سرامیک در دو دهه اخیر منجر به افزایش تعداد فارغ التحصیلان کارشناسی گردیده است که در این میان بخشی از این کارشناسان در دوره های تحصیلات تکمیلی مشغول به تحصیل شده و قسمتی نیز جذب بازار کار شده اند که از این میان همانند سایر رشته ها تعدادی از فارغ التحصیلان در کارهای غیر تخصصی مشغول بکار گردیده اند.

نمودارهای ۱ و ۲ تعداد دانشجویان ورودی رشته سرامیک به دانشگاه های دولتی و آزاد در مقاطع تحصیلی مختلف را نشان میدهد. تعداد پذیرفته شدگان دانشگاه های دولتی در بخش کارشناسی حدود ۱۵۰۰ دانشجوی می باشد که قابل مقایسه با پذیرفته شدگان کارشناسی سرامیک در دانشگاه های آزاد بایش از ۲۰۰۰ نفر می باشد. با توجه به این که هنوز هیچ دانشجویی از واحدهای شهرضا، علوم و تحقیقات، ساوه و ساوه دانش اموخته نشده اند این تعداد فارغ التحصیل تنها متعلق به واحد میبد دانشگاه آزاد تعلق دارد. هم اکنون واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد و دانشگاه آزاد میبد هر کدام با ظرفیت پذیرش سالانه حدود ۱۵۰ دانشجوی کارشناسی سرامیک نقش بسیار موثری در افزایش سریع و کمی کارشناسان سرامیک در آینده خواهند داشت. این درحالیست که برخی دانشگاه های دولتی با درک مشکلات توسعه کمی آموزش در سالهای اخیر اقدام به تثبیت و حتی کاهش پذیرش در مقطع کارشناسی را در برنامه خود قرار داده اند بگونه ای که دانشگاه علم و صنعت ایران در سال تحصیلی ۸۳-۸۴ با کاهش تقریبی چهل درصدی ورودی کارشناسی سرامیک این تعداد را از ۳۵ به ۲۲ نفر تقلیل داده است.

همانطور که گفته شد بر اساس تصمیم دولت مبنی بر تصحیح هرم آموزشی، کاهش ظرفیت پذیرش دانشجوی در مقطع کارشناسی و افزایش ظرفیت در مقطع کارشناسی ارشد در نظر گرفته شده است. اکنون در دانشگاه علم و صنعت ایران مجموع دانشجویان نوبت اول و دوم کارشناسی ارشد (۴۰٪ اضافه ظرفیت با عنوان نوبت دوم یا دوره شبانه برای کارشناسی ارشد در نظر گرفته می شود) در تمامی گرایش ها از مجموع دانشجویان سه گرایش مقطع کارشناسی مواد و متالورژی بیشتر است.

گرچه در آمارهای ارائه شده اصلاح هرم آموزشی به سمت مقاطع بالاتر (کارشناسی ارشد و دکتری) در دانشگاه های دولتی نشانه هایی از کنترل نسبی رشد تعداد دانش آموزان سرامیک طی سالهای آینده می باشد اما بی توجهی به آموزش در مقطع کاردانی منجر به کاهش تعداد تکنیسین های آموزش دیده و به تبع آن در آینده باعث بروز مشکلاتی در بخش صنعت خواهد گردید. شاید این مساله ناشی از دیدگاهی باشد که در آن

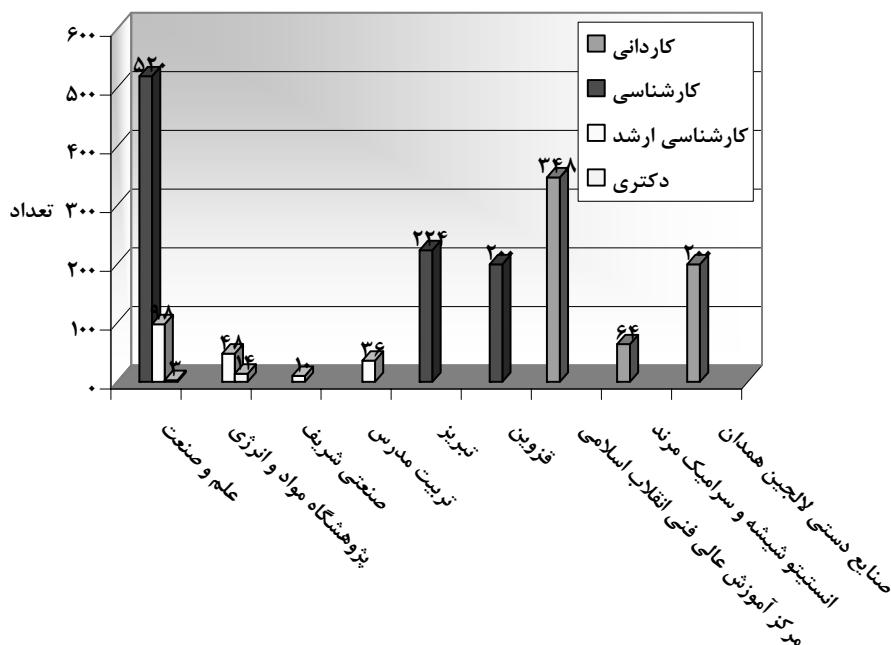
با پرورش مهندسين سراميك ، افزون بر حد نياز ، برخى از مهندسين ملزم به انجام وظايف يك تكنيسين در واحد صنعتى مى گردند .

از سويى ديگر امكان تربيت تكنيسين سراميك در بسيارى از شهرهاى کشور وجود دارد ، بگونه اى که نيروهاى بومى پس از طى دوره آموزشى در واحد توليدى نزديک محل سکونت خود مشغول به کار مى شوند . اين مساله در هنرستان هاى "جوار" (مانند هنرستان هاى مجاور کارخانه پارس سرام، مقره‌سازى و...) مشاهده مى شود و دست کم نيمى از نيروهاى آموزش ديده در همان واحد صنعتى مشغول به کار مى شوند . متاسفانه عدم توجه کافى به اين بخش از آموزش عالى سبب تضعيف اين فرايند ثمر بخش در صنعت سراميك ايران شده است.

در سالهاى اخير آموزش و پرورش نقش بسيار برجسته‌اى در تربيت تکنسین‌هاى فنى سراميك در مجتمع فنى انقلاب اسلامى لويزان داشته‌است. کسب مجوز تبديل اين واحد آموزشى به دانشگاه شهيد رجائى مشروط به تاسيس و توسعه آموزش در مقاطع متنوع تحصيلى کارشناسى بوده‌است که متاسفانه منجر به توقف يکى از موفق‌ترين برنامه‌هاى آموزشى فنى يعنى تربيت ديبر و تکنسین‌هاى فنى رشته سراميك به‌مراه ديگر رشته‌هاى فنى گرديده است.

توسعه کمى در مقطع کارشناسى سراميك بصورت فزاينده اى انجام شده است و به ويژه با حضور دانشگاه آزاد اسلامى نه تنها از بعد کمى هيچ کمبودى احساس نمى شود، بلکه اين افزايش کميت خطر کاهش کيفيت را به ويژه در واحد هاى تازه تاسيس گوشزد مى نمايد. همانگونه که بيان شد رشد کمى براى رفع نياز و حتى بيشتر از آن صورت گرفته است واکنون در مرحله‌اى قرار داريم که بايد به دنبال افزايش کيفيت و حفظ آن بود .

آمار فارغ‌التحصيلان دانشگاههاى دولتى



نمودار ۳- تعداد دانش‌آموختگان مقاطع مختلف سرامیک دانشگاه‌هاى دولتى

نمودارهاى ۳ و ۴ نشان ميدهند که توجه به افزايش کمى فارغ‌التحصيلان رشته سراميك بخصوص در دانشگاه آزاد، نگرانی‌ها را در مورد کاهش کيفيت فزونی مى بخشد . سياست‌هاى کلان آموزشى در دانشگاه هاى دولتى ميبايستى به دنبال کاهش ظرفيت در مقطع کارشناسى و توجه به تحصيلات تکميلی متمرکز

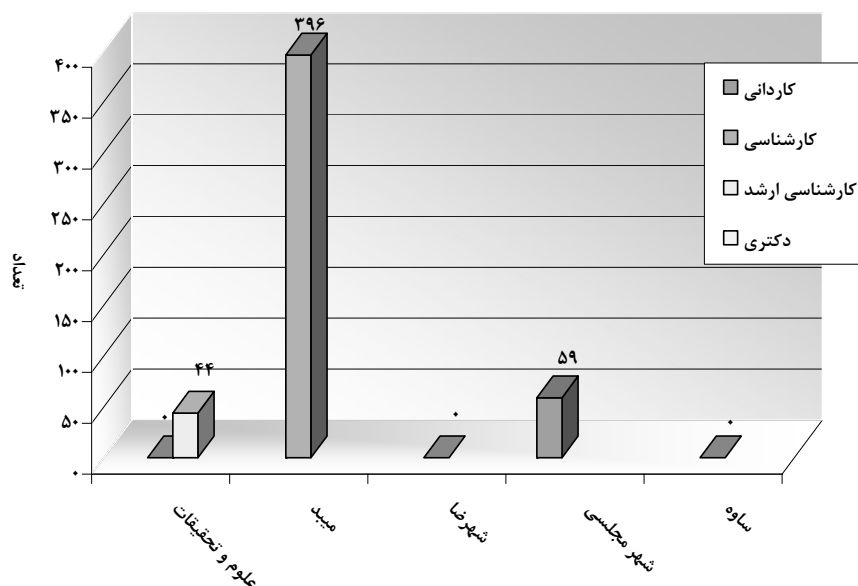


گردد. این در حالی است که برخی از فارغ التحصیلان دانشگاه های دولتی نیز در واحدهای دانشگاه آزاد به دنبال افزایش ظرفیت برای توسعه پایگاه شغلی خویش هستند. شاید این مشکل خود نیز به نوعی مرتبط با عدم جذب نیروهای دانش آموخته در واحدهای تولیدی باشد.

بنظر میرسد راهکار مقابله با این مشکلات با افزایش آموزش های کارآفرینی به دانشجویان، منجر به بازده بیشتر و مفیدتری از توان علمی و عملی آنها خواهد گردید به طوری که برخی از دانشجویان بتوانند با ایجاد یک واحد تولیدی کوچک و یا تاسیس یک سازمان خدماتی سرامیک را به عنوان یکی از گزینه های اشتغال خود مدنظر خود داشته باشد.

دانش آموختگان سرامیک میبایستی از هم اکنون خود را برای مقابله با مشکلات کاریابی در آینده آماده کنند. به بیان ساده، استفاده از عنصر نبوغ می تواند راهگشای آینده شغلی و زندگی یک دانش آموخته سرامیک برای ارضای شغلی و احساس لذت از یک کار مفید در کنار تامین اقتصادی معیشت وی باشد. از این رو ذهن خلاق دانشجویان و دانش آموختگان می بایست دائماً فعال بوده و در خصوص قابلیت های موجود در صنعت سرامیک و خدمات جانبی آن بدنبال نوآوری و کارآفرینی های جدید باشند و بعنوان یک گزینه طرح خوداشتغالی در رشته سرامیک و خدمات جنبی آنرا مد نظر داشته باشند و هرگز نباید صرفاً به کارهای مفید دیگران اکتفا نمود.

آمار فارغ التحصیلان سرامیک دانشگاه آزاد اسلامی



نمودار ۶- تعداد دانش آموختگان مقاطع مختلف سرامیک دانشگاه آزاد

در پایان با طرح دو سوال مهم از خوانندگان گرامی تقاضای تامل بیشتر در این زمینه را دارم : آیا سیاست گذاری مشخص و تدوین شدهای برای توسعه کمی آموزش سرامیک (به طور کلی آموزش) در نظام آموزشی وجود دارد ؟

آیا نگرانی نسبت به توسعه بی رویه و افزایش تعریف نشده دانش آموختگان سرامیک بی مورد است ؟

مراجع و منابع:

1. Sarpoolaky, "Refractories Education and Research Potential in Iran", Proceedings of Tehran International Conference on Refractories, 4-6 May 2004, Iran
۲. اطلاعات آماری ارسالی از دانشگاهها، مراکز آموزش عالی و پژوهشگاهها
۳. مذاکرات شفاهی با مدیران گروه سرامیک مراکز آموزشی و پژوهشی

ساخت سیمان استخوان آپاتیتی و بررسی خواص کاربردی آن

مهران صولتی هاشجین ، رقیه نعمتی
m-solati@merc.ac.ir, n-nemati@merc.ac.ir

پژوهشکده سرامیک، پژوهشگاه مواد و انرژی

چکیده: استخوان انسان، کامپوزیتی متشکل از یک فاز پیوسته از جنس کلاژن است که بلورهای ریز کلسیم فسفاتی (عمدتاً هیدروکسی آپاتیت) در آن توزیع شده‌اند. از این رو، سیمان‌های کلسیم فسفاتی که خانواده بسیار بزرگی از ترکیبات را در بر می‌گیرند، می‌توانند به عنوان جایگزین و یا پرکننده عیوب استخوانی مورد استفاده قرار گیرند.

در پژوهش حاضر، نوعی سیمان کلسیم فسفاتی تهیه و ویژگی‌های آن ارزیابی شد. بخش جامد این سیمان شامل $CaCO_3$, $CaHPO_4$, TCP و HA و بخش مایع آن، محلول Na_2HPO_4 با غلظت معین است. این دو بخش برای به دست آوردن خمیری یکنواخت با نسبت مایع به پودر مشخص (L/P)، با هم ترکیب شدند.

استحکام فشاری سیمان پس از نگهداری در محلول فیزیولوژیک و در دمای $37^\circ C$ اندازه‌گیری شد. میزان تزریق پذیری نیز مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تعیین فازهای نهایی تشکیل شده، آنالیزهای FTIR و XRD بر روی پودرهای سیمان، بعد از قراردادن آنها در محلول فیزیولوژیک در مدت زمان‌های مختلف، انجام شد.

افزایش غلظت Na_2HPO_4 در فاز مایع این سیمان، افزایش استحکام آن را به دنبال داشت. افزایش مدت زمان ماندگاری در محلول فیزیولوژیک، استحکام این نوع سیمان را افزایش داد. افزایش نسبت مایع به پودر در سیمان، باعث تزریق پذیری بهتر این سیمان شد. آزمایش‌های FTIR و XRD، بعد از قرار دادن سیمان آماده شده در محلول فیزیولوژیک، حضور فاز HA را به عنوان فاز نهایی (فاز غالب) تأیید کردند. هر چه مدت زمان نگهداری در محلول فیزیولوژیک افزایش یافت، بر مقدار هیدروکسی آپاتیت افزوده شد.

۱- مقدمه

سیمان استخوان، یکی از جدیدترین موادی است که در سه دهه اخیر در مهندسی پزشکی مورد توجه خاصی قرار گرفته است.

سیمان‌های استخوان به عنوان تثبیت کننده پروتزها و مواد کاشتنی یا به عنوان پرکننده در جراحی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱].

سیمان‌های استخوان عموماً بر دو پایه پلی‌مری و سرامیکی هستند که از معروفترین نوع پلی‌مری آن می‌توان به PMMA (پلی متیل متا اکریلات) اشاره کرد که برای تثبیت مفصل لگن خاصره بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. با وجود تعداد زیاد جراحی‌های لگن و زانو که در حال حاضر، در دنیا سالانه در حدود ۷۰۰/۰۰۰ می‌باشد، تا چندی قبل PMMA، بهترین سیمان استخوان به شمار می‌آمد [۱]. اما از نکات منفی این سیمان می‌توان به ایجاد حرارتی در حدود ۹۰ درجه سانتی‌گراد، در حین گیرش اشاره کرد که می‌تواند موجب آسیب برای بافت زنده باشد.

در دو دهه اخیر، سیمان‌های سرامیکی با خواص جالب بیولوژیکی خود به طور روزافزونی جایگزین سیمان‌های پلیمری، به ویژه در کاربردهایی نظیر تثبیت ایمپلنت‌ها و پروتزها، پرکردن حفرات استخوانی و ترمیم بافت استخوانی شده‌اند. سیمان استخوان سرامیکی، پودر یا مخلوط پودری است که با آب و یا محلول آبی در دمای اتاق یا بدن مخلوط و به منظور پرکردن حفرات استخوان یا تثبیت ماده کاشتنی در بدن به کار

برده می‌شوند. بر اثر واکنش انجام شده، بلورهای کلسیم فسفات در فصل مشترک سیمان و استخوان طبیعی رسوب و رشد می‌کنند [۲].

دسته‌ای از این سیمان‌ها شامل ترکیبات کلسیم فسفاتی می‌باشند که از خواص زیست‌سازگاری بسیار خوبی برخوردارند. علت آن، وجود عناصری همچون کلسیم، فسفر، سدیم و پتاسیم در ترکیب آنها می‌باشد. از آنجا که این عناصر به وفور در محیط فیزیولوژیک بدن وجود دارند، این سیمان‌ها از سازگاری مناسبی با بدن برخوردار می‌باشند [۱].

سیمان‌های استخوان از دو بخش پودری و مایع تشکیل شده‌اند. قسمت پودری، معمولاً شامل ترکیباتی نظیر تترا کلسیم فسفات (TTCP)، تری کلسیم فسفات (TCP)، دی کلسیم فسفات دی هیدرات (DCPD)، دی کلسیم فسفات بی آب (DCPA) و $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ می‌باشد. فاز مایع، اغلب شامل محلول‌های آبی نظیر NaOH ، Na_2HPO_4 یا $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ است. برای تهیه سیمان، این دو بخش با هم مخلوط می‌شوند تا خمیری یکنواخت به دست آید [۳].

اولین سیمان سرامیکی از نوع آپاتیتی بود که از اختلاط تتراکلسیم فسفات و فسفات دی کلسیم تهیه شد و اثرات سمیت و موتاسیون زایی در آن دیده نشد [۴].

واکنش سیمان با سلول‌های داخل و سطح استخوان، بسیار جالب است. استئوبلاست‌ها در کشت سلولی، سیمان استخوان از نوع آپاتیتی را جذب کرده، سپس رشد می‌کنند و آنگاه سطوح سیمان استخوان را پوشانده و کلاژن را دفع می‌کنند. از این رو، انتظار می‌رود که سیمان‌های آپاتیتی که به منظور بازسازی بافت سخت آسیب‌دیده استفاده می‌شوند، در داخل استخوان جذب گردند [۴].

سیمان‌های کلسیم فسفاتی، اغلب برای ثابت کردن ابزار جراحی در مورد کاربردهای پزشکی نظیر ارتوپدی و دندان‌پزشکی، به کار برده می‌شوند. بعضی از کاربردهای جدید این مواد، شامل سیستم‌های انتقال و رهایش دارو، مهندسی بافت و پرکننده‌های استخوان به منظور استخوان سازی می‌باشند [۵ و ۶].

یکی از راه‌های دسته‌بندی سیمان‌های کلسیم فسفاتی براساس نوع کلسیم فسفات تشکیل شده در حین گیرش سیمان می‌باشد. از این رو می‌توان این سیمان‌ها را به چهار گروه دسته بندی کرد [۷ و ۸]:

۱. برایشیت، دی کلسیم فسفات دی هیدرات (DCPD).
۲. هیدروکسی آپاتیت $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (HA).
۳. هیدروکسی آپاتیت فقیر از کلسیم $\text{Ca}_9(\text{HPO}_4)(\text{PO}_4)_5(\text{OH})$ (CDHA).
۴. فسفات کلسیم آمورف ACP که نسبت استوکیومتری ثابتی ندارد.

۲- فعالیت‌های تجربی

بخش پودری این سیمان شامل، ۶۱٪ بتا تری کلسیم فسفات، ۲۶٪ دی کلسیم هیدروژن فسفات (مونتیت) (Merck No.2144)، ۱۰٪ کربنات کلسیم (Merck No.2069)، و ۳٪ هیدروکسی آپاتیت (Merck No.2196) بود.

نسبت Ca/P مخلوط پودری برابر با ۱/۵ در نظر گرفته شد. این مواد برای اختلاط بهتر و یکنواخت‌تر، به مدت ۳ ساعت در آسیاب ماهواره‌ای با سرعت ۶۰ دور در دقیقه، مخلوط گردیدند. ماده اصلی سیمان، بتا تری کلسیم فسفات می‌باشد که از مخلوط کردن کربنات کلسیم و مونتیت با نسبت مولی ۱ به ۲ و حرارت‌دهی در دمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت به دست آمد.

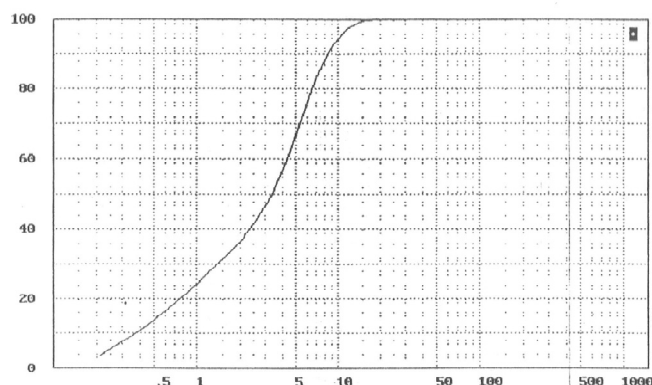
قسمت مایع سیمان که برای تشکیل یک خمیر مناسب با قسمت پودری سیمان مخلوط می‌گردد، از حل کردن پودر Na_2HPO_4 در آب مقطر به دست آمد. محلول‌هایی با غلظت‌های متفاوت از ۱٪ تا ۸٪ آماده گردید.

سیمان‌های مختلفی با نسبت‌های L/P (نسبت مایع به پودر cc/g) مختلف ۰/۲۳، ۰/۲۵، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۴۵ و ۰/۵ ساخته شد.

خواص فیزیکی پودرها نظیر سطح ویژه، با روش BET از طریق جذب گاز نیتروژن و با استفاده از دستگاه Micromeritic Gemini و توزیع اندازه ذرات با دستگاه PSA, fritsch, Analysete 22 اندازه‌گیری شد. نسبت Ca/P با استفاده از روش پلاسمای جفت شده القایی (ICP)، تعیین گردید. آنالیز فازی مواد اولیه و سیمان تهیه شده پس از گیرش، توسط پراش پرتو ایکس (XRD) و طیف سنجی فرسرخ (FTIR) مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری تزریق پذیری سیمان‌ها از سرنگ‌های تجاری استفاده شد. برای این منظور پس از مخلوط شدن کامل قسمت پودر و مایع، سیمان داخل سرنگ شد و پس از گذشت ۳ دقیقه با نیروی دست (به حالت تزریق) به بیرون رانده شد. بررسی‌های میکروسکوپی ریزساختار بر روی نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل Stereo scan 360-Leica Cambridge انجام گرفت. میزان استحکام فشاری با استفاده از دستگاه Instron Universal Testing Machine مدل ۱۱۹۶، بر روی نمونه‌هایی به قطر ۱۳ و ارتفاع ۲۶ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

۳- نتایج و بحث

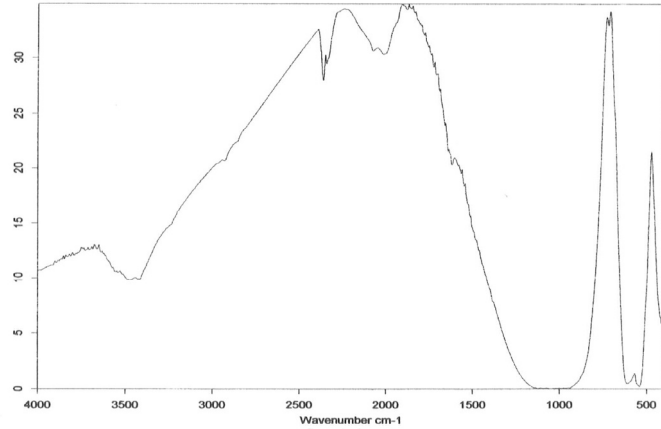
توزیع اندازه ذرات بخش پودری سیمان، تصویر میکروسکوپ الکترونی و طیف فرو سرخ آن، پس از آن‌که به طور کامل در آسیاب ماهواره‌ای مخلوط شد، به ترتیب در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده‌است.



شکل ۱- توزیع اندازه ذرات بخش پودری سیمان قبل از مخلوط شدن با فاز مایع



شکل ۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی بخش پودری سیمان قبل از مخلوط شدن با فاز مایع



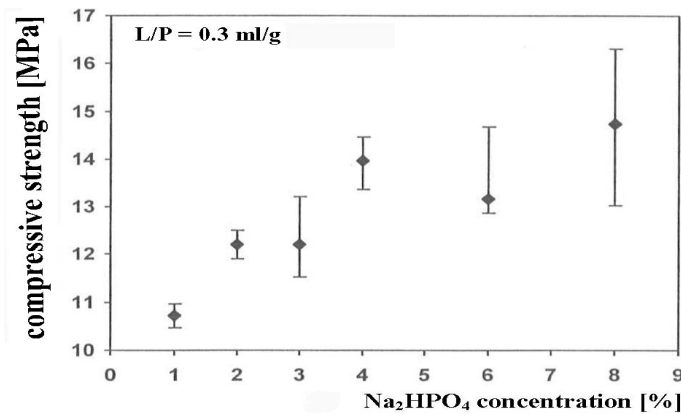
شکل ۳- طیف فرسرخ بخش پودری سیمان قبل از مخلوط شدن با فاز مایع

جدول ۱، pH فاز مایع سیمان با غلظت‌های مختلف Na_2HPO_4 را نشان می‌دهد. افزایش غلظت Na_2HPO_4 بر روی خواص کاربردی سیمان از جمله استحکام فشاری اثر می‌گذارد

جدول ۱- pH فاز مایع سیمان

pH	غلظت Na_2HPO_4 (%)
۸	۱
۸/۳	۳
۸/۹	۴
۹/۳	۶
۱۰	۸

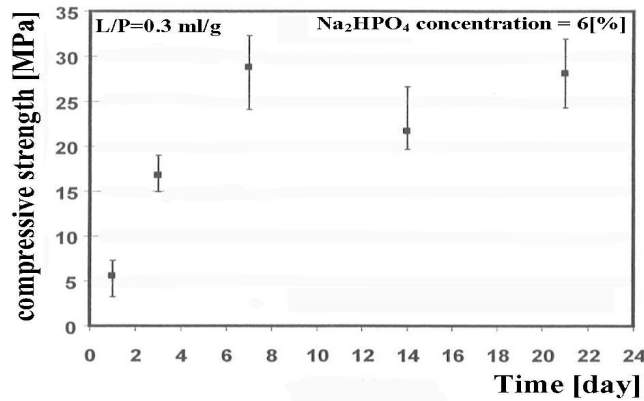
شکل ۴ تأثیر غلظت فاز مایع بر استحکام فشاری سیمان را نشان می‌دهد. این سیمان‌ها با ۰/۳ L/P = ، به مدت ۷۲ ساعت در محلول رینگر و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش غلظت، افزایش استحکام فشاری را به دنبال دارد.



شکل ۴- اثر غلظت فاز مایع بر استحکام فشاری سیمان

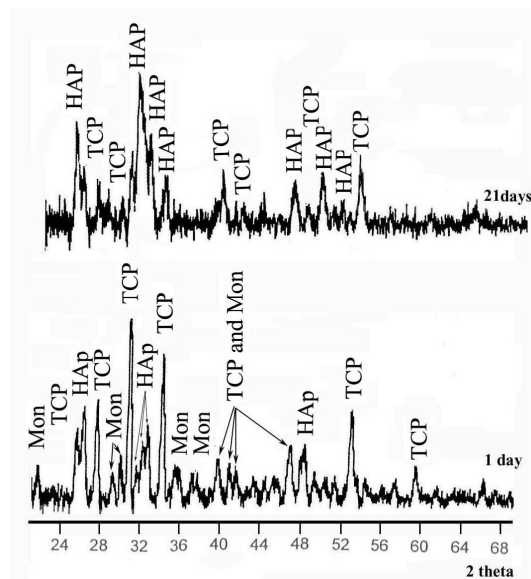
ترکیبات کلسیم فسفاتی، عمدتاً بسته به میزان اسیدی یا بازی بودنشان، در ساختار خود دارای مقادیر مختلفی از یون‌های فسفات اسیدی یا بازی هستند و در صورت افزایش یا کاهش یون‌های OH^- و H^+ و یا به عبارت دیگر تغییر pH ، میزان تشکیل یا تجزیه نوعی خاص از کلسیم فسفات‌ها افزایش یا کاهش می‌یابد [۳]. در $7 < \text{pH} < 9$ رسوب‌های تشکیل شده در ترکیبات کلسیم فسفاتی دارای نسبت Ca/P بیشتر از یک هستند و ترکیب، از دی کلسیم فسفات‌ها به هیدروکسی آپاتیت

نزدیک می‌شود، به طوری که در $pH=9/5$ نسبت Ca/P به طور جهشی افزایش می‌یابد. در $pH=10$ رسوب‌های تشکیل شده، غالباً آپاتیتی هستند [۹،۳]. افزایش غلظت Na_2HPO_4 در فاز مایع این نوع سیمان، باعث افزایش pH محلول می‌گردد (جدول ۱). با افزایش غلظت فاز مایع و به تبع آن افزایش pH تا مقدار ۱۰، تشکیل بلورهای آپاتیتی سریع‌تر و بیشتر می‌شود. از آنجا که تشکیل بلورهای هیدروکسی‌آپاتیت باعث افزایش استحکام می‌گردند [۱۰]، پس می‌توان افزایش استحکام ناشی از افزایش غلظت فاز مایع سیمان را با دلایل توضیح داده شده، مربوط به تبدیل بتا تری کلسیم فسفات (فاز نیمه پایدار کلسیم فسفاتی) به فاز پایدار هیدروکسی آپاتیت دانست.



شکل ۵- استحکام فشاری سیمان در برابر زمان ماندگاری در محلول فیزیولوژیک

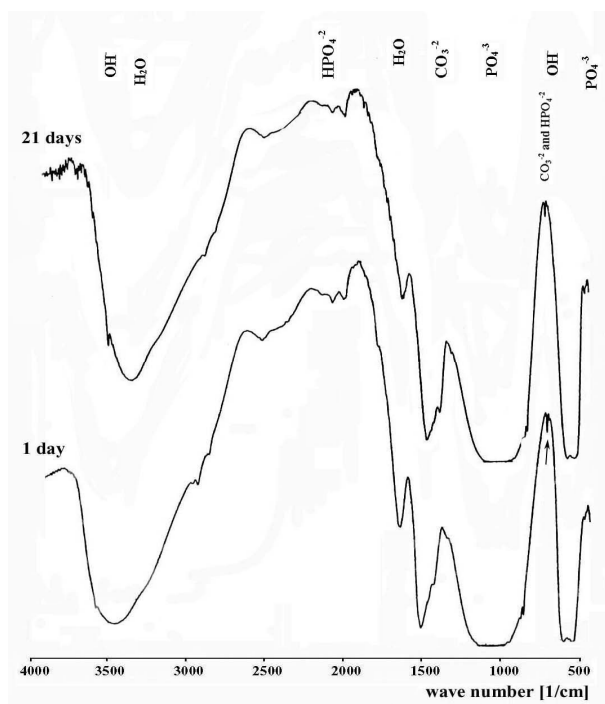
تغییرات استحکام فشاری سیمان استخوان بعد از اتمام عمل جراحی و گذشت زمان، بسیار مورد توجه جراحان قرار دارد. در شکل ۵، روند تغییرات استحکام بر حسب زمان ماندگاری در محلول فیزیولوژیک را می‌توان مشاهده کرد. استحکام سیمان پس از قرار گرفتن در محلول فیزیولوژیک افزایش می‌یابد و این روند ادامه دارد تا این‌که پس از یک هفته به سطح نسبتاً ثابتی می‌رسد. به طور کلی با گذشت زمان، واکنش تبدیل تری کلسیم فسفات به هیدروکسی آپاتیت و تشکیل بلورهای HA باعث افزایش استحکام فشاری می‌گردد [۱۰، ۱۱ و ۱۲].



شکل ۶- الگوهای پراش اشعه X نمونه‌های سیمان ($L/P=0.3, 6\% Na_2HPO_4$) بعد از ۱ و ۲۱ روز نگهداری در محلول

فیزیولوژیک

بررسی پژوهشگران نشان داده‌است که هیدروکسی‌آپاتیت، فاز غالب نهایی اکثر سیمان‌های کلسیم‌فسفاتی می‌باشد [۱۱و۴]. در تحقیق حاضر نیز، الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه‌های سیمان مورد بحث بعد از یک و ۲۱ روز قرار گرفتن در محلول فیزیولوژیک و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد (شکل ۶) و آنالیز FTIR نمونه‌ها (شکل ۷)، روند تکمیل واکنش و تشکیل هیدروکسی‌آپاتیت را به عنوان فاز نهایی تأیید می‌کنند. پس از گذشت سه هفته، فازهای حاضر، هیدروکسی‌آپاتیت و بتاتری کلسیم فسفات می‌باشند که نسبت این دو فاز با گذشت زمان تغییر می‌کند. به طوری که از الگوهای پرتو ایکس نمونه‌های سیمان مشخص می‌شود، در حین واکنش‌های رخ داده، بتاتری کلسیم فسفات به هیدروکسی‌آپاتیت تبدیل می‌شود. با مقایسه طیف‌های فرو سرخ (شکل ۷) مشاهده می‌شود که طیف واقع در حدود 3600 cm^{-1} که مشخصه حضور OH^- (معرف هیدروکسی‌آپاتیت) می‌باشد، در ترکیب سیمان قبل از واکنش با فاز مایع (شکل ۳) وجود ندارد. اما پس از مخلوط شدن سیمان با فاز مایع و گذشت زمان (شکل ۷)، طیف 3600 cm^{-1} ظاهر می‌شود و در پایان ۲۱ روز، آشکارا قابل مشاهده می‌باشد. پس از ۲۱ روز، در طیف فرو سرخ سیمان (شکل ۷) باندهای جذبی واقع در 600 و 3600 cm^{-1} که نشانگر حضور OH^- در ساختار هستند به وضوح دیده می‌شوند. این بدان مفهوم است که با گذشت زمان، بر مقدار هیدروکسی‌آپاتیت افزوده شده‌است.



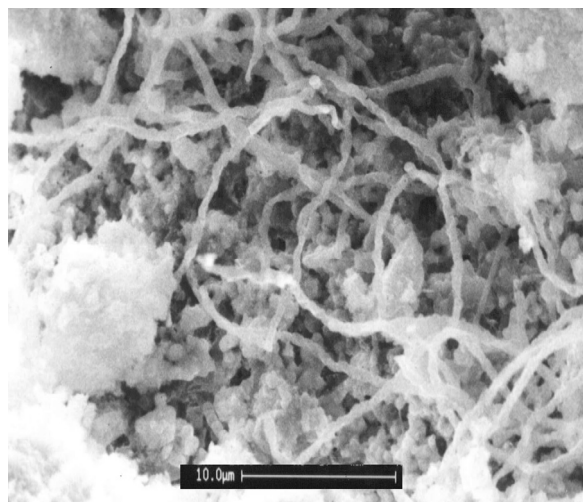
شکل ۷- طیف‌های فرو سرخ نمونه‌های سیمان ($L/P=0.3, 6\% \text{ Na}_2\text{HPO}_4$)، بعد از ۱ و ۲۱ روز نگهداری در محلول فیزیولوژیک

با توجه به نتایج نسبت های Ca/P به دست آمده از نمونه‌های مختلف سیمان (جدول ۲) و آنالیز EDAX سیمان بعد از سه هفته (شکل ۸)، که حضور عناصر کلسیم و فسفر و مقداری سدیم و کلر را نشان می‌دهد و با توجه به مشاهدات و نتیجه‌گیری از الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه‌های سیمان (شکل ۶) و آنالیز FTIR نمونه‌های سیمان (شکل‌های ۳ و ۷)، می‌توان نتیجه گرفت که روند تکاملی تبدیل ترکیب سیمان به سمت هیدروکسی‌آپاتیت می‌باشد.

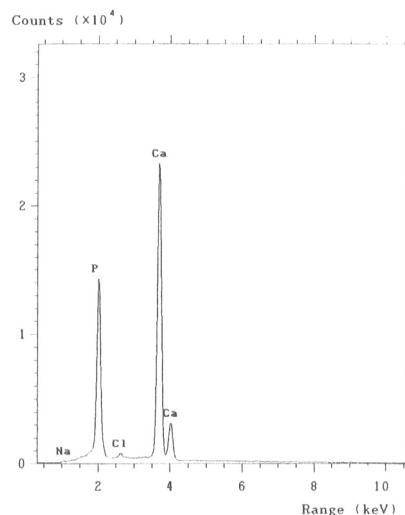
جدول ۲- نسبت Ca/P نمونه‌های سیمان

کد نمونه	مشخصات نمونه سیمان	نسبت Ca/P
BC	قبل از مخلوط شدن با فاز مایع	۱/۵۱
BC-3	۳روز در محلول فیزیولوژیک نگهداری شده	۱/۵۹
BC-21	۲۱روز در محلول فیزیولوژیک نگهداری شده	۱/۶۲

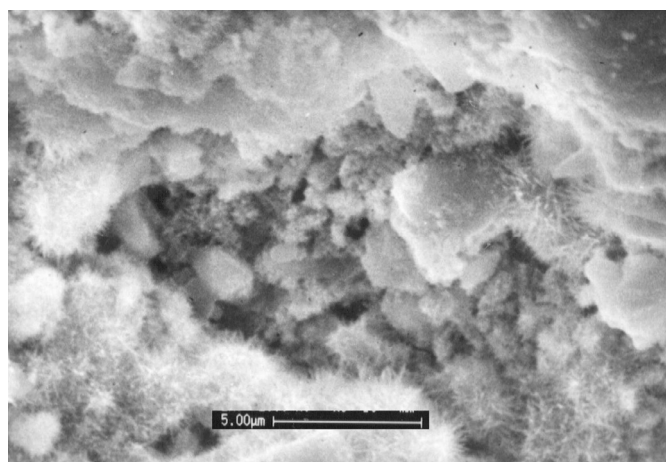
همچنین تصاویر میکروسکوپ الکترونی سیمان بعد از ۲۱ روز قرار گرفتن نمونه‌ها در محلول فیزیولوژیک، حضور فاز هیدروکسی آپاتیت با ساختارهای سوزنی و الیافی را تأیید کردند (شکل‌های ۹ و ۱۰).



شکل ۹- تصویر SEM از سیمان بعد از ۲۱ روز نگهداری در محلول فیزیولوژیک



شکل ۸- آنالیز EDAX سیمان (L/P=0.3, 6% Na₂HPO₄)، بعد از ۲۱ روز نگهداری در محلول فیزیولوژیک

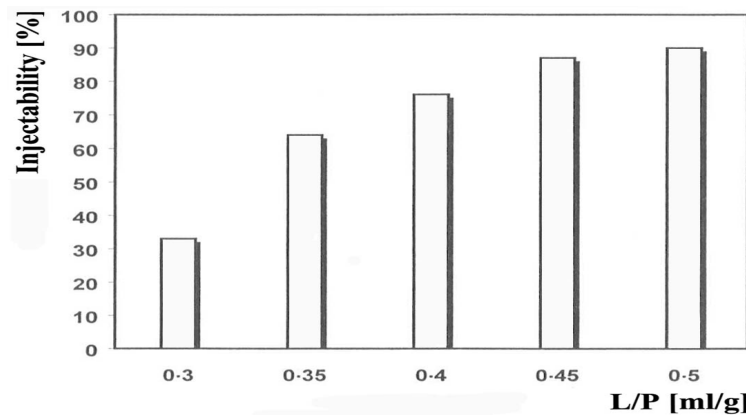


شکل ۱۰- تصویر SEM از سیمان بعد از ۲۱ روز نگهداری در محلول فیزیولوژیک

در بعضی از موارد، سیمان‌های کلسیم فسفاتی به منظور پرکردن حفره‌هایی در بدن به کار می‌روند که جراح به راحتی نمی‌تواند با دست حفره‌ها را پر کند و در ضمن استحکام چندان بالایی نیز مورد نیاز نمی‌باشد. از این رو، استفاده از سرنگ می‌تواند کمک بسیار بزرگی باشد.

اثر تغییرات L/P بر میزان تزریق‌پذیری سیمان در شکل ۱۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش نسبت مایع به پودر در این سیمان باعث تزریق‌پذیری بهتر می‌شود، اما باید

توجه شود که افزایش نسبت L/P ، کاهش استحکام را به دنبال خواهد داشت. از این رو از روش تزریق برای پرکردن حفراتی استفاده می‌شود که تحت تنش کمتر بوده و یا تحت تنش نباشند (مانند استخوان‌های جمجمه).



شکل ۱۱- تغییرات تزریق‌پذیری سیمان در برابر تغییر نسبت L/P

۴- نتیجه‌گیری

- از مجموع بررسی‌ها و آزمایش‌های انجام شده در پژوهش حاضر می‌توان به برخی نکات به عنوان نتیجه‌گیری اشاره کرد:
- افزایش غلظت فاز مایع سیمان، از ۱٪ تا ۸٪ ، افزایش استحکام فشاری سیمان را از ۱۰/۷۲ تا ۱۴/۷۳ مگاپاسکال در پی دارد.
- با طولانی‌تر شدن مدت زمان ماندگاری سیمان در محلول فیزیولوژیک، از ۲۴ ساعت تا ۲۱ روز، استحکام فشاری متوسط آن از ۵/۵۳ تا ۲۸/۱۰ مگاپاسکال افزایش یافت که با توجه به نتایج به دست آمده از FTIR و XRD و ICP می‌توان این افزایش استحکام را به تشکیل و افزایش میزان بلورهای هیدروکسی آپاتیت نسبت داد.
- نتایج حاصل از ICP و FTIR و تصاویر SEM، تأییدی بر تشکیل بلورهای هیدروکسی آپاتیت بعد از گذشت ۲۱ روز می‌باشد و چنین انتظار می‌رود که با گذشت زمان بر مقدار هیدروکسی آپاتیت افزوده گردد.
- قابلیت تزریق‌پذیری این سیمان استخوان با افزایش نسبت L/P بین ۰/۳ تا ۰/۵، از ۳۳ درصد به ۹۰ درصد افزایش یافت.
- آنالیز EDAX نمونه بعد از ۲۱ روز، حضور عناصر کلسیم، فسفر، سدیم و کلر را نشان داد که بخشی از سدیم و کلر از محلول فیزیولوژیک جذب شده‌است. از آنجا که این یونها در مایعات بدن به وفور یافت می‌شوند، به نظر می‌رسد که مانعی برای استفاده از سیمان تهیه شده در کاربردهای پزشکی وجود ندارد.

مراجع

- D.F. Williams , (ed.), Definitions in Biomaterials. Elsevier, Amesterdam, 6-7 (1987).
- O. Bermudez , M.G. Boltong , F.C.M. Driessens , J.A. Planell , " Development of Some Calcium Phosphate Cements from Combinations of α -Tcp , MCPM and CaO , " J. Mater.Sci. Mater. Med , 5, 160-163 (1994).
- E. Lerner, S. Sarig, and R. Azoury, " Enhanced Maturation of Hydroxyapatite from Aqueous Solution Using Microwave Irradiation," J. Mater. Med. 2, 138-141 (1991).
- F.C.M. Driessense, M.G. Boltong, I. Khairoun, E.A.P. De Maeyer, M.P. Ginebra, "Applied Aspects of Calcium Phosphate Bone Cement Application,"

5. J.Friberg, E.Fernandez, S.Sarda, M.Nilsson, M.P.Ginebra, "An Exprimental Approach to the Reology Behaviour of Synthetic Bone Calcium Phosphate Cements," Key Engineering Materials, Vols. 192-195, 777-780 (2002).
6. J.G.C.Wolke, E.M.Ooms, J.A.Jansen, "In Vivo Resorption of a High Strength Injectable Calcium-Phosphate Cement", Key Engineering Materials, Vols.192-195, 793-796 (2002).
7. M.Khairnn, G. Boltong, and etal, " Some factors Controlling the Injectability of Calcium Phosphate Bone Cements, " J. Mat. Sci. Mater. Med., 3, 425-428 (1998).
8. M.Khairnn, G. Boltong, and etal, " Limited Compliance of Apatite Calcium Phosphate Bone Cements With Clinical Requirements "J. Mat. Sci. Mater. Med., 9, 667-671 (1998).
۹. مهران صولتی هسجین، تأثیر روش سنتز پودر بر ریزساختار و خواص هیدروکسی آپاتیت، پژوهشگاه مواد و انرژی (۱۳۷۶).
10. A. Tofighi, S. Mounic, P. Chakravarthy, C. Rey, D.Lee, " Setting Reactions Involved in Injectable Cements Based on Amorphous Calcium Phosphate," Key Engineering Materials, Vols.192-195, 769-772 (2002).
11. M. komath , H.K. Varma, and R. Sivakumar, " On the Development of an Apatitic Calcium Phosphate Bone Cement " Bull. Mater. Sci., Vol. 23, [2], 135-140 (2000).
12. k.D. Groot, " Clinical Application of Calcium Phosphate Biomaterials : A Review, " Ceram. Inter. 19, 363-366 (1993).



بررسی اثر CaF_2 بر رفتار تبلور و زینتر شدن کاشی‌های شیشه - سرامیکی سیستم $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

سارا بنی جمالی، حمید رضا رضائی، بیژن افتخاری یکتا، واهاک مارقوسیان، حسین قصاعی

گروه سرامیک، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده: در این تحقیق، اثر تغییر میزان فلورین بر رفتار تبلور و زینتر شدن شیشه-سرامیک های سیستم $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا روش های آنالیز حرارتی DTA، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) و ریز سختی سنج ویکرز مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که به دلیل سختی و مقاومت شیمیایی قابل قبول می توان از شیشه-سرامیک های تهیه شده در سیستم مذکور به عنوان کاشی کف استفاده نمود. رنگ سفید پس از پخت گویای قابلیت تزئین زیاد این نوع قطعات با استفاده از روش های مرسوم چاپ می باشد.

۱- مقدمه

شیشه-سرامیک های سیستم $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ را هم می توان با استفاده از روش بالک (شکل دهی مستقیم مذاب شیشه) و هم با استفاده از طریق زینتر کردن پودر شیشه تهیه نمود [۱]. به دلیل داشتن خواص شاخص، استفاده از شیشه-سرامیک های بالک و زینتر شده در صنعت کاشی رواج پیدا کرده است. امروزه تهیه شیشه-سرامیک های مبتنی بر سیستم سه تایی $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ از طریق روش بالک، تحت نام شیشه-سرامیک سرباره ای (با استفاده از عملیات حرارتی دو مرحله ای) و شیشه-سرامیک های زینتری متعلق به همین سیستم تحت نام گارنت مصنوعی در روسیه متداول است [۲]. همچنین کاشی های زینتر شده شیشه-سرامیکی با نام تجاری نئوپاریس (تولید شده توسط ژاپن) از جمله محصولات موفق شیشه-سرامیکی در صنعت کاشی محسوب می شوند که از خواص بارز آنها می توان به مواردی نظیر میزان جذب آب برابر با صفر، مقاومت زیاد در برابر یخ زدگی، سختی زیادتر، وزن کمتر (به میزان ۳۰٪) نسبت به سنگ های طبیعی و قابلیت شکل گیری به صورت صفحات انحنادار اشاره کرد. فاز بلورین در این نوع کاشی ها، فاز سوزنی شکل β -ولاستونیت می باشد که به علت داشتن ضریب شکست متفاوت با فاز شیشه زمینه، ظاهری مرمرین به محصول می بخشد [۳و۴]. از دیگر مزایای کاشی های شیشه-سرامیکی تهیه شده از این سیستم، امکان دستیابی به محصولاتی با رنگ های متنوع و پایدار می باشد. در این حالت، عوامل رنگزا درون فاز بلورین حبس شده و منجر به پایداری رنگ محصول با گذشت زمان می شود [۵].

گفته شده است در تهیه کاشی های شیشه-سرامیکی با استفاده از روش زینترینگ، رسیدن به محصولاتی با استحکام زیاد و متراکم مستلزم انجام زینتر قبل از تبلور است. در واقع می باید قبل از انجام تبلور، متراکم شدن صورت بگیرد تا در نهایت محصولی بلورین و فاقد تخلخل به دست آید. پژوهشگران معتقدند که شیشه هایی که به صورت حجمی متبلور می شوند، جهت استفاده به عنوان شیشه-سرامیک های زینتری (و از جمله شیشه-سرامیک های ساختمانی) مناسب نیستند زیرا به هنگام پخت به دلیل تشکیل سریع فازهای بلورین، متراکم شدن متوقف می شود. بنابراین شیشه هایی که دارای تبلور سطحی و ناهمگن هستند به دلیل سرعت تبلور پایین تر، برای استفاده در روش زینترینگ مناسب تر می باشند. دو فاکتور کنترل کننده فرایند متراکم شدن، گرانیوی شیشه (فاکتور کینتیکی) و سرعت تبلور می باشند. با تغییر سرعت حرارت دهی و همچنین کنترل دمای زینتر می توان این دو فاکتور را به طور موثری به کار گرفت [۶و۷]. ادعا می شود در سیستم

مذکور تبلور حجمی به سختی و جدایش فازی فرایدار به صورتی محدود اتفاق می افتد. در صورت زیاد بودن مقدار SiO_2 در این سیستم، تبلور سطحی صورت می گیرد که با افزودن جوانه زای مناسب می توان آن را به حجمی تبدیل نمود [۱۰ و ۹]. ترکیباتی نظیر اکسید کروم، اکسید تیتانیم، اکسید زیرکونیم و . . . از جمله جوانه زاهایی هستند که قابلیت ایجاد تبلور حجمی را در این سیستم دارند. گفته شده است اکسید کروم به دلیل قدرت میدان یونی زیاد، منجر به جدایش فازی و سهولت در تبلور می شود به طوری که برای ترکیبات غنی از آنورتیت که در مرز بین دو ناحیه ولاستونیت و آنورتیت در دیاگرام سه تایی این سیستم قرار دارند، عملکرد بهتری را نسبت به CaF_2 و TiO_2 از خود نشان می دهد [۱۲ و ۸]. اکسید تیتانیم از دیگر جوانه زاهای موثر در این سیستم به شمار می رود. اکسید مذکور می تواند در ساختار شیشه هم به عنوان شبکه ساز و هم به عنوان دگرگونساز عمل کند. پژوهشگران معتقدند که در دماهای پایین کاتیون Ti عمدتاً دارای عدد همسایگی ۴ و در دماهای بالا دارای عدد همسایگی ۶ می باشد. در واقع با افزایش دما، این کاتیون وارد حفرات هشت وجهی شده و با تضعیف ساختار شیشه منجر به کاهش گرانبوی و بهبود تبلور می شود. همچنین به دلیل قدرت زیاد میدان یونی، TiO_2 می تواند منجر به ایجاد جدایش فازی و تشکیل فازهای بلورین اولیه تیتاناتی شود. دیده شده است که افزودن TiO_2 منجر به تشکیل یک فاز غنی از Ti^{+4} و یک فاز غنی از Ca^{+2} می شود که در طول فرایند جدایش فازی، این فازهای جدایش یافته با هم اتصال برقرار کرده و فاز بلورین سفن ($\text{CaO.TiO}_2.\text{SiO}_2$) را تشکیل می دهند. این فاز اولیه، روند جدایش فازی را تسریع کرده و شرایط مناسب را برای تبلور فراهم می کند [۱۳ و ۱۴].

از سوی دیگر ادعا شده است که فلورین از طریق کاهش گرانبوی شیشه منجر به افزایش موبیلیته یونهای کمپلکس و تشکیل فازهای بلورین می شود [۶]. همچنین در برخی از سیستم های سیلیکاتی، فلورین موجب جدایش فازی و تشکیل فازهای بلورین فرایدار اولیه ای مثل کاسپیدین ($\text{CaF}_2.3\text{CaO}.2\text{SiO}_2$) می شود که تشکیل فازهای بلورین نهایی را آسان می کنند [۸ و ۶].

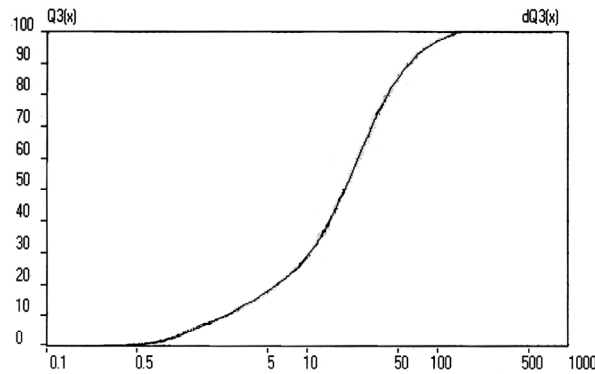
انتخاب سیستم سه تایی $\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$ در پژوهش حاضر، به دلیل قابلیت ارایه قطعات کاملاً سفید که توانایی رنگ آمیزی و تزئین بیشتر را فراهم می سازد و همچنین خواص شاخص مکانیکی نظیر استحکام، سختی و مقاومت سایشی زیاد و مواد اولیه ارزان قیمت می باشد. با توجه به مطالب ذکر شده تصمیم گرفته شد که با انتخاب یک ترکیب شیشه معرفی شده در مراجع [۱]، حذف جوانه زای موجود و جایگزینی تدریجی CaF_2 نقش این ماده بر نحوه زینتر شدن، تبلور و خواص فیزیکی و شیمیایی قطعه مورد بررسی قرار گیرد.

۲- فعالیت های تجربی

مواد اولیه مصرفی در این پژوهش، مواد اولیه صنعتی با دانه بندی کوچکتر از ۱ mm و خلوص بالاتر از ۹۸ درصد و شامل آلومینای فیبرونا، سیلیس ستبران، کربنات کلسیم ازنا و فلورین چینی بودند. هر یک از آمیزها پس از اختلاط، به مدت ۱ ساعت در درون بوتله زیرکنی و در دمای 1450°C در کوره الکتریکی ذوب و مذاب حاصل در آب سرد شد. سپس فریت به دست آمده به مدت ۲۵ دقیقه توسط آسیاب ماهواره ای آسیاب شد. شکل (۱) توزیع اندازه ذرات یکی از فریت های مصرفی را پس از این مرحله نشان می دهد. توزیع اندازه ذرات پودر توسط دستگاه Laser Particle Size Analyzer (Fritsch analysette22) مورد بررسی قرار گرفت. پس از حذف TiO_2 ابتدا به میزان ۹،۶ و ۱۲ درصد وزنی CaF_2 به ترکیب مبنا افزوده شد (جدول ۱). لازم به توضیح است که جوانه زای استفاده شده در شیشه مبنا، TiO_2 بوده است که حذف آن در این پژوهش به دلیل اثر منفی این اکسید بر رفتار زینترینگ صورت گرفت.

به منظور بررسی چگونگی زینتر شدن ترکیبات مذکور، فریت های حاصل به همراه ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز (بر مبنای وزن خشک فریت) جهت تامین چسبندگی، توسط پرس هیدرولیک تک محوره با فشار اولیه

۱۰ MPa و فشار ثانویه ۳۰ MPa شکل داده شد. زینتر کردن نمونه‌ها در محدوده دمایی °C ۸۵۰-۱۰۵۰ با فواصل دمایی °C ۵۰، در کوره الکتریکی با سرعت گرمایش (°C/min) ۷ و یک ساعت ماندگاری در دمای بیشینه صورت گرفت. به منظور بررسی رفتار تبلور نمونه‌ها بر حسب دما، از شیشه‌هایی با اندازه ذرات کوچکتر از ۷۵ μm و دستگاه آنالیز حرارتی (Netzsch 404) به همراه پودر مرجع آلومینا استفاده شد. اتمسفر انتخاب شده، هوا و سرعت گرمایش ۱۰°C/min بود. برای شناسایی و بررسی فازهای بلورین تشکیل شده در دماهای مختلف از دستگاه‌های پراشگر پرتو ایکس (Siemens, D-500 و Jeol JDX, 8030) استفاده شد.



شکل ۱- توزیع اندازه ذرات فریت SF9

جدول ۱- آنالیز اکسیدی شیشه مینا و شیشه‌های تهیه شده حاوی CaF₂ (بر حسب درصد وزنی)

کد نمونه	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CaF ₂
S	۳۳/۶۳	۴۲/۸۴	۲۳/۵۴	۰
SF6	۳۳/۶۳	۴۲/۸۴	۲۳/۵۴	۶
SF9	۳۳/۶۳	۴۲/۸۴	۲۳/۵۴	۹
SF12	۳۳/۶۳	۴۲/۸۴	۲۳/۵۴	۱۲

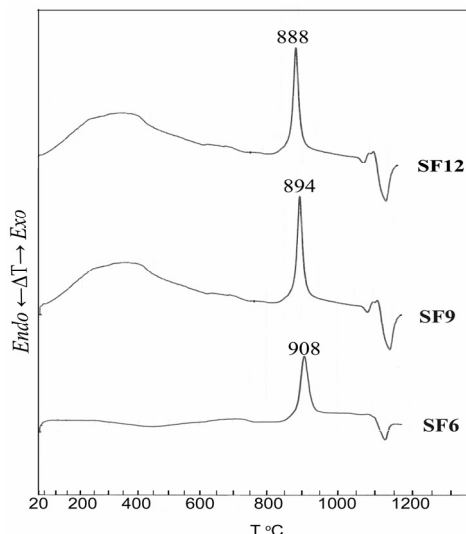
به منظور بررسی انقباض خطی پخت از کولیس با دقت (۰/۰۲ mm) و برای اندازه‌گیری جذب آب از استاندارد EN99 استفاده شد. سختی نمونه‌ها توسط دستگاه ریزسختی سنج ویکرز (Buehler, Micromete1) تحت بار ۱۰۰ گرم و زمان ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری مقاومت شیمیایی مطابق با استاندارد EN106، (مربوط به کاشی بدون لعاب) صورت گرفت. ویژگی‌های ریزساختاری نمونه‌ها پس از سمباده زنی، پولیش و اچ شیمیایی توسط محلول ۱٪ اسید فلئوریدریک به مدت ۱۰ ثانیه توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (Cambridge S360) بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصله نشان داد که اولاً افزودن ۶ درصد وزنی فلورین به شیشه مینا موجب کاهش شدید دمای ذوب شیشه گردید و تهیه شیشه‌ای هموزن را امکان‌پذیر ساخت. ثانیاً در مرحله ذوب ترکیبات مختلف مشاهده گردید که ترکیب S از نقطه ذوب بسیار بالایی برخوردار است و در دمای انتخاب شده (۱۴۵۰ °C) به راحتی ذوب و هموزن نمی‌شود. بنابراین انجام آزمایش‌های بعدی روی این ترکیب صورت نپذیرفت. شکل (۲) الگوهای حاصل از آنالیز DTA شیشه‌های حاوی مقادیر مختلف فلورین را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده نشان داد که اولاً با افزایش مقدار CaF₂، دمای تبلور کاهش و شدت پیک تبلور افزایش یافت. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار فلورین، دمای انتقال به شیشه (Tg) و دمای نرم‌شوندگی دیلاتومتری

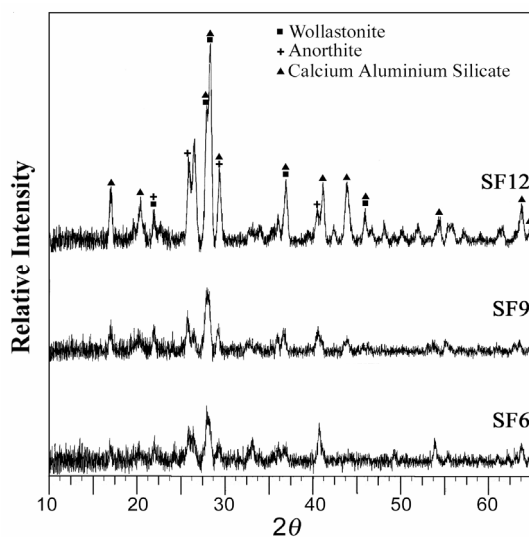


(Td) کاهش می یابند. از آنجایی که تمام شیشه ها در دمای Tg دارای گرانبوی تقریباً یکسانی می باشند، می توان گفت که افزایش مقدار فلورین باعث کاهش گرانبوی شیشه ها گردیده است.



شکل ۲- الگوهای DTA نمونه های SF12 و SF9 و SF6

شکل ۳ نیز الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه های مذکور را پس از ۱ ساعت عملیات حرارتی در دمای پیک تبلور نشان می دهد.

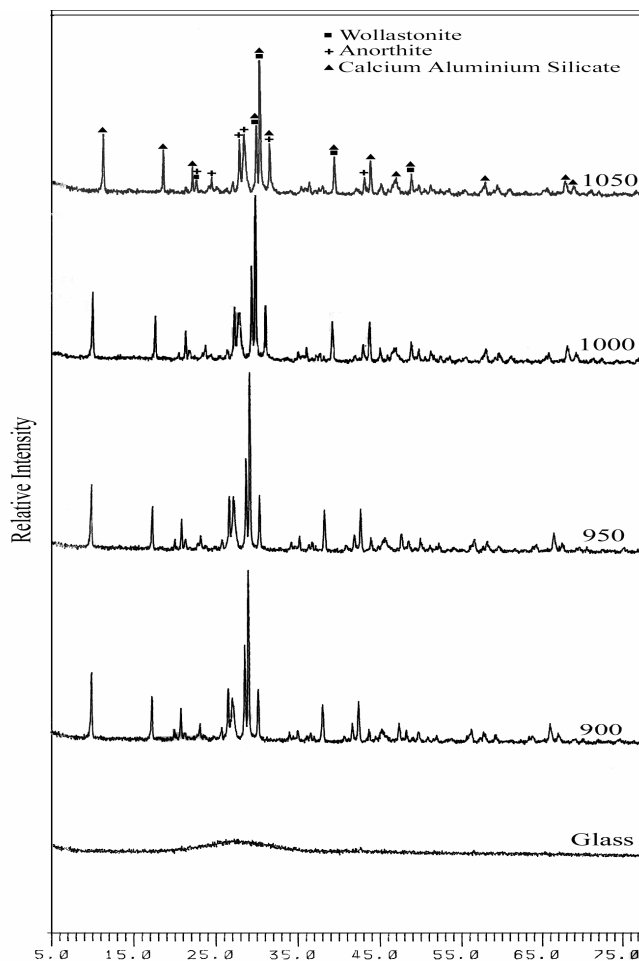


شکل ۳- الگوهای XRD نمونه های زینتر شده در دمای پیک تبلور

همانطور که مشاهده می شود در هر سه نمونه، فازهای بلورین اصلی ولاستونیت (CaO.SiO_2)، آنورتیت ($\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2$) و کلسیم آلومینیوم سیلیکات ($\text{Ca}_{5.35}\text{Al}_{10.7}\text{Si}_{5.35}\text{O}_{32}$) می باشند. شکل ۳ نیز افزایش میزان تبلور فازهای مذکور با افزایش مقدار CaF_2 را به خوبی نشان می دهد. اما این شکل همچنین بیانگر آن است که بهبود تبلور در پی افزایش میزان CaF_2 به شیشه، ناشی از مکانیزم های شناخته شده جوانه زنی هتروژن و ایفای نقش جوانه زا توسط CaF_2 نبوده و این امر همانطور که قبلاً نیز بیان شد عمدتاً ناشی از کاهش گرانبوی شیشه و تسهیل نفوذ اجزای یونی می باشد.

نحوه تغییرات فازی در طی گرمایش و عملیات پخت تا دمای بیشینه نیز مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس بررسی های انجام گرفته چگونگی تغییرات فازی در هنگام پخت برای هر سه ترکیب ۹، ۱۲ و ۱۶ درصد CaF_2

یکسان بود و به نظر می‌رسد که میزان CaF_2 اضافه شده تاثیری بر نوع فازهایی که در مراحل مختلف متبلور می‌شوند ندارد اما موجب افزایش اندک میزان آنها می‌گردد. شکل ۴ الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه SF9 را پس از پخت در دماهای مختلف نشان می‌دهد.

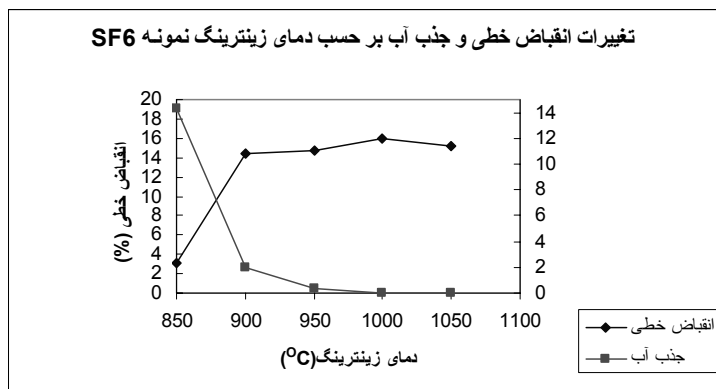


شکل ۴- الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه SF9 در دماهای مختلف پخت

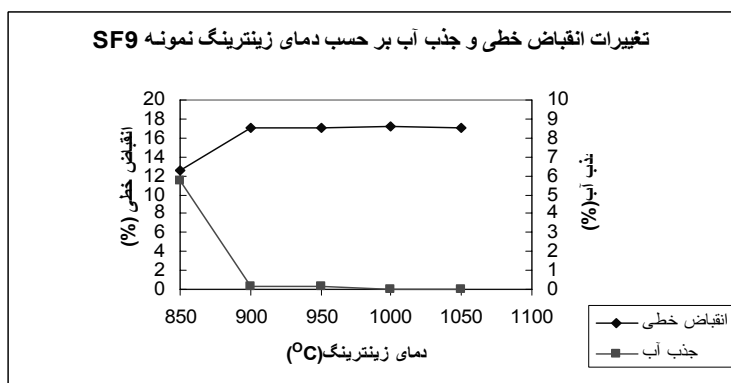
همانطور که مشاهده می‌گردد در مراحل اولیه پخت، ولاستونیت فاز غالب می‌باشد و فازهای آنورتیت و کلسیم آلومینیوم سیلیکات فازهای فرعی محسوب می‌گردد، اما با افزایش دما تا 1050°C از شدت ولاستونیت و کلسیم آلومینیوم سیلیکات کاسته شده و آنورتیت به عنوان فاز غالب خود نمایی می‌کند. با توجه به شکل (۲) و وجود پیک های گرماگیر تیزی که در محدوده دمایی 1100°C وجود دارد و معرف دمای لیکوئیدوس شیشه ها می باشد و با مقایسه شدت نسبی الگوهای ولاستونیت و آنورتیت به نظر می‌رسد که پدیده مذکور عمدتاً ناشی از حلالیت بیشتر ولاستونیت نسبت به آنورتیت در شیشه زمینه با افزایش دما باشد. نقطه ذوب بیشتر آنورتیت نسبت به ولاستونیت می‌تواند تاییدی بر این مدعا باشد.

اشکال ۵، ۶ و ۷، نحوه تغییرات انقباض خطی و درصد جذب آب نمونه های SF9، SF6 و SF12 را بر حسب دمای پخت نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود نمونه SF6 در مراحل ابتدایی زینتر دارای بیشترین جذب آب و کمترین انقباض خطی می‌باشد و ترکیب SF12 از این نظر بر دو ترکیب دیگر برتری دارد. همچنین در هر سه نمونه بیشترین میزان انقباض در دمای 1000°C صورت می‌گیرد و در دمای 1050°C از میزان انقباض کاسته می‌شود. این رفتار را می‌توان به حلالیت فاز چگالتر ولاستونیت ($2.8-2.99\text{ g/cm}^3$) و

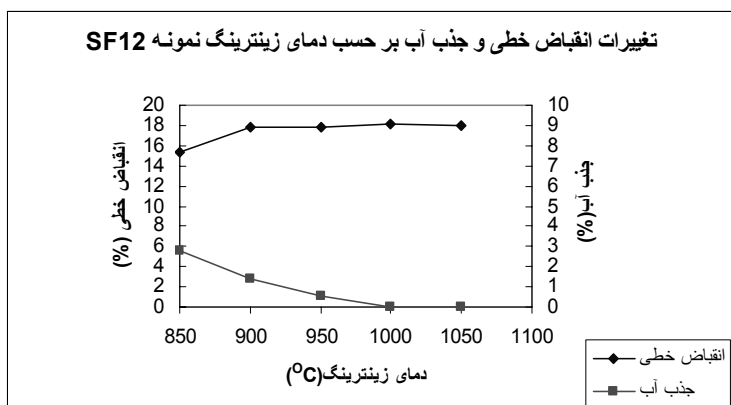
تبدیل آن به شیشه ای با چگالی کمتر مربوط دانست. از سوی دیگر گفته شده است هنگامی که دمای تبلور کاهش یابد، سرعت متراکم شدن نیز کاهش یافته و یا متوقف خواهد گردید [۱۵]. اما دیده می شود که ترکیب SF12 علیرغم آنکه از دمای تبلور کمتری نسبت به دو ترکیب دیگر برخوردار است اما قابلیت زینتر شدن بهتری را از خود نشان می دهد. به نظر می رسد که در مورد اخیر، افزایش CaF_2 تاثیر مثبت دوگانه ای هم بر سرعت متراکم شدن و هم تبلور داشته است. این موضوع شاید ناشی از حلالیت CaF_2 در فاز شیشه به جا مانده باشد.



شکل ۵- تغییرات جذب آب و انقباض خطی پخت نمونه SF6



شکل ۶- تغییرات جذب آب و انقباض خطی پخت نمونه SF9



شکل ۷- تغییرات جذب آب و انقباض خطی پخت نمونه SF12

مقاومت شیمیایی و مقاومت سایشی مناسب از ویژگی های ضروری برای کاشی های کف محسوب می گردند. با توجه به این موضوع، ویژگی های مذکور برای سه ترکیب SF6، SF9 و SF12 اندازه گیری گردید.



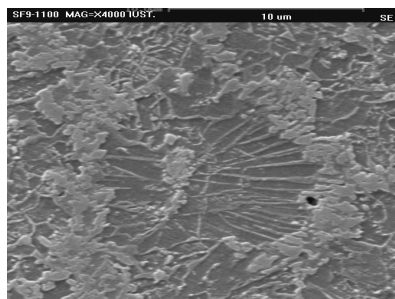
نتایج میکروسختی ویکرز و مقاومت شیمیایی نمونه های پخته شده (در دمای 1000°C) در جدول ۲ آمده است. مقاومت شیمیایی نمونه ها بر حسب درصد کاهش وزن مشخص شده است.

جدول ۲- سختی ویکرز و مقاومت شیمیایی نمونه ها

کد نمونه	SF6	SF9	SF12
سختی ویکرز (VHN)	۵۴۰/۶	۵۶۴/۴۳	۵۹۵
کاهش وزن (%)	۲/۱	۲/۲	۲/۳

دیده می شود که با افزایش مقدار فلورین، سختی نمونه ها اندکی افزایش می یابد. این امر همانطور که قبلا نیز مشاهده شد ناشی از بهبود فرایند تبلور در اثر افزایش میزان فلورین در شیشه می باشد. همچنین با افزایش مقدار فلورین، مقاومت شیمیایی نمونه ها اندکی کاهش می یابد. همانطور که قبلا نیز متذکر شدیم در هر سه نمونه SF6، SF9 و SF12 فلورین در ساختار فازهای بلورین شرکت نمی کند و در فاز شیشه زمینه باقی می ماند. بنابراین نمونه SF12 با داشتن بیشترین مقدار CaF_2 و همچنین تضعیف اتصالات موجود در شبکه شیشه به جا مانده توسط آن [۱۶]، دارای پایین ترین مقاومت شیمیایی است. همچنین با افزایش سرعت جوانه زنی در اثر افزایش فلورین، مرز بین فازهای بلورین و فاز شیشه افزایش می یابد که این مورد نیز منجر به کاهش مقاومت شیمیایی می شود [۱۷].

شکل ۸، بخشی از ریزساختار شیشه-سرامیک SF9، پس از پخت در دمای 1050°C که در دو مود مختلف الف) الکترونهای ثانویه و ب) الکترونهای بازگشتی تهیه شده است را نشان می دهد. در این تصویر ذره ای مشاهده می شود که در اثر تنش های مکانیکی ناشی از آسیاب، پرس و همچنین تنش های حرارتی ناشی از سیکل پخت حاوی ریزترک های شعاعی بسیاری است.



شکل ۸- ریزساختار نمونه SF9

ب) تصویر گرفته شده توسط الکترونهای بازگشتی

الف) تصویر گرفته شده توسط الکترونهای ثانویه

بر اساس شکل مذکور، تبلور از سطوح آزاد هر ذره آغاز گردیده، به عمق ذره گسترش یافته و سطوح ترک خورده مراکز ترجیحی برای جوانه زنی فازهای بلورین بوده اند. همچنین بر اساس این تصاویر به نظر می رسد که فاز بلوری هاله ای شکل (احتمالاً آنورتیت) دقیقاً بر روی سطوح فاز بلوری دیگر (احتمالاً ولاستونیت) متبلور گردیده است.

۴- نتیجه گیری

بررسی های انجام شده در این پژوهش نشان داد که افزایش تدریجی فلورین موجب کاهش دمای تبلور، افزایش سرعت آن و همچنین بهبود قابلیت زینتر شدن از طریق کاهش گرانبوی و تسهیل نفوذ اجزای یونی می شود. بررسی های میکروسکوپی نیز نشان داد که مکانیزم تبلور در ترکیبات مورد بررسی سطحی می باشد.



میزان فلورین افزوده شده تاثیری بر نوع فازهای متبلور شده (وولاستونیت، آنورتیت و کلسیم آلومینیم سیلیکات) نداشت اما موجب افزایش میزان آنها گردید. همچنین با افزایش دمای زینتر از ۱۰۰۰ تا ۱۰۵۰ °C، حلالیت مجدد ولاستونیت در زمینه شیشه مشاهده گردید. بهبود فرایند تبلور ناشی از افزایش مقدار فلورین، افزایش سختی و کاهش مقاومت شیمیایی را در پی داشت. کاهش مقاومت شیمیایی را می توان با عدم شرکت فلورین در ساختار فازهای بلورین و حضور آن در فاز شیشه زمینه مرتبط دانست.

مراجع

1. Strnad , "Glass-Ceramic Materials", Glass Science & Technology, Elsevier, New York, (1986).
2. E.Yu Guseva & M.N.Gulyukin, "Deformation Resistance of Glass-Ceramic Mterials", Glass and Ceramic, 58[1-2]:17-20(2001).
3. W.Holand & G.Beall , "Glass-Ceramic Technology", American Ceramic Society, (2003).
4. "Neoparies, Crystallized Glass Neoparies, Building Materials for Interior and Exterior Walls", Nippon Electric Glass Co.Ltd.9(1995).
5. E.Fortanet, A.Pascual, J.Bakali & S.Leon , "Development of New Glass-Ceramic Glazes with Self-Colouring Properties", Cer.Acta, 14:52-64(2002).
6. K.Sujirote , R.D.Rawlings & P.S.Rogers, "Effect of Fluoride on Sinterability of a Silicate Glass Powder", J.Europ.Ceram.Soc., 18:1325-1330(1998).
7. C.Lira, A.P.Novaes de Oliveira & O.E.Alarcon, "Sintering and Crystallization of CaO-Al₂O₃-SiO₂ Glass Powder Compacts", Glass Technol, 42:91-96(2001).
8. S.N.Salama, S.M.Salman & H.Darwish, "The Effect of Nucleation Catalyst on Crystallization Characteristics of Aluminosilicate Glasses", Ceramic Silikaty, 46[1]:15-23(2002).
- ۹- واهاک مارقوسیان، " شیشه : ساختار، خواص و کاربرد "، دانشگاه علم و صنعت ایران (۱۳۸۱).
10. P.W.McMillan , "Glass-Ceramics", Academic Press, London, (1979), P.16-20.
11. R.G.Duan & K.M.Liang, "A Study on the Crystallization of CaO-Al₂O₃-SiO₂ System Glasses", Journal of Materials Processing Technology, 75:235-239(1998).
12. J.A.Topping, "Glass-Ceramics from the System CaO-Al₂O₃-SiO₂", Am.Ceram.Soc.Bull, 56[6]:574-577(1977).
13. R.G.Duan, K.M.Liang & S.R.Gu, "Effect of Changing TiO₂ Content on Structure and Crystallization of CaO-Al₂O₃-SiO₂ System Glasses", J.Europ.Ceram.Soc, 18:1729-1735(1998).
14. L.He, S.Tang & H.Du, "Effect of the TiO₂ -Fraction on the Glass-Ceramic Crystallization in the System CaO-Al₂O₃-SiO₂ ", Interacram, 47[6]:387-388(1998).
15. E.M.Rabinovich , "Review: Preparation of Glass by Sintering ", J.Mater.Sci, 20:4259-4297(1985).
16. P.W.McMillan , "Glass-Ceramics", Academic Press, London, (1979).
17. B.Eftekhari Yekta, B.Tabatabaei & S.Hashemi Nia , "Preparation of Acid-Resistance Glass and Glass-Ceramics Using Copper Slag ", Industrial Ceramics, 24[2]:115-121(2004).

آقایان مهندس حسین قصابی و مهندس عباسعلی قصابی

مصیبت وارده را خدمتتان تسلیت عرض نموده و برای آن مرحوم آمرزش و علو درجات و برای شما و بازماندگان صبر و سلامتی آرزو مندیم.

انجمن سرامیک ایران



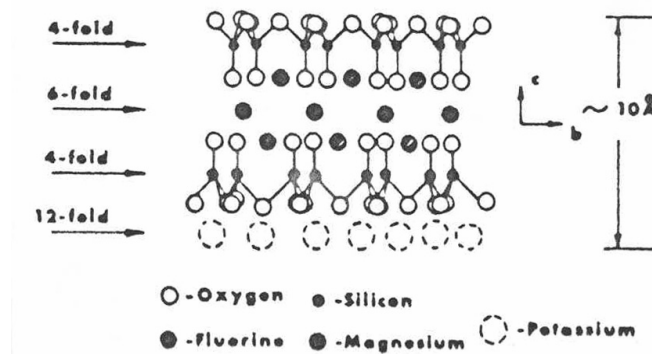
ساخت شیشه سرامیک تراشکاری شونده میکای فلونور

صدیقه خطیبزاده^۱، بیژن افتخاری یکتا^۲، ماندانا شیخانی^۳، سیدبهبزاد طباطبائی^۳
^۱ پژوهشکده صنایع رنگ، ^۲ دانشکده مواد دانشگاه علم و صنعت ایران، ^۳ پژوهشگاه مواد و انرژی

چکیده: در این پژوهش با انتخاب یک فرمول مبناء و تغییر درصد وزنی اجزای اصلی که در فاز بلوری میکای فلونور شرکت دارند (F^-, B^{+3}, K^+) ترکیب شیشه - سرامیک مناسب از نظر قابلیت تراشکاری و استحکام حاصل شد. در این مسیر برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی قطعات شیشه - سرامیک از روش‌های آنالیز PSA, SEM, XRD, DTA و اندازه‌گیری استحکام خمشی و ریزسختی استفاده گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش میزان F^- و K^+ خواص شیشه - سرامیک بهبود می‌یابد. میانگین استحکام خمشی و ریزسختی ترکیب بهینه به ترتیب برابر $۴۲MPa$ و $۲/۵Gpa$ بود.

۱- مقدمه

ساختمان ترکیبات مختلف میکای فلونور شبیه به میکاهای طبیعی می‌باشد با این تفاوت که در این ساختمان یون‌های فلونور جایگزین یون‌های هیدرواکسیل شده‌اند. پائولینگ فرمول عمومی $KX_nY_4O_{10}(OH,F)_2$ را برای ترکیبات مختلف میکا پیشنهاد کرده است [۱]. در این فرمول $۲ \leq n \leq ۳$ ، X نمایانگر کاتیون‌هایی با عدد کوردیناسیون ۶ و Y نمایانگر کاتیون‌هایی با عدد کوردیناسیون ۴ (به ویژه Si^{4+} و Al^{3+}) می‌باشد. با در نظر گرفتن این فرمول، برای ترکیبات میکای فلونور فرمول عمومی $ZX_nY_4O_{10}F_2$ که در آن Z نشانگر کاتیون‌هایی با عدد کوردیناسیون ۱۲ (معمولاً K و در برخی از موارد Ca, Ba, Na) می‌باشد، حاصل می‌گردد. شکل (۱) ساختمان میکای فلونور تتراسیلیسیک ($K_2Mg_5Si_8O_{20}F_4$) را نشان می‌دهد.



شکل ۱- ساختمان میکای فلونور تتراسیلیسیک

این ساختمان از دو لایه چهار وجهی SiO_4 و یک لایه میانی هشت وجهی که عناصر سازنده آن دو یون F و چهار یون O می‌باشد و کاتیون‌های منیزیم در آن قرار دارد تشکیل شده است. در حقیقت دو لایه چهار وجهی بوسیله یون‌های منیزیم موجود در هشت وجهی محکم به یکدیگر متصل می‌شوند. یون‌های K موجود در کوردیناسیون ۱۲ تایی نیز دو ورقه مجاور را به یکدیگر متصل می‌کنند. مشخصه کلیواژ صفحه‌ای کانی‌های میکا بین این ورقه‌ها قرار دارد.

میکایی که در مواضع چهار وجهی آن فقط Si موجود باشد تتراسیلیسیک، میکایی که علاوه بر Si دارای Al نیز باشد و نسبت Si/Al در آن برابر ۳ باشد تری‌سیلیسیک و میکایی که در مواضع چهار وجهی آن تعداد یکسانی از Si و Al قرار گرفته باشد دی‌سیلیسیک نامیده می‌شوند. لازم به ذکر است که در مواضع

هشت وجهی نیز علاوه بر Mg^{2+} کاتیون‌های دیگری همچون $Li^+, Ti^{4+}, Mn^{3+}, Mn^{2+}, Al^{3+}$ می‌توانند قرار گیرند. شناخت و سنتز شیشه - سرامیک‌های ماشینکاری شونده بر پایه میکای فلئور به اوایل سال ۱۹۷۰ باز می‌گردد [۲]. ویژگی منحصر به فرد این شیشه - سرامیک‌ها آن است که می‌توان این قطعات را بوسیله ابزار آلای که برای ماشینکاری فلزات بکار می‌رود براحتی تراشکاری نمود. این قابلیت از توانایی کلیواژ ساختمان بلوری میکای فلئور و ریز ساختاری که در آن ردیفی از بلورهای ورقه‌ای و درهم قفل شده میکا در یک زمینه ترد شیشه‌ای پراکنده می‌باشد نشأت می‌گیرد. وجود چنین ریزساختاری موجب می‌شود که به هنگام تراشکاری، ترک‌های ناشی از تراشیده پس از پیشروی در صفحات کلیواژ بلورهای میکا به بلورهای دیگری که صفحات کلیواژ آنها عمود بر جهت پیشروی ترک قرار دارند برخورد کرده، با تغییر مسیر در فصل مشترک بلور - شیشه به پیشروی خود ادامه دهند. چنین حالتی موجب می‌شود که قطعه را بدون آنکه تخریب شود بتوان تراشکاری نمود [۳]. میزان صافی سطح قطعه پس از عملیات تراشکاری تابعی از درصد حجمی ذرات بلوری میکای فلئور، نسبت طول به ضخامت بلورها و میزان درهم قفل شدنشان می‌باشد [۳ و ۴].

شیشه - سرامیک‌های بر پایه میکای فلئور از ضریب دی‌الکتریک بسیار بالایی [۵] برخوردار می‌باشند و به خاطر وجود ریزساختار یکنواخت و در هم قفل شده بلورهای میکای فلئور، در برابر شوک حرارتی مقاوم هستند. این ویژگی‌ها همراه با قابلیت ماشینکاری و خواص مکانیکی مناسب آنها موجب شده است که این ماده کاربردهایی همچون انواع چرخ دنده، مقره‌های الکتریکی ولتاژ بالا 40 KV/mm^2 ، نگهدارنده نمونه در میکروسکوپ‌های میدان یونی، بوبین‌های سیموگراف، قاب تلسکوپ اشعه گاما، نگهدارنده‌های مرزی در شاتل فضایی، میکروویو و پایه در قطعات الکترونیک را به خود اختصاص دهد [۵ و ۲]. هدف از این مقاله تعیین درصد وزنی مناسب اجزاء تشکیل دهنده شیشه اولیه به منظور سنتز شیشه - سرامیک میکای فلئور با خواص مکانیکی و قابلیت ماشینکاری مناسب می‌باشد.

۲- روش کار

جدول ۱ درصد وزنی آمیزهای انتخاب شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. برای تامین اکسیدهای مذکور در هر آمیز به ترتیب از سیلیس ده حاجی اسیدشویی شده (با خلوص بیش از ۹۹ درصد)، پودر آلومینای ژاپنی (با خلوص ۹۸ درصد)، کربنات منیزیم (با خلوص ۹۸ درصد)، فلورید منیزیم (۹۸ درصد)، کربنات پتاسیم (۹۸ درصد) و اسیدبوریک صنعتی ترکیه (۹۸ درصد) استفاده شد.

جدول ۱- درصد وزنی آمیزهای مختلف

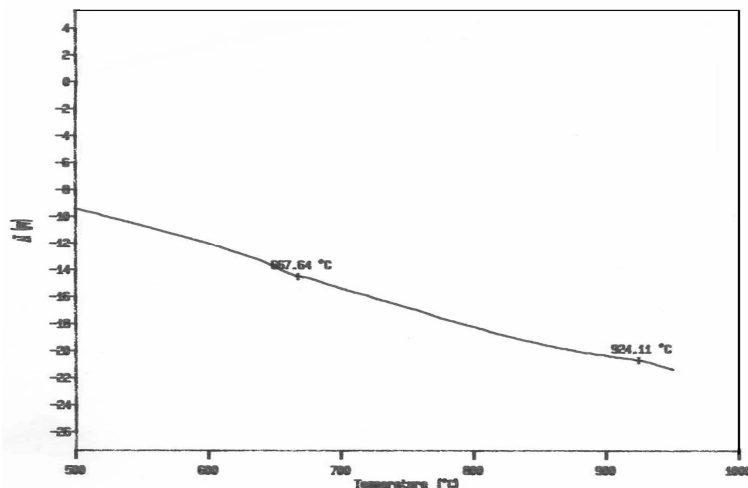
GC.۷	GC.۶	GC.۵	GC.۴	GC.۳	GC.۲	GC.۱	آنالیز شیمیایی (wt%)
۳/۹۱	۴/۰۸	۸	۶	۴/۱۷	۴/۰۹	۴	K_2O
۹	۵	۶/۶۸	۶/۸۴	۷/۳۱	۷/۱۶	۷	B_2O_3
۴۱/۰۹	۴۲/۹۰	۴۰/۱۳	۴۱/۰۶	۴۳/۸۷	۴۲/۹۳	۴۲	SiO_2
۱۹/۵۶	۲۰/۴۳	۱۹/۱۱	۱۹/۵۵	۲۰/۸۹	۲۰/۴۴	۲۰	MgO
۱۶/۶۳	۱۷/۳۶	۱۶/۲۴	۱۶/۶۲	۱۷/۷۶	۱۷/۳۸	۱۷	Al_2O_3
۹/۷۸	۱۰/۲۱	۹/۵۵	۹/۷۷	۶	۸	۱۰	F

هر آمیز پس از مخلوط شدن، در کوره الکتریکی و در دمای $1400^\circ C$ به مدت ۱ ساعت درون بوتله زیرکونی ذوب شد. مذاب حاصله پس از آنکه درون قالب فولادی شکل داده شد در دمای $600^\circ C$ به مدت نیم ساعت تنش زدایی شد. عملیات حرارتی به منظور متبلور کردن شیشه در درون کوره الکتریکی و در دمای $925^\circ C$ به مدت ۸ ساعت، با سرعت گرم کردن $5^\circ C/min$ انجام شد. تعیین محدوده دمای عملیات حرارتی و همچنین دمای تنش زدایی با استفاده از دستگاه آنالیز حرارتی DTA مدل STA-1640 ساخت شرکت Polymer

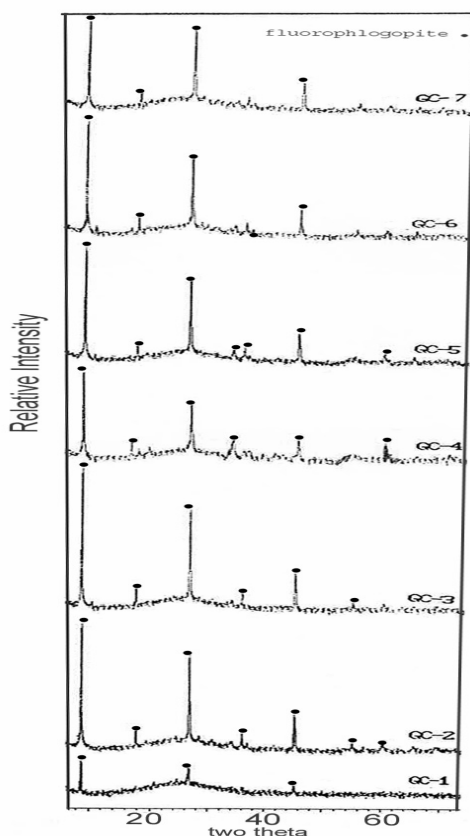


Labratories انجام شد. شکل (۲) نتیجه این آزمایش را نشان می‌دهد.

شناسایی نوع فاز یا فازهای بلورین ایجاد شده پس از عملیات حرارتی در قطعات شیشه - سرامیک با استفاده از دستگاه پراشگر پرتو ایکس (Siemens, D-500) انجام گرفت. در تمامی آزمایش‌ها وزن نمونه‌های آزمایش شده ۳ گرم و دانه‌بندی پودر بین ۴۵ الی ۶۰ میکرون انتخاب شد. شکل ۳ نتیجه حاصل از این آزمایش‌ها را برای شیشه‌های متبلور شده ۱ تا ۷ نشان می‌دهند.



شکل ۲- گرمانگاشت DTA شیشه GC-۱



شکل ۳- منحنی پراش XRD نمونه‌ها

بررسی ریز ساختار و چگونگی توزیع ذرات بلورین در هر یک از قطعات شیشه - سرامیک با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل Stereo Scane 360 ساخت شرکت Leica Cambridge انجام شد. همچنین استحکام خمشی شیشه - سرامیک‌ها به صورت سه نقطه‌ای و با دستگاه Instron مدل ۱۱۹۶ انجام شد. ابعاد نمونه‌ها برای این آزمایش ۱۲×۵×۵۰ میلی متر مکعب و تعداد نمونه اندازه گیری شده برای هر ترکیب پنج عدد بود. با اعمال بار ۱۰۰g به مدت ۳۰ ثانیه، برای اندازه گیری سختی از دستگاه ریز سختی سنج ویکرز photoplan استفاده شد. قابلیت ماشینکاری شدن هر یک از قطعات شیشه - سرامیک با سوراخکاری آنها توسط مته معمولی (با قطر ۵ میلی‌متر) و سپس اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات پودر حاصل از ماشینکاری با اندازه‌گیری بزرگی ذرات با استفاده از پرتو لیزری و با دستگاه Analysette 22 ساخت شرکت Fritsch صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

همانطور که در بخش اول نیز بیان شد شیشه - سرامیک‌های تراشکاری شونده می‌توانند حاوی فازهای

بلورین متفاوتی از خانواده میکا باشند. بدیهی است که نه تنها تفاوت در نوع میکای متبلور شده می‌تواند بر قابلیت تراشکاری قطعه و خواص مکانیکی آن موثر باشد [۳] بلکه ویژگی‌های دیگری همچون ترکیب و مقدار فاز شیشه باقیمانده و چگونگی رشد ذرات بلورین میکا (از نظر نسبت قطر به ضخامت) نیز می‌توانند بر این ویژگی‌ها تاثیر گذراند [۶]. گفته می‌شود که پارامترهایی از قبیل درصد حجمی زیاد فاز بلورین میکای فلوئور، کوچکی اندازه ذرات بلورین، نسبت قطر به ضخامت زیاد ورقه میکا و درهم قفل شدگی زیاد ذرات بلورین میکا در سهولت تراشکاری قطعه دخیل می‌باشند [۳ و ۷]. پس هر عاملی که موجب شود ویژگی‌های مذکور در قطعه ایجاد گردد بر کیفیت آن اثر مثبت خواهد داشت. گفته شده است که برای رشد ورقه‌هایی با نسبت قطر به ضخامت زیاد می‌بایست الف) جوانه زنی فاز میکا را تا دمای نسبتاً بالا یعنی دمائی که رشد ناگهانی صورت می‌گیرد به تاخیر انداخت، ب) با محدود کردن غلظت پتاسیم (اتصال دهنده ورقه‌ها) رشد قطری را نسبت به رشد ضخامتی افزایش داد و ج) گرانیوی شیشه باقیمانده را با افزایش B_2O_3 کاهش داد تا دیفوزیون سریعتر اجزاء به لبه‌های بلور امکان‌پذیر شود [۷]. انتخاب ترکیبات مختلف موجود در جدول (۱) نیز بر این اساس صورت گرفت. ترکیب G.C.۱ در این جدول فرمول مبناء بوده و با توجه به محدوده اعلام شده برای این نوع شیشه-سرامیکها در مرجع [۳] انتخاب گردید. و ترکیبات دیگر بر این اساس انتخاب شدند که بتوان تاثیر درصدهای وزنی متفاوتی از یون‌هایی همچون K^+ ، B^{3+} و F^- را (با ثابت نگه داشتن درصد وزنی بقیه عناصر در هر فرمول) در شیشه - سرامیکها مورد بررسی قرار داد. بر این اساس شیشه‌های GC۲ و GC۳ بر اساس تغییر فلوئورنسبت به فرمول مبناء یعنی GC۱، ترکیبات GC۴ و GC۷ بر اساس تغییر K_2O نسبت به فرمول مبناء و ترکیبات GC۲ و GC۷ بر اساس تغییر B_2O_3 نسبت به فرمول مبناء تهیه شدند.

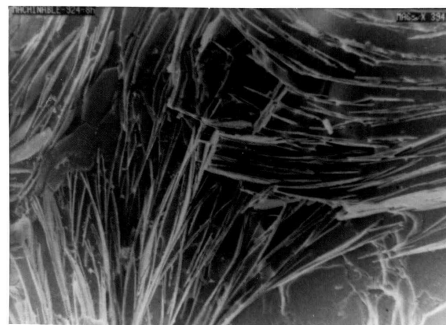
جدول ۲- نتایج آزمایشهای انجام شده بر روی نمونه‌ها

GC.۷	GC.۶	GC.۵	GC.۴	GC.۳	GC.۲	GC.۱	خواص بررسی شده
۷۹	۶۵	۶۵/۵	۴۰/۷	۱۰۰	۷۹	۹/۵	شدت نسبی صفحه (۰+۱) فاز میکا (%)
متوسط	متوسط	بسیار خوب	خوب	خوب	خوب	بد	قابلیت تراشکاری
فلوگوپیت	فلوگوپیت	فلوگوپیت	فلوگوپیت	فلوگوپیت	فلوگوپیت	فلوگوپیت	فاز بلورین
<۸/۸۵	<۷/۹۷	<۴/۸۶	<۵/۴۳	<۷/۷۱	<۸/۷۷	<۸/۵۸	d_{50} ناشی از تراشکاری (μm)
۵/۵	۹	۴۲	۱۴	۷/۵	۱۶/۵	۲۵/۵	استحکام MPa
۴/۵۱	۲/۹۲	۲/۵۱	۳/۰۳	۳/۲۵	۴/۴۶	۴/۰۸	سختی GPa

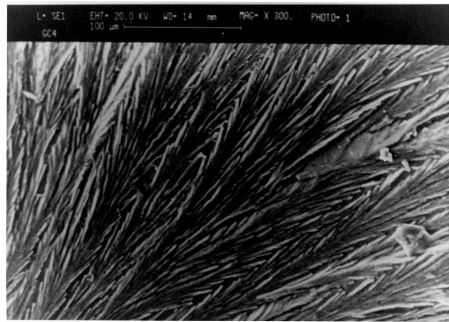
جدول (۲) ماحصل آزمایش‌های XRD، استحکام خمشی، ریزسختی، قابلیت تراشکاری و چگونگی توزیع اندازه ذرات پودرهای ناشی از تراشکاری هر یک از این شیشه - سرامیکها را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول (۲) دیده می‌شود در میان این ترکیبات سه ترکیب GC۲، GC۳ و GC۴ از قابلیت تراشکاری خوب، دو ترکیب GC۶، GC۷ از قابلیت تراشکاری متوسط، ترکیب GC۱ از قابلیت تراشکاری بد و ترکیب GC۵ از قابلیت تراشکاری خیلی خوب برخوردار بودند.



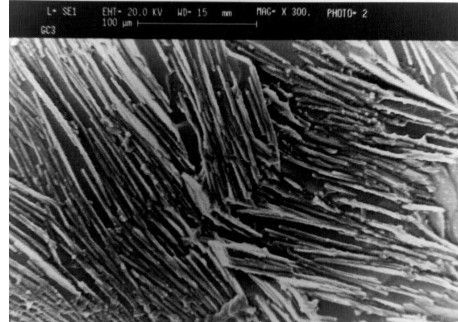
شکل ۵- ریزساختار نمونه GC.۲ پس از عملیات حرارتی (بزرگنمایی ۳۰۰)



شکل ۴- ریز ساختار نمونه GC.۱ پس از عملیات حرارتی (بزرگنمایی ۳۰۰)

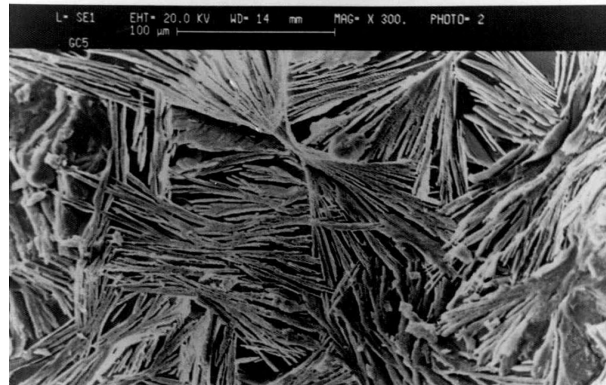


شکل ۷- ریزساختار نمونه GC.۴ پس از عملیات حرارتی (بزرگنمایی ۳۰۰)



شکل ۶- ریز ساختار نمونه GC.۳ پس از عملیات حرارتی (بزرگنمایی ۳۰۰)

علت ویژگی تراشکاری بد در شیشه - سرامیک GC۱، با توجه به شدت پیک پراش پرتو ایکس صفحه (۰۰۱) فاز فلوگوپیت در این شیشه سرامیک، را می‌توان به میزان تبلور اندک در شیشه مذکور مربوط دانست. اما برای درک تفاوت قابلیت تراشکاری بین ترکیبات دیگر مجدداً می‌بایست تفاوت‌های ریزساختاری بین آنها را مورد ارزیابی قرار داد. تصاویر ۴ تا ۱۰ به ترتیب ریز ساختار شیشه سرامیک‌های GC.۱ تا GC.۷ را که توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی تهیه شده‌اند نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود

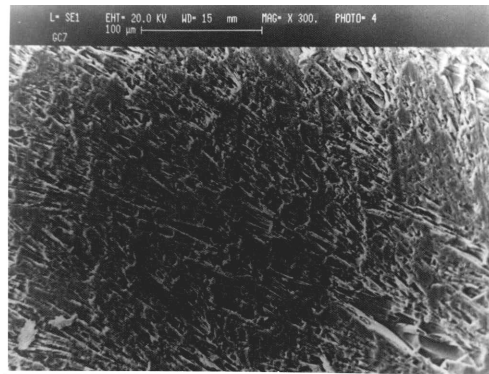


شکل ۸- ریز ساختار نمونه GC.۵ پس از عملیات حرارتی (بزرگنمایی ۳۰۰)

ریزساختار شیشه - سرامیک GC۵ از نظر کوچکی خوشه‌های بلورین و میزان درهم قفل شدن آنها از ریز ساختار بقیه شیشه - سرامیک‌ها کاملاً متمایز و اندازه ورقه‌های میکا در آن کوچکتر از صد میکرون می‌باشد. بنابراین همانگونه که محققین دیگر نیز قبلاً گزارش کرده‌اند در این مورد وجود چنین ریز ساختاری موجب برخورداری شیشه - سرامیک GC۵ از قابلیت تراشکاری بسیار زیاد و همچنین استحکام بیشتر نسبت به نمونه‌های دیگر می‌باشد [۸و۴]. شیشه - سرامیک مذکور از نظر متوسط اندازه ذرات پودر حاصل از سوراخکاری و همچنین سختی نیز با دیگر قطعات مورد بررسی متفاوت می‌باشد. از جدول (۲) می‌توان مشاهده کرد که متوسط اندازه ذرات پودر حاصل از سوراخکاری این شیشه سرامیک و همچنین سختی آن نسبت به شیشه - سرامیک‌های دیگر از کمترین مقدار برخوردار می‌باشد. گفته می‌شود ابعاد پودر حاصل از تراشکاری به ابعاد ورقه‌های بلورین میکا در قطعه شیشه - سرامیک بستگی دارد [۹]. بنابراین همانطور که از تصاویر میکروسکوپی نیز مشاهده گردید، می‌توان نتیجه گرفت که ورقه‌های بلورین فلوگوپیت در شیشه - سرامیک GC۵ ابعاد کوچکتری نسبت به شیشه - سرامیک‌های دیگر دارند. این ابعاد ریز استحکام زیاد این شیشه سرامیک را نیز در مقایسه به دیگر شیشه - سرامیک‌ها توجیه می‌نماید زیرا گفته شده است زمانی که ابعاد ورقه‌های بلورین میکا بزرگتر از ۴/۵ میکرون باشد استحکام قطعه با توان یکم قطر ورقه نسبت عکس خواهد داشت [۸و۳]. گفته می‌شود این حالت به تمرکز تنش در فصل مشترک بلور - شیشه، ناشی از عدم تطابق ضرایب انبساط حرارتی فاز میکا با زمینه شیشه مربوط می‌شود که با بزرگتر شدن ابعاد ذرات

بلورین، بزرگتر شدن تنش‌های ایجاد شده، که گاه با ایجاد ریز ترک همراه است و در نتیجه کاهش استحکام را به همراه خواهد داشت [۳ و ۴ و ۸]. باید توجه داشت که سختی ماده فاکتور دیگری است که در قابلیت تراشکاری شیشه - سرامیک اثر دارد. واضح است که موادی که سختی کمتری دارند از قابلیت تراشکاری بیشتری نیز برخوردار باشند.

نکته دیگری که از دیدگاه علم مواد قابل توجه است، مغایرتی است که در وهله اول به نظر می‌رسد نتیجه حاصل از روند افزایش میزان کاتیون K^+ بر ویژگی تراشکاری قطعه شیشه - سرامیک با اکثریت منابع علمی دیگر دارا می‌باشد. همانطور که قبلاً ذکر شد برخی از محققین معتقدند که به منظور بهبود قابلیت تراشکاری شیشه - سرامیک‌های میکای فلوتور (از طریق افزایش نسبت قطر به ضخامت ورقه‌های میکا) می‌بایست تا حد امکان غلظت K^+ را در شیشه کاهش داد [۷ و ۸]. اما Chung و همکارانش معتقدند که کاهش غلظت K^+ در شیشه می‌تواند کاهش احتمال جوانه‌زنی بلورهای میکا را نیز در پی داشته باشد [۸]. با تأیید این نظر و با توجه به تصویر (۸) به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر افزایش غلظت K^+ در شیشه اولیه موجب افزایش قابلیت جوانه‌زنی فاز بلوری میکا و از سوی دیگر کاهش نسبت قطر به ضخامت بلورهای میکا (از طریق افزایش سرعت رشد ضخامت) را به همراه داشته است. گفته شده است که نسبت قطر به ضخامت برابر با ۱۲، بیشترین میزان استحکام را به همراه دارد و نسبت‌های بزرگتر از آن تأثیری بر افزایش استحکام ندارد [۱۰]. بنابراین به نظر می‌رسد کاهش استحکام ناشی از تنش‌ها و احتمالاً ترک‌های ناشی از عدم تطابق ضرایب انبساط حرارتی دو فاز شیشه باقی مانده و بلور میکا که با رشد قطری رابطه مستقیم دارد نقش مهمی را در کاهش استحکام نمونه‌های حاوی K_2O کم ایفا می‌نماید.



شکل ۱۰- ریزساختار نمونه GC.۷ پس از عملیات حرارتی (بزرگنمایی ۳۰۰)



شکل ۹- ریزساختار نمونه GC.۶ پس از عملیات حرارتی (بزرگنمایی ۳۰۰)

کاهش تدریجی فلوتور از ۱۰ به ۶ درصد وزنی، کاهش استحکام و همچنین کاهش سختی قطعات شیشه - سرامیک را به ترتیب از ۲۵/۵ MPa و ۴/۰۷ GPa (در ترکیب GC۱) به ۷/۵ MPa و ۳/۲۵ GPa (در ترکیب GC۳) به دنبال داشت. با توجه به نقش کمک ذوب گونه فلوتور در ترکیب شیشه [۱۱] انتظار می‌رفت که کاهش این ماده افزایش خواص مکانیکی را به همراه داشته باشد اما با توجه به آنکه ماده اولیه تامین کننده فلوتور در این پژوهش MgF_2 بود، نتایج مذکور معقول به نظر می‌آید. زیرا گفته می‌شود که MgF_2 در ترکیب این نوع شیشه‌ها به عنوان عامل جوانه‌زای فازهای بلورین عمل می‌کند [۸ و ۱۲ و ۱۳]. با توجه به این موضوع می‌توان انتظار داشت که کاهش درصد وزنی MgF_2 کاهش تعداد مراکز جوانه‌زنی و در نتیجه افزایش بیش از حد قطر ورقه‌های میکا را در پی داشته باشد که این حالت خود اثر سوء بر استحکام و سختی قطعه خواهد داشت.

نحوه تغییر استحکام و سختی قطعات شیشه - سرامیک با تغییر درصد وزنی B_2O_3 از روند خاصی تبعیت نکرد و نتایج حاصل با توجه به داده‌ها و اطلاعات موجود غیر قابل توضیح می‌باشد.



۴- نتیجه‌گیری

- از انجام این پژوهش نتایج ذیل حاصل گردید:
- با افزایش درصد K_2O در ترکیب شیشه قابلیت تراشکاری، سختی و استحکام قطعه شیشه - سرامیک افزایش می‌یابد.
- با توجه به تصاویر میکروسکوپی SEM و نتایج XRD، به نظر می‌رسد که بهبود خواص شیشه - سرامیک (ناشی از بیشتر شدن درصد K_2O) از افزایش درصد حجمی، ریزتر شدن و بی‌نظمی بیشتر در نحوه آرایش خوشه‌های بلوری فاز میکای فلوئور سرچشمه می‌گیرد.
- افزایش K_2O در ترکیب شیشه از طریق کاهش نسبت قطر به ضخامت بلورهای ورقه‌ای میکای فلوئور و در نتیجه کاهش تنش ناشی از عدم انطباق ضرایب انبساط حرارتی فاز بلوری و زمینه شیشه، موجب افزایش استحکام ترکیب GC5 نسبت به ترکیبات دیگر می‌گردد.
- به نظر می‌رسد کاهش میزان F، از طریق کاهش میزان MgF_2 ، موجب کاهش مقدار مراکز جوانه‌زنی و در نتیجه رشد افراطی قطر ورقه می‌شود. این حالت کاهش استحکام و سختی را در پی خواهد داشت.

مراجع

1. Daniels,W.H. & Moore,R.E., "Crystallization of a Tetrasilicic Fluoromica Glass", J.Am.Ceram.Soc,58: 217-221(1975).
2. Beall,G.H., "Design of Glass-Ceramic", Reviews of Solid State Science,World Scientific Publishing Company, 3: 333-354(1989).
3. Grossman,D.G., "Machining a Machinable Glass-Ceramic", Vacuum,28: 55-61(1977).
4. Grossman,D.G., "Machinable Glass-Ceramic Based on Tetrasilicic Mica", J.Am.Ceram.Soc,55: 446-449(1972).
5. Strand,Z, "Glass-Ceramic Materials", Glass Science and Technology,Elsevier, New York,PP: 107-110(1986).
6. Rothenberg,B.G., "Glass Technology",Noyes Data Corporation,New Jersey,PP: 233-235(1976).
7. Meyers,R.A., "Encyclopedia of Physical Science and Technology,Academic Press,New York,Volume 7,PP: 450-455(1987).
8. Chyung,C.K. Beall,G.H. and Grossman,D.H., "Microstructure & Mechanical Properties of Mica Glass-Ceramic", in Tenth International Congress on Glass,Part II,Edited by Kunugi,M., Tashiro,M. and Saga,N.,The Ceramic Society of Japan,Kyoto,Japan,PP: 14.33-14.47(1974).
9. Saraswati,V., "Development of a Machinable Glass-Ceramic", Advanced Ceramic,PP: 193-197(1990).
10. Wachtman,John B, "Mechanical Properties of Ceramics", John Wiley & Sons,New York(1996).
11. Likitvanichkul,S. and Lacourse,W.C., "Effect of Fluorine Content on Crystallization of Canasite Glass-Ceramics", J.Mat.Sci.,30: 6151-6155(1995).
12. Hamasaki,T.,Katsuya,Eguchi,Yoshinori,Koyanagi.,Matsumoto,A.,Utsunomiya,T. and Koba,K., "Preparation and Characterization of Machinable Mica Glass-Ceramic by the Sol-Gel Process", J.Am.Ceram.Soc.,71[12]: 1120-1124(1988).
13. Dalal,K.H. and Davis,P.F., "Beta Spodomene-Mica Glass-Ceramic I,Phase Evolution and Microstructure", Ceramic Bulletin,56: 991-997(1977).

بررسی تاثیر مواد اولیه مختلف حاوی منیزیا بر خواص جرمهای ریختنی آلومینا - منیزیا

رحیم نقی‌زاده^۱، سعید شهزاد^۲، زیارتعلی نعمتی^۳، منوچهر مندگاریان^۴، الهام ملک محمدی^۱

^۱ دانشگاه علم و صنعت ایران، ^۲ دانشگاه آزاد اسلامی، ^۳ دانشگاه صنعتی شریف، ^۴ شرکت نسوز پارس

چکیده: کاربرد جرمهای ریختنی آلومینا- منیزیا و آلومینا- اسپینل به جای آجرهای آلومینا بالا در پاتیل های فولاد (به جز خط سرباره) در برخی از کارخانه ها معمول شده است. در جرمهای آلومینا- منیزیا، در حین کار اسپینل به صورت درجا تشکیل می گردد و موجب افزایش مقاومت به خوردگی می گردد. برای معرفی منیزیا در جرم از مواد اولیه متعددی می توان استفاده کرد. در این پژوهش از کرنات منیزیم، هیدروکسید منیزیم، کلرید منیزیم و منیزیای زینتر شده برای تأمین منیزیا استفاده شده است. میزان MgO موجود در مواد اولیه مذکور معادل ۲/۹۱-۰/۹۷ بوده است. نتایج مکانیکی و ریزساختاری و پراش پرتو X حاکی است که از بین این مواد، جرمهای حاوی منیزیای زینتر شده و کرنات منیزیم از نظر درصد آب مصرفی، استحکام خمشی سرد، نحوه توزیع عناصر در زمینه و ایجاد فاز اسپینل وضعیت مناسب تری نسبت به جرمهای حاوی کلرید منیزیم و جرمهای حاوی درصد بالای هیدروکسید منیزیم داشته اند. جرمهای حاوی کلرید منیزیم به دلیل انحلال کلرید منیزیم و مهاجرت آن به سطح و جرمهای حاوی درصد بالای هیدروکسید منیزیم به دلیل تجمع موضعی هیدروکسیدها خواص مطلوبی را نشان نداده اند.

کلمات کلیدی: جرم های ریختنی آلومینا- منیزیا ، اسپینل درجا ، مواد اولیه حاوی منیزیا

۱- مقدمه

جرمهای آلومینا- منیزیا و آلومینا- اسپینل در آستر پاتیل های فولاد (LF) و در زیر خط سرباره وسیعاً به کار می روند [۱]. در جرمهای ریختنی Al_2O_3 -MgO، منیزیا با آلومینا در حین کاربرد واکنش می کند و اسپینل درجا (In situ) تشکیل می دهد در حالیکه در جرمهای ریختنی آلومینا- اسپینل از همان ابتدا از ذرات سنتزی اسپینل استفاده می گردد [۲]. جرمهای آلومینا- منیزیا برای قسمت Impact pad و دیواره و جرمهای آلومینا- اسپینل برای قسمت کف کوره به جز Impact pad بکار می روند [۲]. مقاومت در برابر خوردگی جرمهای آلومینا- منیزیا بهتر از جرمهای آلومینا- اسپینل [۳] و مقاومت در برابر شوک حرارتی جرمهای آلومینا- اسپینل بهتر از نوع دیگر می باشد [۱]. دلیل مقاومت خوردگی مطلوبتر هر دو نوع جرم آلومینا- منیزیا و آلومینا- اسپینل نسبت به دیرگدازهای آلومینایی را می توان به قابلیت جذب یونهای Fe^{+3} ، Fe^{+2} ، Mn^{+2} توسط محلول جامد اسپینل موجود در جرم و در نتیجه کاهش خوردگی ناشی از مذاب فولاد و سرباره و همچنین تشکیل CA_6 در اثر واکنش CaO موجود در سرباره با Al_2O_3 موجود در زمینه جرم و در نتیجه افزایش تراکم زمینه به دلیل اختلاف دانسیته CA_6 با عوامل واکنشی نسبت داد [۴]. ضمن اینکه CA_6 حاصل از این واکنش یا تبدیلات فازهای سیمانی نیز قابلیت جذب کاتیونها را از مذاب دارد [۴]. در بحث فازها از علائم اختصاری $H=H_2O$ ، $S=SiO_2$ ، $A=Al_2O_3$ ، $C=CaO$ استفاده شده است.

مطابق دیاگرام Al_2O_3 -MgO ترکیب استوکیومتری اسپینل آلومینات منیزیم (MA) دارای ۲۸/۲ درصد وزنی MgO و ۷۱/۸ درصد وزنی Al_2O_3 می باشد و با افزایش دما انحلال آلومینا و منیزیا در آن رخ می دهد به طوری که در $1600^\circ C$ ، ۲ درصد وزنی MgO و ۶ درصد وزنی Al_2O_3 در اسپینل حل و منجر به ایجاد اسپینل غنی از منیزیا و یا غنی از آلومینا می گردد [۵]. اسپینل های محلول جامد مذکور در دمای محیط به صورت نیمه پایدار و معمولاً به صورت دو فازی، شامل فاز اصلی اسپینل محلول جامد و فاز فرعی آلومینا یا منیزیا

می باشند [۶]. حضور آلومینای آزاد در بهبود مقاومت در برابر شوک حرارتی اسپینل موثر است زیرا اختلاف ضرایب انبساط حرارتی این دو فاز موجب بسته شدن ترک های بزرگ و یا ایجاد ریزترک می گردد [۶]. در اسپینل غنی از آلومینا جاهای خالی کاتیونی و در اسپینل غنی از منیزیا جاهای خالی آنیونی افزایش می یابد. انحلال آلومینا در اسپینل موجب کاهش ابعاد سلول واحد می گردد که از این موضوع برای تخمین میزان غیر استوکیومتری بودن اسپینل استفاده می شود [۷]. مطالعات متعددی بر روی تشکیل اسپینل از مواد اولیه مختلف، صورت گرفته است. Serry و همکارانش از بروسیت رسوبی، گیبسیت، اکسید زیرکونیوم، ایلمنیت طبیعی و بوکسیت کلسینه شده برای تهیه اسپینل های مختلف استوکیومتری، غنی از آلومینا و منیزیا و همچنین اسپینل حاوی ماده افزودنی ZrO_2 استفاده کرده اند [۸]. Chen و همکارانش برای تهیه جرمهای آلومینا-منیزیا از پودر ۵/۵ درصد وزنی منیزیا حاوی ۹۵ درصد MgO و ۰/۴ درصد Al_2O_3 استفاده کرده اند [۲]. Fuhrer و همکارانش برای تهیه در جرم ریختنی آلومینا-منیزیا از زمینه حاوی آلومینای تبولار، آلومینای راکتیو، میکروسیلیس، سیمان آلومینا بالا و منیزیای آب دریا ($<0/250mm$) استفاده کرده اند [۶]. Muknopadhyoy و همکارانش ابتدا پودر اسپینل آلومینات منیزیم هیدراته را از روشهای سل-ژل و رسوبی تهیه کردند و سپس میزان ۲-۵٪ وزنی از آن را به جرم پایه آلومینایی کم سیمان اضافه کردند [۹]. Nandi و همکارانش بر روی خواص زمینه جرمهای آلومینا-منیزیا متمرکز شدند. آنها مواد زمینه را با آب مخلوط کرده و بعد از پرس کردن در دماهای $1400^{\circ}C$ تا $1500^{\circ}C$ زینتر کردند. Nandi و همکارانش از دو منبع منیزیا یکی منیزیای آب دریای زینتری ($0/089-0/251mm$) و هیدروکسید منیزیم ($<0/053mm$) استفاده کردند [۱۰]. با توجه به اینکه مطالعات بر روی کاربرد مستقیم مواد اولیه مختلف حاوی MgO در جرمهای آلومینا-منیزیا کمتر بررسی شده است در این پژوهش به این موضوع پرداخته شده است.

۲- روش تحقیق

مشخصات مواد اولیه مصرفی در جدول ۱ آورده شده است. بقیه مواد اولیه مصرفی شامل کربنات منیزیم، هیدروکسید منیزیم و کلرید منیزیم از نوع شیمیایی با خلوص ۹۹ درصد و دانه بندی زیر $74 \mu m$ بوده است. فرمولاسیون های انتخابی از نوع جرم ریختنی آلومینا-منیزیایی کم سیمان با قطر بیشینه (D_{max}) $4/76mm$ و $n = 0/3$ (در رابطه آندریازن) بوده است. میزان آلومینای تبولار ۷۸ درصد وزنی، میزان سیمان سکار ۵ درصد وزنی، آلومینای راکتیو ۷ درصد وزنی و مجموع آلومینای کلسینه شده و ماده اولیه انتخابی حاوی منیزیا ۱۰ درصد وزنی بوده است. میزان ماده اولیه حاوی منیزیا به همراه کد فرمولها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی های مواد اولیه مصرفی

ویژگی	آلومینای تبولار	آلومینای کلسینه	آلومینای راکتیو	سیمان سکار	منیزیای زینتر
Al_2O_3	۹۹/۴۰	۹۹/۲۶	۹۹/۶	$<72/2$	<1
MgO	۰/۰۳	۰/۰۵	-	$<0/3$	>97
SiO_2	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	$<0/8$	$<0/6$
Fe_2O_3	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	$<0/3$	<1
Na_2O	$<0/35$	۰/۳۶	۰/۰۶	$<0/25$	-
CaO	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	$<29/2$	$<1/5$
سطح مخصوص	-	-	3400^1	$2600-4100^2$	-
مشخصات					
اندازه ذرات	-	-	۲/۵	۸-۹	60^3
اندازه ذرات	۴۷۶۰	۳۷	۱۲	۹۵	۷۴
فازهای اصلی	α - کورانوم	α - کورانوم	α - کورانوم	CA-CA ₂	پری کلاز

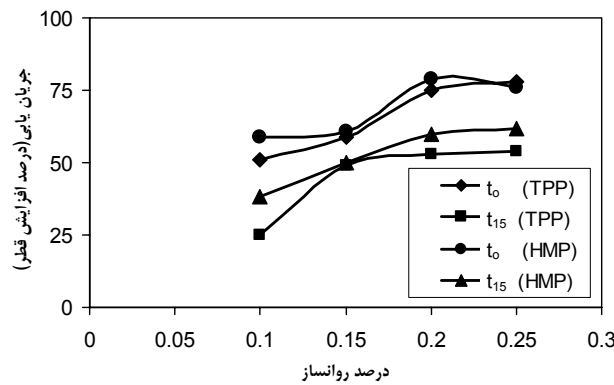
۱: با روش BET ۲: با روش بلین ۳: اندازه کریستال

۰/۱ الی ۰/۲۵ درصد وزنی تری پلی فسفات سدیم (TPP) و هگزامتافسفات سدیم (HMP) به عنوان روانساز و ۰/۰۴٪ اسید سیتریک، به عنوان کند کننده گیرش سیمان به همراه ۶/۵-۷/۵٪ آب برای تهیه مخلوط جرم انتخاب شدند. پس از ۴ دقیقه مخلوط کردن جرم به صورت خشک و ۳ دقیقه مخلوط کردن همراه با آب و

مواد افزودنی در مخلوط کن هوبرت، جرم ریختنی در قالب ویکات دارای قاعده ۱۰۰mm و ارتفاع ۵۰mm قالب گیری شد. با برداشتن حلقه در زمانهای صفر (t_0) و ۱۵ دقیقه (t_{15}) و سپس ۲۵ بار ضربه زدن با دستگاه میز جریان، درصد افزایش قطرها اندازه گیری شد که نتایج یکی از نمونه ها در شکل ۱ آورده شده است. همان طور که مشاهده می گردد افزودن ۰/۲ درصد هگزا متا فسفات سدیم تأثیر قابل ملاحظه ای در روانسازی دارد.

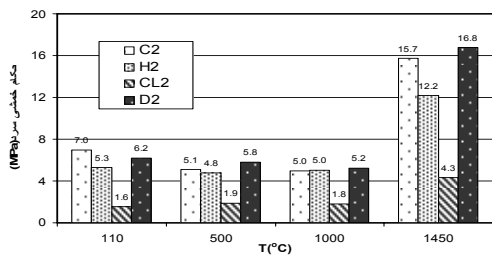
جدول ۲- میزان ماده اولیه تأمین کننده منیزیا (درصد وزنی) و کد فرمولاسیونها

منیزیا	کربنات منیزیم	هیدروکسید منیزیم	کلرید منیزیم	منیزیت زینتر شده
۰/۹۷	$C_1 = ۲/۰۳$	$H_1 = ۱/۴۰$	$Cl_1 = ۲/۲۹$	$D_1 = ۱$
۱/۹۴	$C_2 = ۴/۰۶$	$H_2 = ۲/۸۰$	$Cl_2 = ۴/۵۸$	$D_2 = ۲$
۲/۹۴	$C_3 = ۶/۰۹$	$H_3 = ۴/۲۰$	$Cl_3 = ۶/۸۷$	$D_3 = ۳$

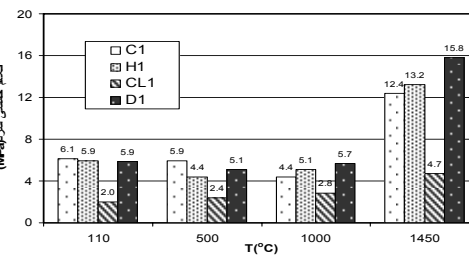


شکل ۱- خواص جریان یابی فرمول C_3 برای دو زمان مختلف

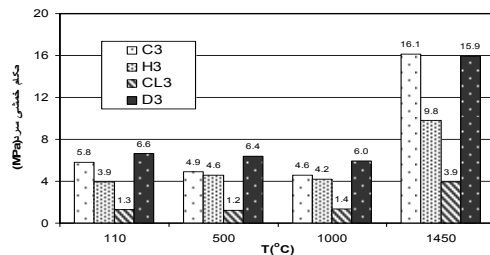
سپس بیج های مختلف پس از مخلوط کردن با آب و افزودنی ها در قالب های $۱۵۲ \times ۲۵ \times ۲۵ \text{ mm}^3$ ریخته شدند. عمل آوری (curing) در محیط مرطوب به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. بعد از آن نمونه ها از قالب ها در آورده شده و در خشک کن قرار داده شد. سرعت گرمایش تا دمای ۱۰۵°C برابر ۲۱°C/h بود و نمونه به مدت ۲۴ ساعت در این دما ماند. بعد از طی مراحل خشک کردن، نمونه ها در دماهای ۵۰۰°C ، ۱۰۰۰°C و ۱۴۵۰°C به مدت ۳ ساعت پخت گردید. پس از سرد شدن استحکام خمشی سه نقطه ای نمونه ها با دستگاه Shenk اندازه گیری شد که میانگین ۵ نمونه در شکل های ۲ الی ۴ آورده شده است.



شکل ۳- استحکام خمشی نمونه های مختلف دارای ۲/۹۴ MgO



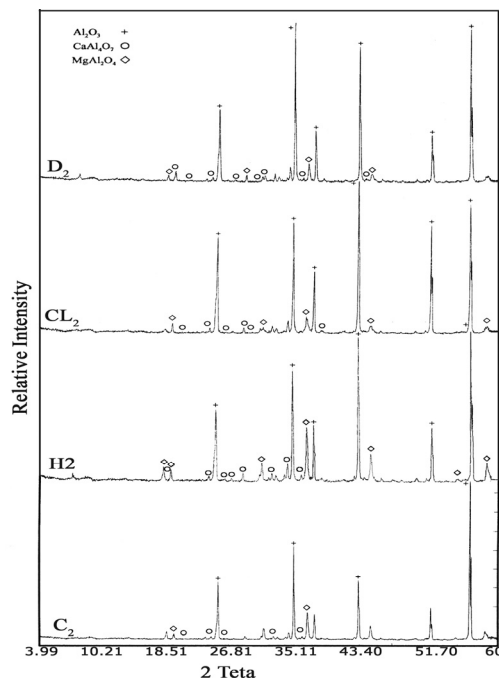
شکل ۲- استحکام خمشی نمونه های مختلف دارای ۰/۹۷ MgO



شکل ۴- استحکام خمشی نمونه های مختلف دارای ۲/۹۴ MgO



برروی نمونه های پخته شده حاوی ۱/۹۴٪ MgO که انتظار می رفت بعد از پخت در 1450°C ، در آنها ۶/۸۸٪ اسپینل تشکیل شود آزمایش پراش پرتو x (توسط دستگاه Jeol JDX-8030) صورت گرفت. الگوهای پراش پرتو x نمونه های مذکور در شکل ۵ آورده شده است. ریز ساختار نمونه های فوق توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM+EDX) مدل S360-Cambridge مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از این بررسی ها در شکل های ۶ الی ۹ آورده شده است.



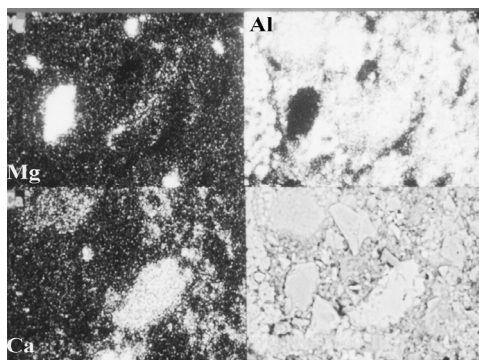
شکل ۵- الگوی پراش اشعه X نمونه های مختلف حاوی ۱/۹۴٪ پس از پخت در دمای 1450°C

۳- نتایج و بحث

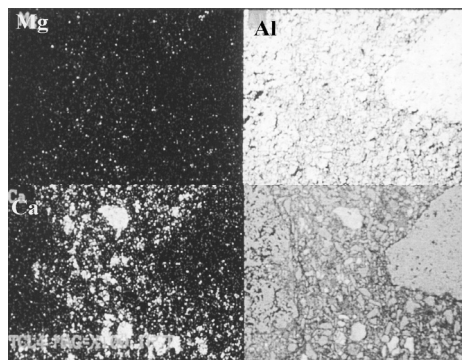
مطابق شکل ۱ روانسازی مناسب با ۰/۰۴٪ اسید سیتریک و ۰/۲٪ هگزا متا فسفات سدیم حاصل می شود که میزان آب مصرفی با تست ball in hand برای نمونه های حاوی منیزیت زینتر شده و کربنات منیزیم ۶/۵٪ ، برای جرمهای حاوی هیدروکسید منیزیم ۷٪ و برای نمونه های حاوی کلرید منیزیم ۷/۵٪ بود. با توجه به این که درصد آب مصرفی برای جرمهای کم سیمان ۵٪ وزنی می باشد ، به نظر می رسد که دانه بندی ترکیبات مورد بررسی در این تحقیق از دانه بندی ایده ال فاصله دارند و همچنین بهتر است که با روانسازهای تجاری روانسازی انجام گردد. ضمناً انحلال یا ژلاسیون برخی از ترکیبات حاوی منیزیای استفاده شده نیز می تواند خود عامل دیگری برای مصرف بیشتر آب باشد.

نتایج استحکام خمشی سرد مطابق شکل های ۲ الی ۴ نشان می دهد که استحکام نمونه های حاوی منیزیای زینتر شده و کربنات منیزیم تقریباً در دماهای مختلف شبیه هم می باشد و بعد از آن استحکامهای نمونه های حاوی هیدروکسید منیزیم و در نهایت استحکام های نامطلوب نمونه های کلرید منیزیم قرار دارد. استحکام 110°C نمونه ها به توزیع دانه بندی، درصد سیمان، عمل آوری نمونه ها، میزان آب مصرفی و کنش های متقابل مواد افزودنی و مواد دیگر بر روی همدیگر بستگی دارد. استحکام 500°C اکثر نمونه ها نسبت به استحکام 110°C مقداری کاهش دارد. این موضوع به دلیل دهیدراته شدن فازهای سیمانی موجود در زمینه مثل C_3AH_6 ، C_2AH_8 ، CAH_{10} ، C_2S ، C_3S ، C_4S ، C_5S_2 ، C_6S_3 ، C_7S_2 ، C_8S_2 ، C_9S_2 ، C_{10}S_2 ، C_{11}S_2 ، C_{12}A_7 ، C_{12}A_7 ، C_{12}A_7 و احتمالاً مقداری از فازهای دهیدراته وجود دارد. به دلیل عدم استفاده از میکروسلیس در کلیه نمونه ها فاز زئولیتی CASH وجود ندارد که از افت استحکام نمونه ها در دماهای میانی به دلیل داشتن ناحیه

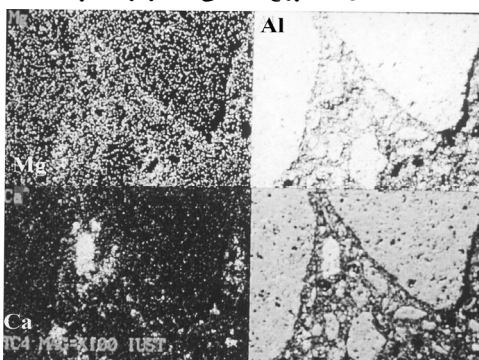
وسیع دهیدراسیون جلوگیری کند [۱۲]. استحکام قطعات پخته شده در 1000°C تقریباً در کلیه نمونه ها نسبت به استحکام قطعات پخته شده در 500°C افت جزئی دارد که احتمالاً به دلیل دهیدراته شدن فازهای هیدراته باقیمانده و یا ایجاد فازهای CA، CA_2 و A از فاز C_{12}A_7 می باشد که به دلیل اختلاف دانسیته ها با انقباض موضعی موجب ایجاد تنش در درون زمینه و افزایش جزئی در اندازه تخلخل ها می گردد که می تواند در نهایت موجب افت استحکام گردد [۱۱]. ضمناً در نمونه های حاوی کربنات منیزیم، هیدروکسید منیزیم و کلرید منیزیم به دلیل اتمام تجزیه در دمای 1000°C تخلخل بیشتری بایستی وجود داشته باشد.



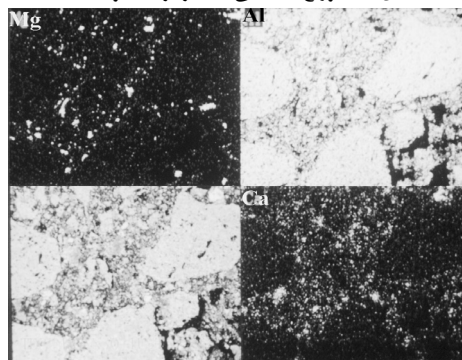
شکل ۷- توزیع نقشه یی عناصر برای نمونه H₂



شکل ۶- توزیع نقشه یی عناصر برای نمونه CL₂



شکل ۹- توزیع نقشه یی عناصر برای نمونه C₂



شکل ۸- توزیع نقشه یی عناصر برای نمونه D₂

در جرمهای آلومینا- منیزیا تشکیل اسپینل از 1200°C شروع می شود و در 1400°C به سرعت زیادی انجام می شود [۶]. موضوع تشکیل اسپینل در همه جرمهای مورد مطالعه توسط پراش اشعه x مطابق شکل ۵ تایید گردیده است. اسپینل تشکیل شده تا 1400°C تقریباً استوکیومتری می باشد ولی بعد از آن بویژه در حوالی 1600°C اسپینل غنی از آلومینا به مقدار زیادی تشکیل می گردد. از طرف دیگر فاز CA موجود در قسمت سیمانی به تدریج به CA_2 و CA_6 در محدوده دمای 1200°C تا 1400°C تبدیل می گردد که اگر در نزدیکی سطح ذرات آلومینای تبولار باشد به سطح آن نفوذ می کند و موجب افزایش استحکام می گردد [۱۳]. مطابق الگوهای پراش اشعه x (شکل ۵) در نمونه های مورد مطالعه CA_2 وجود دارد. اگر چنانچه مقدار جزئی میکروسیلیس یا سیلیس فعال در زمینه باشد با تشکیل فازهای آلومینوسیلیکات منیزیم کلسیم CMAS در زمینه موجب افزایش استحکام سرد می گردد [۴]. به نظر می رسد که پدیده های فوق به همراه با زینتر در دمای 1450°C عامل افزایش شدید استحکام نمونه ها نسبت به دمای 1000°C می باشد.

درباره استحکام سرد نمونه های MgCl_2 در تمام درصدها و نمونه های $\text{Mg}(\text{OH})_2$ در نمونه H₃ بایستی به رفتار این دو ماده در هنگام مخلوط کردن و خشک کردن توجه شود. میزان انحلال MgCl_2 در دمای 20°C حدود $50\text{ gr}/100\text{ml}$ و $\text{Mg}(\text{OH})_2$ و MgCO_3 حدود $0.1\text{ gr}/100\text{ml}$ و $0.006\text{ gr}/100\text{ml}$ می باشد [۱۴]. بنابراین انتظار می رود که کلرید منیزیم در هنگام ساخت به عنوان عامل دلمه کننده سیستم عمل کند و موجب افزایش درصد آب مصرفی می گردد که خود عاملی برای کاهش استحکام می باشد، از طرف

دیگر هنگام خشک کردن مقدار قابل توجهی از کلرید منیزیم به سطح قطعه مهاجرت می‌کند و بنابراین از تاثیر آن در تشکیل اسپینل کاسته می‌گردد. عکس توزیع نقشه‌ای نمونه Ca_2 مطابق شکل ۶ نمایشگر تجمع مقداری از سیمانها به دلیل دلمه شدن (مطابق توزیع عنصر Ca) و وجود مقدار کم Mg در زمینه می‌باشد که نظرات فوق را تایید می‌کند. انحلال $Mg(OH)_2$ بسیار کمتر از $MgCl_2$ می‌باشد ولی بایستی توجه نمود که هیدروکسید منیزیم خود چسب جداگانه‌ای می‌باشد هنگام مخلوط کردن درصدهای کم آن (نمونه H_1) پدیده خاصی مشاهده نمی‌گردد ولی هنگام مخلوط کردن درصدهای بالای آن (H_3) احتمالاً به دلیل تاثیر نامطلوب دو نوع چسب سیمان آلومینا بالا و هیدروکسید منیزیم بر روی هم، هم میزان آب مصرفی کمی بالا می‌رود و هم اینکه احتمال خوب پخش نشدن آنها وجود دارد همان طور که شکل میکروسکوپی ۷ نمایانگر وجود $Mg(OH)_2$ دیسپرز نشده می‌باشد. مطابق شکل میکروسکوپی ۸ توزیع عنصر Mg حاصل از تجزیه کربنات بسیار ریز می‌باشد ولیکن مقداری اگلومراسیون در سیمان بر اساس توزیع نقشه‌ی عنصر Ca مشاهده می‌گردد. مطابق شکل میکروسکوپی ۹ توزیع عنصر Mg درشت تر از توزیع عنصر Mg ناشی از تجزیه کربنات می‌باشد که به درشت کریستال بودن منیزیای زینتر شده استفاده شده بر می‌گردد و لیکن به دلیل توزیع تقریباً یکنواخت آن در زمینه به همراه توزیع یکنواخت سیمان (مطابق توزیع Ca) شاهد استحکام مناسبی از آن می‌باشیم.

۴- نتیجه‌گیری

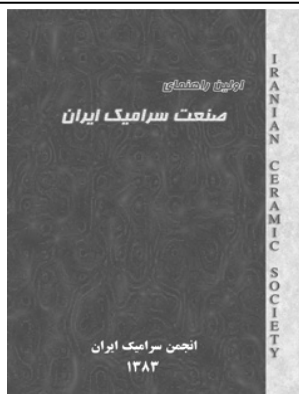
- تهیه جرمهای آلومینا- منیزیا با خواص مکانیکی سرد و ریز ساختار مناسب با مواد اولیه حاوی منیزیای دببرن و کربنات منیزیم با منیزیای معادل $2/91-0/97$ wt قابل انجام است.
- کلرید منیزیم به دلیل انحلال بالای آن هنگام تهیه جرم و مهاجرت آن به سطح هنگام خشک کردن برای کاربرد در جرمهای آلومینا- منیزیا توصیه نمی‌شود.
- مصرف هیدروکسید منیزیم به مقادیر کمتر از $2/8$ wt در این جرمها قابل انجام است ولی در مقادیر بالاتر به دلیل خاصیت ژلاسیون خود هیدروکسید منیزیم خواص مکانیکی جرمها افت می‌کند و ریزساختار نا هموزنی در زمینه حاصل می‌گردد.

مراجع

1. Y.C KO "Influence of the characteristics of spinels on the slag resistance of Al_2O_3 -MgO and Al_2O_3 -Spinel castables" J.Am.Ceram.Soc. 83[9], 2333-2335, 2000
2. S.K.Chen, M.Y.Cheng, S.J.Lin, Y.C KO "Thermal characteristics of Al_2O_3 -MgO and Al_2O_3 -spinel castables for steel ladles" ceramic International, 28, 811-817, 2002
3. M. Nakashima, T.Isobe, S.Itose, A.Touno, I.Shimizu "Improveing the corrosion resistance of alumina-spinel castables by spinel additions" Journal of the Technical Association of Refractoriues, Japan 21[3] 155-161, 2001
4. F.Simonin, C.Olagnon, S.Moximilien, G.Fantozzi "Thermomechanical behavior of High-alumina refractory castables with synthetic spinel additions" J.Am.coram.soc. 83[10] 2481-2490, 2000
5. R.W.Mcconnell, R.A.Marra, F.A.Fullington, "Benefits of sintered magnesium aluminate spinels in high purity castable refractories" Refractories Applications and news, vol. 7.NO.20 23-28, 2002
6. M.Fuhrer, A.Hey, W.E.Lee "Microstructural evolution in self-forming spinel/calcium aluminate-bonded castable refractories" J.Eur.ceram.soc. 18,813-820, 1998
7. C.F.Chan, Y.C.KO "A study of commercial Magnesia-Alumina spinels for alumina-spinel castables" Interceram.vol.47.NO.6, 374-378, 1998
8. M.A.Serry, S.M.Hammd, M.F.M. Zawrah "phase composition and microstructure of refractory $MgAl_2O_4$ spinel grains" British ceramic Transactions vol.97, No.6, 1998
9. S.Mukhopadhyay, S.Sen, T.Maiti, M.Mukherjee, B.N.Nandy, B.K.sinhomahapatra. "In situ spinel bonded refractory castable in relation to co-precipitation and sol-gel derived spinel forming agent" ceramics International 29, 857-868, 2003
10. P.Nandi, A.Grag, B.D.chattoraj, M.S.Mukhopadhyoy "Effect of silica and temperature on

- spinel-based high-alumina castables" Am. Ceram.Soc.Bull. 79(12), 65-70, 2000
11. A.Nishikawa " Technology of monolithic refractories" plibrico Japan, 1984
 12. B. Myhre and B.Sandberg "The use of microsilica in refractory castables" seminar on monolithic refractory, Tehran, Iran, 1997
 13. C.F.Chan, Y.C.KO "Effect of CaO content on the hot strength of alumina-spinel castables in the temperature range of 1000°C to 1500°C ". J. Am.ceram.soc.81 [11], 2957-60, 1998
 14. F.Singer, S.S.Singer, "Industrial Ceramics", Chapman & Hall LTD., London, 1960.

اطلاع یافتیم که در هجدهمین جشنواره بین المللی خوارزمی در بخش پژوهش های توسعه ای آقای مهندس محمد باوند وندچالی از اعضای فعال انجمن با طرح (افزایش طول عمر آستر نسوز پاتیلهای فولاد سازی با استفاده از نسوزهای جدید) رتبه دوم این بخش را به خود اختصاص دادند. کسب این مقام را به ایشان تبریک گفته و آرزومندیم شاهد موفقیت های بیشتر ایشان در جامعه سرامیک کشور باشیم.



اولین راهنمای سرامیک ایران به منظور اطلاع رسانی و معرفی کلیه واحدهای صنعتی ، تحقیقاتی و آموزشی سرامیکی تهیه گردید. علاقمندان می توانند این مجموعه را از دفتر انجمن سرامیک ایران تهیه فرمایند.
قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال / اعضا: ۲۰۰۰۰ ریال

تازه‌های علمی سرواژیک

محققان مرکز تحقیقات جهانی GE

با استفاده از یک نانو لوله

ساخت دیود نانو با قابلیت سوئیچینگ جریان الکتریکی

کربنی وسیله‌ای ساخته‌اند که جریان الکتریکی

را به یک جهت محدود کرده و می‌تواند عمل سوئیچ جریان الکتریکی از یک جهت به جهت دیگر را انجام دهد. نانوتیوبهای کربنی عبارت از ورقه‌های لول شده از جنس اتم های کربن هستند که قطر آنها می‌تواند کمتر از یک نانومتر باشد. یک نانومتر برابر با یک میلیونیم میلیمتر و معادل عرض ۱۰ اتم هیدروژن است. این ریز دیود اتصال P-N می‌تواند به عنوان یک ترانزیستور اثر میدان یا دیود نوری مورد استفاده قرار گیرد. این وسیله یک گام به جلو در تلاش برای ساختن قطعات الکترونیکی با ابعاد ریز سنجش است که امید می‌رود سریع‌تر و کم مصرف‌تر از وسیله‌های بزرگ مشابه خود باشند. این سوئیچ نانو از یک نانو لوله تک دیواره ساخته شده و دو سر آن به الکترودهایی که در دو انتهای آن کار گذاشته شده متصل شده‌اند. موقعیت الکترودهای دریچه (گیت) در زیر هر یک از دو سر نانو لوله قرار دارد. گسیل کردن جریان مثبت به یک الکتروود دریچه، یک میدان الکتریکی مثبت در اطراف بخشی از نانو لوله ایجاد می‌کند، به نحویکه این ناحیه از نانو لوله را وادار به راندن جریان منفی شارژ شده از الکتروود دیگر که در فاصله دورتری قرار دارد می‌کند. به گفته این محققان در فن آوری نانو، اصلاح قطعات و مدارهای الکترونیکی معمولاً به جای استفاده از میدان های الکتریکی با استفاده از مواد شیمیایی انجام می‌شود. اما کاربرد روش شیمیایی برای نانو تیوب‌های کربنی مشکل‌تر است. دانشمندان شرکت کننده در این تحقیق می‌گویند قطعات الکترونیکی منفرد یا قطعات سنسوری که با استفاده از وسایل نانو تیوبی ساخته می‌شوند از لحاظ عملی ظرف چند سال قابل ساخت و تولید هستند، اما قبل از آنکه بتوان از قطعات الکترونیکی نانو برای کاربردهای الکترونیکی که مستلزم کاربرد میلیونها قطعات با اتصالات متداخل می‌باشند استفاده نمود احتمالاً به یک دهه یا بیشتر زمان احتیاج است.

منبع: مجله *Applied Physics Letters*

دانشمندان ماده سیمانی محکمی

را تولید کرده‌اند که در

محصول تازه: سیمان محکم برای ترمیم استخوان

جراحی ترمیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک

گروه تحقیقاتی در دانشگاه بیرمنگام دریافتند که با افزودن سدیم سیترات می‌توان سیمان کلسیم فسفاتی سه برابر محکمتر از قبل ساخت. بدین ترتیب این ماده می‌تواند برای ترمیم استخوان‌های تحمل کننده فشار همچون استخوان‌های بلند پا و استخوان فک بکار رود. این ماده سیمانی از طریق سرنگ‌های کوچک قابل تزریق است و لذا حتی در قسمت‌هایی از بدن که دسترسی بدان دشوار است براحتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیمان کلسیم فسفات از اواخر دهه ۱۹۸۰ بوسیله جراحان مورد استفاده قرار گرفته است زیرا سرعت کار گذاشته شده و در دمای بدن اسیدبسته خنثی دارد. همچنین بمنظور کمک به روند درمان میتوان آن را با داروها و پروتئین‌ها همراه کرد اما بمحض قرارگیری شکننده و نسبتاً ضعیف می‌شود بطوریکه قدرت آن نصف قدرت اکثر استخوان‌های بدن انسان است. علت این است که طی روند جایگذاری منافذ ریزی در این ماده سیمانی ایجاد می‌شوند. افزودن سدیم سیترات با کاهش ایجاد خلل و فرج قدرت آن را افزایش می‌دهد. در واقع آنقدر سخت و محکم می‌شود که میتوان با مته پیچ‌های فلزی را در آن جای داد. به گفته دکتر جک بارالت بتون استخوان معمولاً برای تعمیر حفره‌های ایجاد شده در استخوان در اثر تروما یا بیماری بکار می‌رود. متأسفانه قدرت بتون معمولاً خیلی کمتر از استخوان اطرافش است که این امر پیوندهای استخوان را دشوار می‌سازد. افزودن مقدار کمی سدیم سیترات ذرات سیمانی را بهم پیوسته‌تر می‌نماید که همراه با فشار به عمل چسبندگی با سیمانی متراکم‌تر و با منافذ

کتر کمک می‌کند. شاید این سیمان محکم در قسمت‌های مهم و تحمل‌کننده فشار جایگزین استخوان شود و بهبودی بیمار را تسریع و کیفیت زندگی را اصلاح نماید. محققان امیدوارند ماده سیمانی آنها بویژه بعنوان راهی برای استحکام استخوان‌های نخاعی شکسته شده، استخوان‌های تضعیف شده در اثر پوکی استخوان یا سرطان مفید واقع شود. همچنین تغییر موقعیت استخوان‌های فک در درمان آپنه (قطع موقت تنفس به هنگام خواب) موثر باشد

ساخت استخوان‌های مصنوعی جدید

سالانه تقریباً بیش از یک میلیون عمل

تعویض استخوان در آمریکا انجام

می‌شود که این رقم با رشد جمعیت افزایش می‌یابد

اگرچه در اغلب موارد این کار تحرک را به بیمار باز گردانده و ناراحتی او را از بین می‌برد. بر اساس گزارش دو هفته‌نامه علمی، خبری فناوری نانو، متوسط عمر فلزاتی که داخل بدن بیمار قرار داده می‌شوند بیش از ۱۰ سال نیست شاید یکی از دلایل اولیه ای که به ذهن می‌رسد این باشد که فلز به آسانی نمی‌تواند با بدن بیمار یکپارچه شود. دکتر "سامیتا بوز" و همسرش دکتر "آمیت باندوپاهیا"، از دانشگاه ایالتی واشنگتن، در نظر دارند استخوان‌هایی بسازند که بیشترین مطابقت را با خواص فیزیکی و زیستی استخوان‌های طبیعی داشته باشند. هدف آنها ساخت استخوان‌ها و دندان‌های مصنوعی قابل کاشت در بدن بیمار است به طوری که از لحاظ قدرت استحکام و سختی با استخوان‌های طبیعی برابری کرده و بدن بیمار هم آنها را بپذیرد. به این منظور آنها به ایجاد نوعی سرامیک براساس نانو ساختارهایی از جنس فسفات کلسیم برای تعمیر و بازسازی نقایص استخوانی اقدام کردند با این حال بعد از هفت سال تلاش طاقت فرسا اقرار می‌کنند که تقلید از طبیعت چندان هم ساده نیست. اگرچه ایده این محققان به نظر ساده می‌آید اما قابلیت آن بسیار زیاد است حال که استخوان‌های طبیعی بدن ما از ذرات بسیار ظریف و فوق‌العاده ریزی ساخته شده اند چرا استخوان‌های مصنوعی را بر این اساس نسازیم. استخوان‌های بدن انسان سرامیک‌هایی از جنس فسفات کلسیم هستند که محتوی ذراتی نانومتری هستند در عین حال یکی از عوامل تعیین‌کننده در موفقیت کاشت استخوان پدیده ای است که در فصل مشترک بین بافت و مواد کاشته شده رخ می‌دهد. مواد کاشته شده ای که به خوبی به بافت اطراف خود متصل نشده باشند به آسانی از بین می‌روند اما با ساخت ذراتی پودری در ابعاد نانومتری نسبت سطح به حجم مواد کاشتنی افزایش یافته و سطح به حجم مواد کاشتنی افزایش یافته و سطح وسیع تری را ایجاد می‌کنند و به این ترتیب ذرات و دانه‌ها فرصت بیشتری برای اتصال خواهند داشت. در حال حاضر بوز و گروهش موفق شدند نانو پودرهایی از جنس فسفات کلسیم با ابعادی بین ۳۰ تا ۵۰ نانومتر بسازند که این نانو پودرها علاوه بر بهبود مترامک سازی همان قدرت و استحکام سرامیک‌ها را دارند. اکنون از نانو پودرها برای توسعه کاشت سرامیک‌های متخلخلی استفاده می‌شود که برای هم جوشی ستون مهره‌ها نقایص کوچک استخوانی و برخی مصارف دندان پزشکی به کار می‌روند آنچه واقعا در تمام این کاربردها مورد نیاز است ساختارهای متخلخل بسیار محکمی است که علاوه بر سازگاری با بدن بتواند رشد بافت‌ها را شروع کرده و بتواند در طی دوره درمان استحکام ساختاری لازم را برای آن فراهم آورد. دکتر بوز امیدوار است، بافت‌های بدن این سرامیک‌های نانومقیاس را راحت‌تر از فلزات قبول کرده و در نتیجه این نوع مواد کاشته شده در بدن بهتر به بافت‌های اطراف خود متصل می‌شوند. در مجموع می‌توان گفت: فناوری نانو در عرصه تحقیقات زیست پزشکی، مهندسی بافت و زیست مهندسی قرن ۲۱ حرف‌های زیادی برای گفتن دارد. مزیت نانومقیاس نسبت به مواد دیگر، آن است که حتی استخوان‌های طبیعی بدن هم از اجزای نانومقیاس تشکیل شده و سلولهای بدن به برهم کنش با سطوح نانو ساختاری استخوان‌های بدن عادت دارند.

افتتاح یکی از بزرگترین کارخانه‌های تولید کاشی، سرامیک و

گرانیت

بهره‌برداری از یکی از

بزرگترین

کارخانه‌های تولید

کاشی، سرامیک و گرانیت ایران با حضور

رئیس‌جمهور و وزیر صنایع و معادن آغاز شد. سیدمحسن ترابی - رئیس هیات مدیره مجتمع کارخانجات کاشی، سرامیک و گرانیت الماس کویر رفسنجان - در مراسم افتتاح این کارخانه گفت: کارخانه کویر رفسنجان توان تولید سالانه ۱۰ میلیون مترمربع انواع کاشی دیوار، کف، گرانیت و پخت سوم را داراست. وی سرمایه‌گذاری اولیه انجام شده برای احداث این کارخانه را ۴۰ میلیارد تومان عنوان کرد و افزود: تولید آزمایشی کارخانه کویر رفسنجان از اردیبهشت سال جاری آغاز شده است. ترابی اشتغال‌زایی را مهم‌ترین هدف راه‌اندازی این کارخانه عنوان کرد و گفت: با راه‌اندازی کارخانه کویر رفسنجان ۸۰۰ فرصت شغلی مستقیم و هزاران فرصت شغلی غیرمستقیم در منطقه رفسنجان ایجاد خواهد شد. وی با اشاره به وجود برخی مشکلات در صنعت

کاشی و سرامیک کشور اظهار کرد: اعمال معافیت مالیاتی، اصلاح قانون کار، کاهش نرخ بهره بانکی و افزایش زمان بازپرداخت تسهیلات بانکی از جمله مواردی است که دولت باید به منظور حمایت از صنعت کشور به آنها توجه داشته باشد. برای احداث کارخانجات کاشی و سرامیک کویر رفسنجان ۲۰ میلیون دلار تسهیلات از حساب ذخیره ارزی و ۶۰ میلیارد ریال تسهیلات از بانک ملی دریافت شده است. همچنین ارزش این کارخانه ۸۰۰ میلیارد ریال برآورد می‌شود.

نسوز آذر کارخانه دولومیت کلسینه را در مجتمع فولاد مبارکه احداث می‌کند

مهندس یاران مدیر عامل شرکت فرآورده های نسوز آذر، با اعلام این خبر گفت این شرکت در مناقصه احداث و بهره برداری

از کارخانه دولومیت کلسینه در شرکت فولاد مبارکه اصفهان با ظرفیت ۵۰۰ تن تولید روزانه برگزیده شده و برای ۱۵ سال بهره برداری می‌نماید. وی افزود بر اساس این قرارداد که از نوع BOL و موسوم به ساخت و بهره‌برداری و تحویل پروژه می‌باشد واحد تاسیس شده بعد از ۱۵ سال بهره برداری توسط شرکت نسوز آذر به مجتمع فولاد مبارکه تحویل خواهد شد. مدیر عامل شرکت آذر اصفهان افزود اجرای این طرح سالیانه ۱۰ تا ۱۵ میلیارد ریال سود آوری برای شرکت خواهد داشت. برای این پروژه ۱۰۰ میلیارد ریال سرمایه گذاری شده است. محل اجرای این طرح در مجتمع فولاد مبارکه می‌باشد و ظرفیت سالانه این واحد بطور سالیانه ۱۸۰ هزار تن است، طبق برآوردهای اعمال شده بطور مستقیم برای ۶۵ نفر اشتغال را خواهد بود و از این طریق اشتغال در صنایع و معادن پایین دستی نیز رونق خواهد گرفت.

صنایع معدنی

یک کارشناس صنایع معدنی وزارت صنایع و معادن گفت: ایران با مصرف ۹۰ میلیون متر مربع حدود ۱/۷ درصد مصرف کاشی سرامیک دنیا را به خود اختصاص داده است. فرزاد تعویذی افزود: چین بزرگترین مصرف کننده کاشی سرامیک دنیا است که

با یک میلیارد و ۷۵۰ میلیون متر مربع، ۳۲/۳ درصد مصرف کاشی جهان را به خود اختصاص داده است. وی افزود: ایران در تولید کاشی سرامیک جهان رتبه نهم دارد و سالانه با تولید ۱۰۵ میلیون متر مربع ۱/۸ درصد تولید جهان و در مصرف کاشی رتبه دوازدهم دارد. وی افزود: مصرف کاشی سرامیک در ایران از کشورهای ترکیه، کره جنوبی، روسیه، مصر، پرتغال، تایلند، لهستان، عربستان، بریتانیا، ژاپن، مالزی، تایوان، الجزایر، استرالیا، مراکش، یونان، امارات متحده عربی و کانادا بیشتر است. تعویذی گفت: مصرف کاشی سرامیک ایران در سال ۷۸ حدود ۵۴ میلیون متر مربع، در سال ۷۹ حدود ۶۵ میلیون متر مربع، در سال ۸۰ حدود ۷۲ میلیون متر مربع و در سال ۸۱ حدود ۹۰ میلیون متر مربع بود که ۱/۷ درصد تولید جهانی این محصول است. وی افزود: کل مصرف کشورهای جهان در کاشی سرامیک در سال ۲۰۰۲ میلادی یا ۱۳۸۱ حدود پنج میلیارد و ۴۲۶ میلیون متر مربع بوده است که ۳۰ کشور عمده مصرف کننده جهان از جمله ایران در مجموع ۶/۸۷ درصد کل مصرف جهان را به خود اختصاص داده اند.

اعتراض ۸۰۰ پیشکسوت صنعت سیمان به دخالت دولت در قیمت سیمان

۸۰۰ نفر از کارشناسان و پیشکسوتان صنعت سیمان کشور در بیانیه پایانی همایش بین‌المللی سیمان تهران خواستار اجرای کامل طرح جامع توزیع سیمان و پرهیز دولت از قیمت گذاری این کالا

شدند شرکت کنندگان در همایش بین‌المللی سیمان که ۱۲ و ۱۳ مهرماه برگزار شد در این بیانیه اعلام کردند: ما جمعیت ۸۰۰ نفری کارشناسان و پیشکسوتان این صنعت ۷۱ ساله در این همایش بین‌المللی در تایید سخنان مهندس اسحاق جهانگیری وزیر محترم صنایع و معادن مبنی بر پرهیز دولت از قیمت گذاری سیمان و اجرای کامل طرح جامع توزیع سیمان از دولت می‌خواهیم به منظور حذف بازار سیاه سیمان و تامین بودجه لازم برای اجرای پروژه‌های جدید التاسیس، با اجرای طرح فوق‌الذکر خصوصاً ماده ۱۳ آن موافقت کند تا با این اقدام به جا زمینه برای جذب بیشتر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و مردمی در این صنعت که خمیر مایه سازندگی و عمرانی و آبادانی است، فراهم گردد. ۸۰۰ کارشناس و پیشکسوت صنعت سیمان اعلام کردند: ما بر این باوریم که سیاست‌های جدید دولت محترم جمهوری اسلامی ایران مبتنی بر افزایش ظرفیت جهشی صنعت سیمان در سه سال گذشته و رشد تولید سیمان از میانگین سالیانه حدود ۳/۵ درصد برنامه سوم توسعه به حدود ۲۰ درصد در برنامه چهارم توسعه، حرکتی قابل تقدیر است. در ادامه این بیانیه آمده است: موفقیت این تدبیر آگاهانه در گرو تامین اعتبارات است تا بار دیگر به دلیل محدودیت سقف

اعتباری و تسهیلات بانکی حدود ۱۵۰۰ میلیارد ریال ارزش سهام سیمانی در بورس تهران کاهش نیابد و سودآوری منطقی و معقول کارخانجات سیمان محقق شود. عدم تامین سرمایه در گردش صنعت سیمان به میزان ۴۰۰۰، ۲۵۰۰ میلیارد ریال برای اجرای ۲۲ میلیون تن سیمان افزایش ظرفیت سبب خواهد شد که زمان پیش‌بینی اجرای پروژه که باید ظرف سه سال به بهره‌برداری برسد تا ده سال به تعویق افتد و دولت برای اجرای برنامه‌های عمرانی خود دچار کمبود این ماده حیاتی و سازنده شود.

عبده تبریزی، خواستار کاهش کنترل قیمت سیمان از سوی دولت شد

گروه بورس: دبیر کل بورس اوراق بهادار تهران

در همایش بین‌المللی سیمان، خواستار کاهش کنترل قیمت این

محصول از سوی دولت و آزادسازی قیمت‌گذاری آن

شد. حسین عبده تبریزی در این همایش که با حضور وزیر صنایع و معادن، رییس بنیاد مستضعفان و برخی از مدیران و کارشناسان فعال در این بخش تشکیل شد گفت: صنعت سیمان با توجه به روند رو به رشد خود در سال‌های آینده به بازار سرمایه نیاز دارد. از این رو باید با ایجاد زمینه از جمله ورود شرکت‌های جدید، افزایش سرمایه و انتشار اوراق مشارکت، این بخش را بیش از پیش تقویت کرد. وی که در خصوص سهم سیمان در بازار بورس سخن می‌گفت، اظهار داشت: ۵۰ درصد ارزش بازار سرمایه کشور در زمان حاضر متعلق به ۱۵ شرکت فعال در بازار می‌باشد که سه شرکت آن سیمانی است.

دبیر کل بورس تهران گفت: سیمان فارس و خوزستان با شش درصد سهم از ارزش این بازار در جایگاه دوم این شرکت‌ها قرار گرفته است. وی اضافه کرد: سیمان تهران که نهمین شرکت در این زمینه است، ۲/۴ درصد ارزش کل این ۵۰ درصد را در اختیار دارد. همچنین سیمان سپاهان با کسب جایگاه یازدهم در این بخش، معادل ۲/۳ درصد ارزش این بازار را بر عهده دارد.

عبده تبریزی ارزش کل سرمایه شرکت‌های سیمان حاضر در بورس را در شرایط کنونی حدود ۹ میلیارد دلار ذکر کرد و متذکر شد: از آنجا که این میزان سال گذشته معادل ۲۰ درصد ارزش کل بورس اوراق بهادار تهران بود، شاخص‌های بورس همواره تحت تاثیر قیمت کارخانه‌های سیمان قرار دارد. وی گفت: وجود نوسان در شاخص بورس حاکی از انعطاف‌پذیر نبودن این بازار است، ضمن آن‌که معنای دیگر آن این است که تاکنون موفق به ایجاد تنوع در این بازار نشده‌ایم.

دبیر کل بورس تهران یادآور شد: به دلیل ورود شرکت‌های ساختمانی و نهادهای مالی جدید و... به این بازار، ارزش سهام شرکت‌های سیمان امسال به ۱۹ درصد ارزش کل این بازار کاهش می‌یابد. وی با اشاره به ارقام تحقق‌یافته (P/E نسبت قیمت بر درآمد) گفت: این رقم که میانگین آن در سال گذشته معادل ۲۰ درصد بود، برای بازار ایران بسیار بالا است، اما در عین حال شرکت‌هایی بودند که این نسبت برای آنها معادل سه درصد بود. وی با بیان آنکه بالاترین P/E مربوط به نهادهای مالی و شرکت‌های سرمایه‌گذاری است گفت: میانگین P/E شرکت‌های سیمان امسال ۳/۶ درصد است و این بدان معنا است که امسال شاهد ترقی و افزایش این نسبت نبوده‌ایم.

عبده تبریزی از تغییر روند این نسبت در سهام کارخانه‌های سیمان در سال جاری خبر داد. وی از ۳۶۰ درصد رشد در حجم معامله‌های بورس در سال گذشته خبر داد و پیش‌بینی کرد: این میزان در سال جاری معادل ۳۰۰ درصد رشد می‌یابد.

کنکور ورود سیمان به بورس

ضروری یا غیر ممکن بودن ورود سیمان به بورس، و پیامدهای

ناشی از آن مسئولان و کارشناسان بخش‌های مختلف را به

واکنش‌های متفاوت واداشته است که در نهایت نمی‌توان شفاف‌سازی قیمت این محصول را به عنوان پیامد اصلی آن از نظر دور داشت. شنیده‌های روزهای اخیر حکایت از غیرممکن بودن ورود سیمان به بورس از یک سو و ضروری بودن ورود سیمان به بورس به منظور شفاف‌سازی قیمت این محصول دارد. معاون فنی و عملیاتی بورس فلزات معتقد است که برای ورود سیمان به بورس باید اساسنامه این بورس به بورس کالاهای صنعتی و معدنی تغییر کند. منوچهر اصغرزاده با تاکید بر اینکه هم اکنون کمبود سیمان نداریم اظهار داشت: فقط ۵ تا ۶ درصد سیمان مورد نیاز کشور وارد می‌شود. مدیر امور سیمان سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، بورس را تنها محل ممکن برای شفاف‌سازی قیمت سیمان می‌داند و می‌گوید: از آن جایی که تعداد کارخانه‌های سیمان در کشور زیاد است، عرضه سیمان در بورس عاملی است که می‌تواند تولید کنندگان را به رقابت بکشانند و خریدار ناچار به انتخاب محصول ارائه شده فروشنده‌گان نباشد.

شرفی همچنین تصریح کرد: ورود سیمان به بورس می‌تواند به قیمت‌گذاری واقعی سیمان کمک کند. وی ورود سیمان به بورس را

ضرورتی دانست که نیازمند برنامه ریزی بلند مدت است.

اما آن گونه که از ظواهر امر بر می آید، ورود سیمان به بورس می تواند مشکلی که از سال گذشته همواره بین وزارت صنایع و معادن و وزارت بازرگانی وجود داشته، یعنی تعیین قیمت برای این محصول را با به رقابت کشاندن تولیدکنندگان بخش خصوصی حل کند. این در حالی است که همکنون بیش از ۲۳ واحد تولید کننده سیمان از مجموع حدود ۳۵ کارخانه سیمان کشور، در بورس اوراق بهادار معامله می کنند. از سویی دیگر تقاضای واقعی سیمان کشور به میزان ۳۵ میلیون تن است که با میزان تولید داخلی (۳۱ میلیون تن) و ۱/۵ میلیون تن سیمان وارداتی تناسبی ندارد و به نظر می رسد با ورود سیمان به بورس و افزایش رقابت در جلب مشتری شاهد تعادلی شدن هر چه بیشتر قیمت سیمان و همچنین افزایش تولیدات باشیم. با وجود اینکه حدود یک سال و نیم گذشته ظرفیت جدید سیمان در کشور به وجود آمده و ۲۲/۵ تا ۳۳ تن گشایش اعتبار شده است که با توجه به ظرفیت های تولیدی سه تا پنج سال آینده به بهره برداری می رسد، بانک مرکزی اجرای آن را به حالت تعلیق در آورده است. اما برخی از کارشناسان معتقد هستند که با ورود سیمان به بورس و شفاف شدن قیمت آن، دست دلالتان و مافیای سیمان از سودهای کلانی که از این میان نصیب آنها می شود، کوتاه می شود. اما در کنار تمامی اظهارنظرهای صورت گرفته، مدیر دفتر صنایع معدنی وزارت صنایع و معادن ورود سیمان به بورس را غیر ممکن می داند که حتی در صورت ورود نیز موفق نخواهد بود. عباس صفا کیش می افزاید: این مسئله فقط در حد مطبوعات است و هیچ مذاکره خاصی در وزارتخانه صورت نگرفته است و حتی در مورد ورود فولاد هم سابقه ای وجود نداشته و بعید می دانم که طرح ورود سیمان به بورس موفق شود. کارشناسان امیدوارند که با توجه به نوید اجرای طرح جامع سیمان و تاکید بسیاری از سهامداران به ضرورت ورود سیمان به بورس، با به رقابت کشاندن این محصول شاهد کاهش قیمت سیمان و تعادل بین عرضه و تقاضا باشیم.

گروه علمی فرهنگی - علی اصغر محمدی:

تولید موفقیت آمیز دیرگدازها در ایران طی دو دهه گذشته، یکی از

نتایج بسیار موفق همکاری های دانشگاه و صنعت به

شمار می رود که تولید ۳۵۰ هزار تن دیرگداز را بسیار روشن و امیدوارکننده کرده است. دکتر حسین سرپولکی، رئیس قبلی هیأت مدیره انجمن سرامیک ایران با اعلام این مطلب افزود: مصرف مواد دیرگداز (نسوز) در دو دهه گذشته در ایران رشد چشمگیری داشته است. وی دلیل این رشد را توسعه صنایع فولاد، سیمان، نفت، پتروشیمی و دیگر صنایع مرتبط با این صنعت عنوان کرد. سرپولکی اظهار داشت: رشد تولید فولاد از دو میلیون تن در سال ۶۴ به حدود ۸ میلیون تن رسیده است.

وی گفت: برنامه ریزی ها بیانگر افزایش تولید به ۱۲ میلیون تن در دو سال آینده و ۱۸ میلیون تن تا پایان دهه ۸۰ است. دیر پنجمین کنگره سرامیک ایران اضافه کرد: تولید سیمان به زودی از ۳۵ میلیون تن خواهد گذشت و کشف حوزه های جدید نفت و گاز و نیز افزایش محصولات پلیمری در پتروشیمی به حدود پنج میلیون تن در سال تا دو سال آینده، همگی حکایت از توسعه روزافزون صنایعی دارد که مصرف کننده دیرگداز هستند. وی تصریح کرد: در پنجمین کنگره سرامیک ایران که ۲۴ و ۲۵ آذرماه در دانشگاه علم و صنعت ایران برگزار شد، نتایج دستاوردهای پژوهشی مشترک میان مراکز پژوهشی و تولید کنندگان در حوزه یکی از شاخه های سرامیک که همان دیرگدازهاست، ارائه گردید.

تولید دیرگدازها در ایران نمونه موفق همکاری دانشگاه و صنعت

مصاحبه

از: هیوا برادری

مهندس نویدی - مدیر عامل شرکت طراحی مهندسی و تامین قطعات و مواد شیمیایی صنایع پتروشیمی (SPEC)

مهندس نویدی برگزاری کنگره های تخصصی - علمی را اتفاق مهمی برای متخصصین و دانشجویان دانسته‌اند، چرا که یک کنگره موقعیتی برای عرضه مطالعات و دستاوردهای علمی‌ای است که در طول سال مجال بیان شدن در سایر عرصه ها را نداشته‌اند. مهندس نویدی در خصوص کیفیت اجرایی کنگره معتقد هستند که نحوه برگزاری یک کنگره باید به گونه‌ای باشد که افراد صنعتی هر چه بیشتر در کنار عرصه‌های تحقیقاتی قرار گیرند و بدین ترتیب ارتباط نوینی بین مصرف کننده، تولید کننده و پژوهشگر برقرار می‌شود. در یک کنگره ضمن بیان مقالات، حضور صنعتگران می تواند مباحث تازه‌ای ایجاد کند و این وضعیت منجر به تعامل بهتری میان این مجموعه شود. این عمل از طریق بیان نیاز های جدید برای تولید فرآورده‌های نو که خود مسبب گسترده شدن مجموعه‌های مطالعاتی است، امکان پذیر است. آقای نویدی علاوه بر اینکه برگزاری کنگره‌ها را پل ارتباطی بین بخش پژوهش و صنعت می دانند، مزیت دیگری نیز برای برگزاری کنگره های علمی - تخصصی قائل‌اند. این کنگره‌ها مراکز اطلاع رسانی مناسبی هستند. حضور غرفه‌ها در کنار کنگره، وسیله‌ای است برای ارائه کارهای تازه و صنعتی در کشور، نمایش فعالیت‌هایی که تاکنون انجام شده و همچنین باعث تاکید روی نقاطی از صنعت می‌شود که نیاز به کار بیشتر و تمرکز مستمرتر دارند.

مهندس چگینی - سینا کاشی

مهندس چگینی به عنوان شخصی که در کنگره های قبلی نیز حضور داشته اند، مقایسه‌ای بین این کنگره و سایر کنگره‌ها انجام داده‌اند. از نظر ایشان، سطح علمی کنگره کاملاً پیشرفت داشته، اما هنوز شکاف ملموسی بین دانشگاه و صنعت وجود دارد. مقاله‌های ارائه شده فاصله کاربردی با صنعت دارند و تناسبی بین پیشرفت علمی مقالات و مشکلات صنعتی برقرار نیست. مهندس چگینی اعتقاد دارند که برگزاری این کنگره‌ها موجب پیوند خوردن بخش



علمی و پژوهشی به هم می‌شود. برای از بین بردن فاصله میان این دو بخش ایشان اعتقاد دارند که متولیان دانشگاهی باید هدفمند به سمت صنعت حرکت کنند. "صنعت و فرآورده‌های صنعتی در سال‌های اخیر پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته است، اما چند درصد از سهم پیشرفت را دانشگاهیان به خود اختصاص داده‌اند؟" در وضعیت موجود، ما با معضلات و کمبودهایی روبرو هستیم تا بتوانیم این دو بخش را با هم همسو کنیم.

مهندس رضا وجدانی - مدیر

عامل شرکت فرآورده‌های

نسوز آذرخش

از نظر مهندس وجدانی این کنگره فرصت مناسبی است برای ایجاد برهم‌کنش میان صنعت و پژوهش. در خصوص ارتباط میان پژوهش و صنعت ایشان اعتقاد دارند که: نیاز پژوهش اقتصاد است و اقتصاد حرف اول را در عرصه‌های متفاوت می‌زند. به همین دلیل واحدهای تولیدی ملزم به حمایت از واحدهای پژوهشی هستند. واحد پژوهشی را می‌توان به درختی تشبیه کرد که باید برای آن هزینه صرف کرد و زمان گذاشت تا به ثمر برسد. رسیدن به شکوفایی در بخش‌های صنعتی، مستلزم آینده‌نگری در این بخش است و این آینده‌نگری می‌تواند خود را به صورت حمایت از پژوهشگران نشان بدهد.



مهندس وجدانی این کنگره را ظرف مناسب برای احیاء کردن شرایط ارتباطی بین صنعت و

پژوهش می‌داند و اعتقاد دارد که در این عرصه است که صنعتگر توانایی پیدا کردن بازوهای پژوهشی خود را پیدا خواهد کرد. البته وجود کنگره شرط لازم نیست و در یک روند تکوینی همکاری این دو عرصه بهینه‌سازی می‌شود.

مهندس حامد مهینی -

رنگدانه‌های سرامیکی گهر فام

آقای مهینی به عنوان یکی از دوازده نفر دانشجویی که در تیم اجرایی اولین کنگره سرامیک ایران تلاش کرده بودند، کنگره پنجم را مثبت ارزیابی کردند و معتقدند نسبت به کنگره‌های قبلی پیشرفت داشته است. تمرکز موضوعات از محدوده نسوز رفع شده و روی موضوعات دیگر نیز کار شده است و طیف بیشتری از موضوعات نسبت به کنگره‌های قبلی پوشش داده شده است. مهندس مهینی مقالات علمی را به دو دسته کلی طبقه‌بندی می‌کند. مقاله‌هایی که به گونه‌ای کار می‌کنند که مقاله صرفاً از طرف کنگره‌ها تایید شود و





مقاله‌هایی که علاوه بر داشتن بار علمی، مفید نیز هستند. در این خصوص ایشان اظهار داشتند که: "مایلم محققان بدانند به عمل کار برآید، به سخن دانی نیست." و ادامه دادند که تحقیقات باید به حد کار بردی شدن نزدیک شوند و از ارائه کار بطوریکه کنگره پسند و داور پسند باشد باید فاصله گرفت و از پرداختن به ابعاد لوکس ارائه مقاله، باید پرهیز کرد.

برای رسیدن به ابعاد علمی، دیدگاه‌های داوران، وزارت علوم و متصدیان امر باید عوض شود. حفره‌ها و نقایص صنعت ما

به حدی واضح است که کافی است از پوسته‌ای که برای خودمان درست کرده‌ایم، خارج شویم و واقعیت را ببینیم.

مهندس سالاریه

مهندس سالاریه در کنگره‌های قبل نیز شرکت داشته‌اند و کنگره پنجم را دارای پیشرفت‌های قابل توجه دیده‌اند و از نظم و ترتیب ارائه مقالات ابراز رضایت کرده‌اند. از سوی دیگر ما با نگاه انتقادی ایشان به مقالات مواجه هستیم. از نظر او در این کنگره نود درصد مقالات صرفاً تحقیقاتی بودند و از وضعیت کاربردی فاصله زیادی داشتند به گونه‌ای که حتی امکاناتی که برای تک تک مقالات تحقیقی نیاز است به حدی هزینه‌دار است که نمی‌توان بخش صنعتی را به سوی خود جذب کند. تنها ده درصد مقالات ارائه شده توانایی برداشتن باری از دوش صنعت سرامیک را دارند.

مهندس سالاریه عقیده دارد که معیار سنجش مقالات در کنگره باید تغییر کند. یک پروژه تحقیقاتی که به صورت مقاله ارائه می‌شود، در نهایت باید به دست تولید سپرده شود. هدف نهایی سازمان‌های پژوهشی باید به دست آوردن اطلاعات و راهکارهایی باشد که بتوان توسط آنها تولید را با حداقل هزینه و با حداکثر ارزش افزوده انجام دهیم.

دکتر سرپولکی، دبیر کنگره

پنجم

دکتر سرپولکی به عنوان دبیر کنگره پنجم، این کنگره را نتیجه عملکرد چهار کنگره قبل می‌داند. بنابراین انتظار می‌رود زحمات چهار کنگره قبلی به پیشرفت کیفی و کمی کنگره پنجم منجر شده باشد. از شاخصه‌های اصلی بهبود در حوزه اجرایی، حضور نمایشگاه بزرگ با شرایط بهتر است. در خصوص مقالات ایشان کیفیت علمی مقالات را بالا ارزیابی می‌کنند که حضور فعال شرکت کنندگان و سالن‌های پر بر این گفته صحت می‌گذارد. موضوعات مقالات نیز به گونه‌ای بوده‌اند که اکثر حوزه‌های صنعت سرامیک را پوشش می‌دهند. در کنار تمام اینها حضور بیشتر و پر رنگ‌تر خانم‌ها نشان‌دهنده این است که خانم‌ها نیز از عهده فعالیت‌های پژوهشی به خوبی برآمده‌اند. در موضوع شیشه و شیشه سرامیک‌ها تمام سخنران‌ها از خانم‌ها بوده‌اند. در طی مصاحبه‌ها شاهد انتقاد صریح صنعتگران از بیش از حد علمی بودن مقالات بودیم. در این



خصوص دکترا سرپولکی عقیده دارند که نقطه نظر هر فرد از خواستگاه فردی اش برمی خیزد. در این کنگره حتی محققین از ارائه چند مقاله صنعتی صرف ایراد گرفته اند. اما ما به هیچیک ایراد نمی گیریم و ایده‌های هر دو گروه را تشویق می کنیم. در این راستا ما از بسیاری از انجمن‌های صنفی دعوت کرده‌ایم که یافته‌های خود را هر چند کوچک، به صورت مقاله‌ای کوتاه در قسمت‌های تکنولوژیک کنگره ارائه دهند. این فرآیند می‌تواند هم نقش صنعتی‌ها را افزایش دهد و هم به مسیرهای تحقیقاتی جهت دهند.



شرکت‌های عضو حقوقی انجمن در سال ۱۳۸۴

- شرکت لعابیران
- شرکت صنایع کاشی خزر
- شرکت کاشی نیلو
- شرکت لعاب مشهد
- شرکت فراورده های نسوز پارس
- پژوهشگاه مواد و انرژی
- شرکت مقره سازی ایران
- شرکت کاشی مرجان
- شرکت صنایع چینی زرین ایران
- شرکت ایران آیمدی
- شرکت فراورده های دیرگداز ایران
- شرکت صنایع کاشی اصفهان
- شرکت کائولین و خاکهای نسوز خراسان
- شرکت صنایع کاشی و سرامیک سینا (سینا کاشی)
- شرکت چینی مقصود
- شرکت چینی اصفهان
- شرکت چینی نور
- شرکت چینی حمید
- شرکت مقره سازی صدف گستر زنجان
- شرکت سامان کاشی
- شرکت کاشی فیروزه مشهد
- شرکت مقره سازی پارس گستر زنگان
- شرکت معدنی و صنعتی سوراوجین عقیق
- مرکز تحقیقات مواد جهاد دانشگاهی استان یزد
- شرکت رنگدانه های سرامیکی گهرفام
- شرکت کاشی رویال نوین سمنان



معرفی پایان نامه های تحصیلات تکمیلی

پژوهشگاه مواد و انرژی

کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد (سرامیک)

آقای مهندس صاحبعلی منافی

استادان راهنما: آقای دکتر فتح اله مضطرزاده و دکتر حسین تورانیان

بررسی خواص بریکتهای پرس شده از مخلوط سیلیکات سدیم و سنگدانه های آهنی

چکیده: هدف از تحقیق حاضر بهینه کردن مصرف چسب در بریکت سازی از نرمة خاکه آهن اسفنجی مازاد فولاد مبارکه اصفهان با توجه به خواص مکانیکی و شیمیایی آن جهت ذخیره و حمل و نقل می باشد. در این پروژه بریکت های با درصد مواد چسبنده مختلف و دانه بندی متفاوت تهیه شده و خواص بریکت ها مثل استحکام فشاری و افتادن مورد بررسی قرار گرفته است. تأثیر خواص سیلیکات سدیم اعم از ویسکوزیته، نسبت SiO_2/Na_2O ، عدد بومه و مقدار آب آن برای بهینه سازی استحکام بریکت ها مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اثر ترتیب و نحوه اختلاط مواد اولیه مورد بررسی قرار گرفت. استحکام قطعات با استفاده از دو روش استحکام خمشی و استحکام ضربه ای اندازه گیری شد و نتایج دو روش با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. در این کار تحقیقاتی از دستگاههای ICP, XRD, BET, XRF الی های لرزان، پیکنومتر گازی و ویسکوزیتر چرخشی استفاده شد. همچنین در این کار تحقیقاتی برای اندازه گیری استحکام خمشی سه نقطه ای، یک دستگاه استحکام خمشی سه نقطه ای (با استفاده از استاندارد ASTM) طراحی و ساخته شد. همچنین از روشهای آنالیز آماری انوا و روش میانگین ها برای تحلیل نقش آهک هیدراته به عنوان افزودنی و چسب سیلیکات سدیم استفاده شد. نتایج نشان داد که $4/5-5/5$ درصد وزنی چسب سیلیکات سدیم و $0/4-0/7$ درصد آهک هیدراته دارای بهترین استحکام خمشی می باشد. همچنین چسب سیلیکات سدیم از لحاظ ویسکوزیته، میزان آب و همچنین نسبت SiO_2/Na_2O بهینه سازی شد.

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد (سرامیک)

خانم مهندس ملیحه قاسم زاده

استادان راهنما: دکتر زیارتعلی نعمتی - دکتر حسین یوزباشی زاده استاد مشاور: دکتر مرتضی تمیزی فرد

اثر و نقش افزودنی ها در بهبود خواص دیرگدازهای ریختنی آلومینا - منیزیت - اسپینل

چکیده: دیرگدازهای ریختنی آلومینا- اسپینل به دلیل مقاومت بهتر در برابر مذاب و سرباره ها به تدریج در حال جایگزینی به جای آجرهای نسوز در صنعت به ویژه برای ساخت فولاد می باشند. این جرم ها به طرق گوناگون از قبیل مخلوط کردن اگریگیت های آلومینای تبولار با اسپینل غنی از آلومینا، سیمان دیرگداز، مواد ریز دانه و دفلوکولانت ها تهیه می شوند در روش دیگر به جای اسپینل سنتزی آماده از منیزیا استفاده می شود که در نتیجه واکنش منیزیا با آلومینا در دمای بالا اسپینل تشکیل می شود. هدف از این تحقیق ساخت جرم آلومینا- اسپینل و بررسی پارامترهای مختلف بر خواص آن می باشد. در ابتدا با

استفاده از مواد اولیه مناسب یک جرم نسوز کم سیمان یا قابلیت استفاده در سقف کوره‌های قوس الکتریک ساخته شده اثر دانه بندی، مواد پرکننده مثل میکروسیلیکا، آلومینای راکتیو، آلومینای کلسینه، سیمان، روانسازها، اسپینل، فیبر پلی پروپیلن برخواص جرم آلومینا- اسپینل بررسی شد. ویژگی‌هایی همچون جریان یابی، استحکام خمشی سرد MOR، استحکام فشاری سرد CCS، دانسیته، تغییر طول خطی، مقاومت نفوذ سرباره، آنالیز فازی نمونه‌ها به روش تفرق اشعه X (XRD) و بررسی ریزساختاری آنها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام گرفته است. نتایج حاکی از آن است که افزودن آلومینای راکتیو و آلومینای کلسینه باعث افزایش استحکام و مقاومت شوک حرارتی در اثر تشکیل فاز مولایت می‌شود. همچنین افزودن میکروسیلیس باعث افزایش استحکام جرم در دمای پایین و دمای بالا و کاهش آب مصرفی می‌شود. پودر منیزیت در دمای پایین به دلیل تشکیل فاز بروسیت باعث کاهش استحکام می‌شود در حالیکه استحکام بعد از پخت را به دلیل پایداری ابعادی افزایش می‌دهد. همچنین افزودن سیمان سکار ۷۰ باعث بهبود خواص جریان یابی و استحکام جرم نسوز می‌شود.

دانشگاه صنعتی شریف

کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد (سرامیک)

آقای مهندس امیر بهرامی

استاد راهنما: دکتر زیارتعلی نعمتی و دکتر سیروس عسگری

استاد مشاور: دکتر پروین علیزاده

اثر ناقصی‌ها و عملیات حرارتی بر خواص دی الکتریک های شیشه سرامیک

چکیده: در این پژوهش اثر افزودن مقادیر مختلف K_2O و تغییر ترکیب استوکیومتری در نسبت شیشه به سرامیک بر خواص دی الکتریکی بررسی شده است. به این منظور نمونه های شیشه ای با ترکیب $[K_2O] - [2SiO_2 \cdot B_2O_3] - [(Pb_{1-x}Sr_x)TiO_2]$ که در آن مقادیر x برابر با (۰/۵، ۰/۴، ۰/۳، ۰/۲، ۰/۱) بود، آماده شدند. پس از عملیات حرارتی بر طبق منحنی های آنالیز حرارتی (DTA)، شیشه سرامیک های مورد نظر توسط آنالیز XRD و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد مطالعه قرار گرفتند. سپس خواص فیزیکی مثل دانسیته و خواص الکتریکی شامل تعیین مقاومت اهمی، ثابت دی الکتریک، استحکام دی الکتریک بر روی شیشه سرامیک های مورد نظر انجام گرفت. نتایج XRD و SEM نشان داد که ترکیبات حاوی محلول جامد فرو الکتریک در سیستم تشکیل شده است. بررسی ها نشان داد که تبلور و جدایش فاز در شیشه ها و نوع ساختار عوامل موثر در خواص دی الکتریکی می باشد. در این بررسی بهترین مقدار برای K_2O ، ۱۰٪ wt، و بهترین نسبت ترکیب اولیه شیشه- سرامیک (۴۰-۶۰) تعیین گردید. اندازه گیریهای دی الکتریک نشان داد که ثابت دی الکتریک نمونه ها با افزایش فرکانس کاهش یافته است. استحکام دی الکتریک نمونه ها در محدوده ۲۰-۱۰ KV و مقاومت اهمی بالاتر از محدوده گیگا بود. کلمات کلیدی: شیشه سرامیک، دی الکتریک، فرو الکتریک، تفرق اشعه X

دانشگاه تربیت مدرس

کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد (سرامیک)

آقای مهندس مهدی یار جمشیدیان مجاور

اساتید راهنما: دکتر احسان طاهری نساچ و دکتر حسین سرپولکی

سافت و بررسی خواص پایه کاتالیست گروهی گاما آلومینا به روش سل-امولسیون-ژل

چکیده: با استفاده از هیدرولیز آلومینیوم تری ایزوپروپیلات، پودر اکسی هیدروکسید آلومینیوم (شبه بوهمیت) تهیه گردید. بعد از اضافه کردن عامل لخته زدا (Peptization) به سوسپانسیون سرامیکی

تحت شرایط کهنگی (reflux)، سل شبه بوهمیت بدست آمد. در مرحله شکل دهی با استفاده از مکانیزم امولسیون (oildrop)، کره‌های مشابه شبه سل تولید شده در آمونیا به ژل هیدروکسید آلومینیوم تبدیل شدند و سپس با انجام عملیات حرارتی مناسب، گرانول γ -Alumina با محدوده اندازه ۰/۵ تا ۲/۵mm بدست آمد.

سل بدست آمده در این تحقیق دارای رفتار رئولوژیکی شبه پلاستیک وابسته به زمان می‌باشد و به مدت حداقل یک سال پایدار است در حالی که با کاهش pH سیستم زمان ژله‌ای شدن شبه سل کاهش خواهد یافت. گرانول‌های گاما آلومینا تهیه شده با استفاده از این روش دارای سطح ویژه $375 \text{ m}^2/\text{g}$ ، حجم تخلخل $0.49 \text{ cm}^3/\text{g}$ و محدوده اندازه تخلخل $20-60 \text{ \AA}$ می‌باشد و نیروی شکست گرانول‌ها در حدود 100 N است. این در حالیست که سطح ویژه و حجم کلی تخلخل‌ها دارای رفتار افزایشی و سپس کاهش‌ی دما می‌باشند که ناشی از اثر دما بر روی ویژگی‌های تخلخل می‌باشد.

کلمات کلیدی: شبه بوهمیت؛ لخته زدایی؛ سل-امولسیون-ژل؛ کهنگی؛ گاما آلومینای متخلخل کروی

دانشگاه علم و صنعت ایران

کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد (سرامیک)

آقای مهندس آرمین ائیلاقی

اساتید راهنما: دکتر حسین سرپولکی و دکتر سلطانیه

بررسی مکانیزم خوردگی اسپینل غنی از منیزیا توسط سرباره فولاد

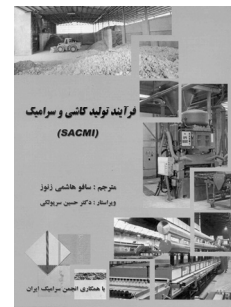
چکیده: اسپینل آلومینات منیزیم (MgAl_2O_4) به دلیل دارا بودن خواص فیزیکی و شیمیایی مناسب به عنوان یک ماده دیرگداز و توانایی جایگزینی ترکیبات کرومیتی در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش خوردگی اسپینل غنی از منیزیا ($\text{Magnesia Rich Spinel}$) در یک نوع سرباره فولادسازی مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور ترکیب اسپینل استوکیومتری به همراه دو ترکیب اسپینل غنی از منیزیا که به ترتیب دارای 33 و 35 درصد منیزیا بودند به همراه دو نوع آجر منیزیا اسپینلی در دمای 1600°C و به مدت 20 دقیقه در تماس با سرباره قرار گرفته و تعامل دیرگداز - سرباره مطالعه شد. همچنین از محاسبات ترموشیمیایی با استفاده از نرم افزار FactSage 5.2 نیز به منظور تحلیل ترمودینامیکی فرایند خوردگی دیرگداز در سرباره کمک گرفته شد. در این راستا تغییرات تعادلی دیرگداز غنی از منیزیا قبل و بعد از تماس با سرباره حاوی $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-MgO-MnO}$ محاسبه گردید. محاسبات ترمودینامیکی و مطالعات ریزساختاری نشان می‌دهند که در سطح مشترک اسپینل با سرباره بر اثر نفوذ کاتیونهای Fe^{3+} ، Fe^{2+} و Mn^{2+} از سرباره در دیرگداز یک لایه پیوسته اسپینل کمپلکس $(\text{Mg, Fe, Mn})(\text{Al, Fe})_2\text{O}_4$ تشکیل می‌شود که باعث کند شدن فرایند نفوذ سرباره در دیرگداز می‌گردد. همچنین انحلال یونهای آهن و منگنز در اسپینل باعث کاهش میزان آنها در ترکیب موضعی سرباره و افزایش ویسکوزیته سرباره می‌شود که نهایتاً با کاهش نفوذ سرباره، کاهش خوردگی را به همراه خواهد داشت. پیش‌بینی‌های ترمودینامیکی بیانگر آنند که انحلال اسپینل غنی از منیزیا در سرباره توام با تشکیل اسپینل‌های دیگر نظیر MnAl_2O_4 و FeAl_2O_4 می‌باشد. مطالعات ریزساختاری نیز تشکیل اسپینل کمپلکس و دامنه انحلال را در لایه مرزی نشان می‌دهند. بنابر این دو دستاورد به نظر می‌رسد مکانیزم انحلال اسپینل غنی از منیزیا در سرباره از نوع مستقیم نمی‌باشد. محاسبات ترمودینامیکی نشان می‌دهند که منیزیای اضافه بر استوکیومتری در واکنش با سرباره فازهای منیزیم کلسیم سیلیکاتی (مثلاً مرونیت) تشکیل داده و سپس در داخل سرباره حل می‌شود.

فرآیند تولید کاشی و سرامیک (SACMI)

مترجم: سافو هاشمی زنوز

ویراستار: دکتر حسین سرپولکی

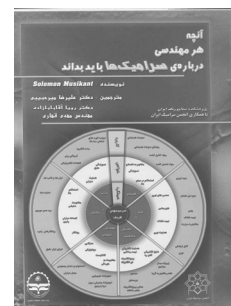
کتاب From technology through machinery to kilns for SACMI Tile کاملترین منابع در مورد فرآیند تولید کاشی‌های سرامیکی می باشد. مطالب این کتاب توسط مهندسان و کارشناسان مرکز تحقیقات SACMI گردآوری شده و در دو قالب تئوری و عملی بیان شده است و از این رو قابل استفاده برای کلیه دانشجویان، مهندسین، کارشناسان و تکنسین‌ها در کارخانجات تولید کاشی و سرامیک می باشد. کتاب SACMI Tile در دو جلد به رشته تحریر در آمده است که جلد اول به بررسی مواد اولیه و خواص آنها می پردازد. جلد دوم شامل فرآیند و تکنولوژی تولید کاشی کف و دیوار، همچنین بررسی عیوب و روش‌های رفع آنها می باشد.



آنچه هر مهندسی در مورد سرامیک‌ها باید بداند

مترجمین: دکتر علیرضا میرحبیبی، دکتر رویا آقا بابا زاده، مهندس مهدی قهاری

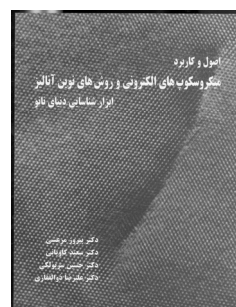
این کتاب ترجمه‌ای است از جلد بیست و هشتم از سری کتاب‌های "هرآنچه مهندسی باید بداند" و هدف از آن مروری بر توسعه سریع گروهی از مواد به نام سرامیک‌ها است. فهرست عناوین اصلی کتاب عبارتند از: تاریخچه سرامیک‌ها، سرامیک‌های مهندسی سنتی، سرامیک‌های جدید، فرآیند تولید سرامیک‌ها، مسائل طراحی سازه‌ای، چقرمگی شکست، اتصال سرامیک‌ها، آزمایش‌های غیر مخرب، ابزارهای برش سرامیکی، کاشی‌های عایق برای سفینه فضایی، سرامیک‌های ابررسانا، سرامیک‌های الکترونی، سرامیک‌های پیشرفته مصرفی در خودرو،



کامپوزیت‌های کربن-کربن و ...

اصول و کاربرد میکروسکوپ‌های الکترونی و روشهای نوین آنالیز

تالیف: دکتر پیروز مرعشی، دکتر سعید کاویانی، دکتر حسین سرپولکی، دکتر علیرضا ذوالفقاری



در این کتاب سعی شده است تا با بهره‌گیری از مطالعات و تجربیات نویسندگان در زمینه میکروسکوپ‌های الکترونی و تکنیک‌های آنالیزی تکمیلی، اصول کار این دستگاه‌ها و بعضی از کاربردهای آنها به صورت روشن توضیح داده شود. همچنین تکنیک‌های مطرح شده در این کتاب، در طیف گسترده‌ای از حوزه‌های مختلف پژوهشی از جمله متالورژی، سرامیک، شیمی سطح، فیزیک، پلیمر، پزشکی و دارو سازی کاربرد دارد.

در آمدی بر تعادل فازی در سرمایه‌ها

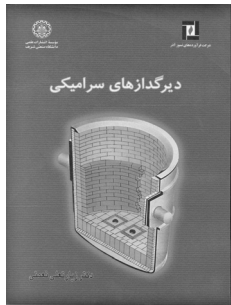
مترجمان: دکتر فتح الله مضطرزاده، دکتر واهاک مارقوسیان، دکتر اسماعیل صلاحی

کتاب حاضر مجموعه مختصری برای درک روابط تعادلی فازی و آشنایی با نمودارهای مواد سودمند است. اغلب نمودارهای فازی با مطالعه و فنون آزمایشگاهی پدید آمده‌اند که این مطالعات بر محاسبات ترمودینامیکی استوار است و این کتاب با مروری بر اصول ترمودینامیک، به معرفی روابط تعادلی فازی می‌پردازد.



دیرگدازهای سرمایه‌گی

تالیف: دکتر زیارتعلی نعمتی

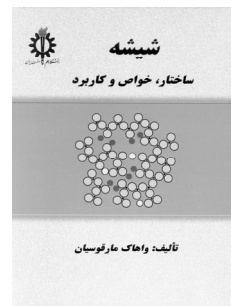


در این کتاب علاوه بر پرداختن به کلیات، دیرگدازهای نوین نیز معرفی شده‌اند و همچنین در تالیف آن تلاش شده تا مطالب تخصصی و فناوری مربوط به نیازهای صنعتی کشور نیز مطرح شوند. فصول این کتاب عبارتند از: تعریف و تقسیم بندی سرمایه‌ها - تاریخچه، تعریف و تقسیم‌بندی دیرگدازها - دیرگدازهای سیلیسی و شبه سیلیسی - دیرگدازهای آلومینوسیلیکاتی - دیرگدازهای منیزیایی - دیرگدازهای حاوی زیرکونیا - دیرگدازهای بی شکل (دیرگدازهای یکپارچه) - دیرگدازهای عایق حرارتی و نمودارهای فازی مهم در دیرگدازها.

شیشه، ساختار، خواص و کاربرد

تالیف: دکتر واهاک مارقوسیان

این کتاب در درجه نخست برای دانشجویان رشته مهندسی سرمایه در سطوح کارشناسی و کارشناسی ارشد و در درجه دوم برای دانشجویان سایر رشته‌های مهندسی و علوم و مهندسان و دست‌اندرکاران صنعت شیشه نگاشته شده است. مولف در این کتاب به مباحثی همچون چگونگی تشکیل شیشه، جدایش فازی در شیشه، ساختار شیشه‌ها، انواع شیشه‌های تجارتي مهم، خواص فیزیکی شیشه‌ها و شیشه سرمایه‌گی‌ها پرداخته شده است.



روش‌های شناسایی و آنالیز مواد

تالیف: دکتر فرهاد گلستانی‌فرد، دکتر محمدعلی بهره‌ور، دکتر اسماعیل صلاحی

کتاب روش‌های شناسایی و آنالیز مواد با هدف آشنا نمودن دانشجویان رشته‌های مهندسی مواد و رشته‌های وابسته و نیز دست‌اندرکار در تحقیق، توسعه و تولید مواد سرمایه‌گی و فلزی تالیف شده است. در این کتاب تلاش شده با پرهیز از ارائه جزئیات اصلی‌ترین روش‌های شناسایی و آنالیز مواد برای گروه وسیعی از علاقمندان توضیح داده شود. روش‌های آنالیز فازی، آنالیز عنصری، آنالیز حرارتی و شناسایی میکروسکوپی، هر کدام از جنبه‌های اساسی علمی، اصول کار و اهمیت کاربردی گزارش شده‌اند.



تقویم همایش‌ها

6th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology — PacRim6
September 11-16, 2005 Maui, Hawaii

The 1st Asia-Oceania Ceramic Federation (AOCF) Conference Convened in conjunction
with The 18th Fall Meeting of The Ceramic Society of Japan
September 27-29, 2005 Osaka Prefecture University, Osaka, Japan

107th Annual Meeting, Exposition, & Technology Fair

Meeting: April 10-13, 2005

Exposition: April 11-12, 2005

Baltimore Marriott Waterfront

Baltimore, Maryland, USA

Nanocomposites 2005, Aug. 22-24, San Francisco, www.executive-conference.com/conferences/nano05.html

4th Int'l Conference on Science, Technology & Applications of Sintering, Aug. 29 Sept.
1, Grenoble, France, www.emse.fr/sintering05

6th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology, Sept. 11-16, Wailea,
Maui, Hawaii, www.ceramics.org/meetings/pacrim6

Materials Science & Technology Conference 2005, Sept. 26-28, Pittsburgh,
www.ceramics.org/meetings/MSTC2005

48th Int'l Colloquium on Refractories, Sept. 28-29, Aachen, Germany, tel 49-228-
91508-45, info@fuerfest-kolloquium.de

3rd Fracture and Flow in Advanced Glasses Conference, Oct. 2-5, State College, Pa.,
ars2@psu.edu

Int'l Conference on Porous Ceramic Materials, Oct. 20-21, Brugge, Belgium,
www.vito.be

UNITECR 05, 9th Unified Int'l Technical Conference on Refractories, Nov. 8-11,
Orlando, Fla., www.ceramics.org/unitecr

IMAPS/ACerS 1st International Conference and Exhibition on
Ceramic Interconnect and

Ceramic Microsystems Technologies (CICMT)

Co-located with the 107th Annual Meeting of the American Ceramic Society Baltimore
Marriott Waterfront Hotel

Baltimore, MD USA

April 10 - 13, 2005

اولین همایش بین‌المللی و دومین همایش ملی علوم و فناوری رنگ

۱۳-۱۵ دیماه ۸۴ تهران

www.icrc.ac.ir/seminars.htm

اولین سمینار و کارگاه مشترک نانوتکنولوژی ایران - روسیه

۷-۹ خرداد ۱۳۸۴

دبیرخانه: امیرآباد شمالی - خیابان پانزدهم - پلاک ۱۱ - دانشگاه صنایع و معادن ایران

تلفن: ۸۰۰۳۶۳۳ فاکس: ۸۰۰۳۹۴۳

Irn2005@Irannano.org

راهنمای تهیه مقاله

نشریه سرامیک ایران با هدف گسترش دانش سرامیک به انتشار نتایج پژوهش های اساتید و محققان و صنعتگران این رشته اقدام می نماید

موضوعات پذیرش مقاله شامل موارد ذیل می باشد: مواد اولیه - کاشی - سیمان - شیشه و شیشه سرامیکها- چینی - لعاب و رنگ - دیرگداز - مدیریت راهبردی در صنعت سرامیک - نانو سرامیک - استاندارد , مدیریت کیفیت و تجارت جهانی - کامپوزیت - فرآیند و کنترل کیفیت سرامیکهای اکسیدی و غیر اکسیدی - بیو سرامیک - الکتروسرامیک - بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع سرامیک راهنمای تهیه مقاله:

الف - ویژگی های مقاله های مورد پذیرش شامل موارد ذیل می باشد:

- تحقیقی و پژوهشی و پژوهشی کاربردی
- تدوینی و مروری به مفهوم جمع بندی نظریه های گوناگون در مورد یک موضوع خاص با استفاده از مراجع و منابع مختلف

ب - نویسندگان محترم خواهشمند است موارد زیر را رعایت نمایند:

۱. مقاله شامل بخشهای زیر باشد:
۲. چکیده - مقدمه - مرور منابع مطالعاتی - فعالیتهای تجربی - نتایج و بحث - نتیجه گیری - مراجع
۳. مقاله به صورت یک فایل Word (version 6 یا بالاتر) شامل متن کامل مقاله همراه با جدولها و زیرنویس شکلها بدون اصل شکلها
۴. هر شکل به صورت یک فایل مجزا ارائه شود، به عنوان مثال : Fig 1a.tif یا Fig 2 b.jpg
۵. تصاویر فقط به صورت jpg یا tif با کیفیت حداقل ۳۰۰dpi
۶. نمودارها فقط به صورت فایل excel (Fig 5.xls) قابل پذیرش می باشد.
۷. در صورتی که برای رسم نمودارها از نرم افزار دیگری استفاده شده، می بایستی به یکی از فرمت های تصویر (tif یا jpg) ارسال گردد.
۸. مقاله در کاغذ A4 با حاشیه ۲/۵ سانتی متر از هر طرف و بالا و پایین تنظیم شود.
۹. متن مقاله به صورت نرمال با قلم نازنین ۱۲ ، عنوان مقاله نازنین ۱۶ به شکل bold، نام نویسندگان و محل کار نازنین ۱۴
۱۰. فاصله خطوط به صورت ۱/۵ (line space 1.5) در نظر گرفته شود.
۱۱. ۱۰- مراجع در متن با شماره مربوط به خود مشخص شوند.
۱۲. ۱۱- متن مراجع و منابع به صورت کامل حاوی نام نویسندگان، عنوان و نام مجله یا کتاب و سال انتشار باشد.

۳ - شیمی تجزیه پیشرفته , دکتر محمد ادیسی , ۱۳۸۱ , انتشارات امید مجد

- ۱۲- انتظار می رود تعداد صفحات مقاله از حداکثر ۱۰ صفحه تجاوز نکند.
 - ۱۳- از به کار بردن آرم شرکت یا موسسات به صورت طراحی در صفحات خودداری به عمل آید. در صورت نیاز، از افراد یا موسسات مورد نظر در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع سپاسگزاری شود.
 - ۱۴- نام نویسندگان به صورت کامل اما بدون ذکر القاب و عناوین با نشانی دقیق آورده شود.
- ضمن رعایت نکات ذکر شده خواهشمند است همراه با اصل مقاله، دو کپی از آن و CD حاوی مقاله و تصاویر به همراه نشانی کامل پستی , شماره تلفن و دورنگار نویسنده ارسال شود.
- مقاله ها به ترتیب دریافت در هیات تحریریه نشریه مورد داوری و ارزیابی قرار می گیرند. مسئولیت درستی مطالب , ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان مقاله است.

