



فصلنامه سرامیک ایران

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

سال چهارم، شماره نوزده و بیست

پاییز و زمستان ۱۳۸۸

ISSN: ۱۷۳۵-۲۳۵۱

« با درجه علمی ترویجی »

صاحب امتیاز:

انجمن سرامیک ایران

مدیر مسئول:

دکتر واهاک کاسپاری مارقوسیان

سر دبیر:

دکتر حسین سرپولکی

مدیر اجرایی:

سعیده علیشاهی

گردآوری مطالب و سرپرست گروه مترجمین:

مهندس نسترن عقیقی

نشانی:

تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده

مهندسی مواد و متالورژی، دفتر انجمن سرامیک

ایران

صندوق پستی: تهران، ۱۱۱-۱۶۸۴۵

تلفن:

۷۷۸۹۹۳۹۹

دورنگار:

۷۷۸۹۹۳۹۹

پست الکترونیکی: info@ICerS.org

نشانی سایت اینترنتی: www.ICerS.org

طراحی، گرافیک، صفحه آرای و نظارت بر

چاپ:

تمام طرح ۷۷۲۰۹۲۲۸

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 نساج

دکتر محمد علی فقهی ثانی

مهندس حسین قصابی

دکتر عباس کیانوش

دکتر فرهاد گلستانی فرد

دکتر فتح ... مضطرزاده

دکتر علیرضا میرحبیبی

دکتر زیارتعلی نعمتی

دکتر رحیم نقی 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

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشگاه تربیت مدرس

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تبریز

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تهران

مرکز تحقیقات پرتاووس

گروه مشاوران

مهندس جلیل آربین پور

مهندس سیروس ارجمند نیا

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 نیایکی

مهندس محمود سالاربه

دکتر آرمان صدقی

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 قصابی

دکتر کاظم قنبری

دکتر مهرداد کشمیری

دکتر علیرضا گنجی

مهندس یحیی ماله میرچگینی

دکتر امیر عباس نوربخش

مجله ایران سرام

شرکت بازرگانی گیتا

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز مهر

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت تجهیز مواد پیشگام

شرکت گل سرخ گستر امل

شرکت آرمیتاز

دانشگاه بین الملل امام خمینی

دانشگاه ایالتی نیوجرسی

پژوهشگاه مواد و انرژی

پژوهشگاه مواد و انرژی

صنعت سیمان

دانشگاه تربیت مدرس

صنعت چینی مطروف

سازمان زمین شناسی کشور

پژوهشگاه مواد و انرژی

شرکت چینی زرین ایران

دانشگاه شفیلد انگلستان

دانشگاه بریتیش کلمبیا

شرکت معدنی و صنعتی

سوراوجین عقیق

شرکت سینا کاشی

سرامیک نوین سپاهان

فهرست مطالب:

۱	افبار و تازه‌های سرامیک
۸	افبار نمایشگاه‌ها
۱۲	افبار صنعتی
۱۳	گزارش جلسات هیئت مدیره انجمن
۱۵	دوره‌های آموزشی انجمن سرامیک ایران
۱۶	گزارش علمی
۲۲	مشاهیر سرامیک، هانس ترنایر
۲۹	سیمان سرباره‌ای قلیا فعال
۴۰	مروری بر فرآیند ریخته‌گری ژلی در شکل‌دهی سرامیک‌ها
۴۷	فرآوری بیوسرامیک‌های کلسیم‌فسفاتی دوفازی با استفاده از مایکروویو
۵۳	سافت شیشه بیو اکتیو 45S5 متفلنل به روش تولید گاز در دمای بالا
۶۱	مصامبه (مهندس زهرا صالحپور)
۶۴	معرفی پایان‌نامه‌های تمصیلات تکمیلی
۷۱	تازه‌های نشر
۷۷	تقویم همایش‌ها
۷۹	لیست اعضای مقوقی انجمن سرامیک
۸۴	امتیازات عضویت مقوقی انجمن سرامیک ایران (ویژه شرکت‌های عضو)
۸۶	راهنمای تهیه مقاله



یادبود
مهندس خطیب‌زاده

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

با همکاری:
خانم مهناز سادات محسنی، خانم الهه داوری، آقای محمدهادی آقایی



توضیح عکس روی جلد:

فسفات کلسیم

توضیح عکس پشت جلد:

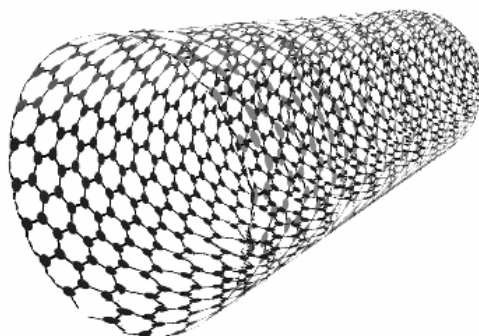
سرباره مذاب

اخبار و تازه‌های سرمایه‌های

اقتصادی کردن سلول‌های سوختی

بولتن Acers، مارس ۲۰۰۹

طبق گزارش دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) هزینه استفاده کاتالیست پلاتینیومی به عنوان سلول سوختی اتومبیل تقریباً معادل ۴۰۰۰ دلار می‌باشد. اکنون محققین دانشگاه Dayton معتقدند که نانولوله‌های کربنی (مانند شکل زیر) می‌توانند ارزان‌تر و بسیار به صرفه‌تر، جایگزین این نوع سلول‌ها شوند.



مشکل سلول‌های سوختی، هزینه بالای آنها (طبق گزارش دپارتمان انرژی DOE) است که نیمی از این هزینه به علت استفاده از کاتالیست‌های پلاتینیومی در آنها می‌باشد و به این دلیل پلاتینیوم نایب‌تر شده، قیمت آن نیز مرتباً افزایش پیدا می‌کند.

آیا این موضوع که سلول‌های سوختی علی‌رغم توانایی آنها برای تبدیل هیدروژن و سوخت‌های دیگر به الکتریسیته، هنوز صنعتی نشده‌اند شگفت‌انگیز نیست؟ در حقیقت، تنها تعداد کمی از سرمایه‌گذاری‌ها با کاربردهای ویژه، می‌توانند از عهده آن برآیند.

متأسفانه تاکنون، محققین هزینه‌های زیادی جهت استفاده پلاتینیوم گران قیمت به این دلیل ساده که نتوانسته‌اند ماده‌ای جایگزین با توانایی‌های این کاتالیست پیدا کنند، پرداخته‌اند.

نانولوله‌های کربنی جایگزین پلاتینیوم

محققین در دانشگاه Dayton ادعا کرده‌اند که نانولوله‌های کربنی توانایی جایگزین شدن پلاتینیوم در سلول‌های سوختی را دارند. این خبر از طرف Liming Dai، پروفیسور مهندسی مواد در دپارتمان شیمی و مهندسی مواد در دانشگاه Dayton و رئیس مؤسسه نانومواد برادران رایت، منتشر شد.

Dai در اوایل فوریه، نتایج تحقیقاتش را در مجله "علوم" و در ۲۰ فوریه سرفصل‌های تحقیقاتش را در نشریه "شیمی طبیعت" منتشر کرد.

به موجب این گزارشات، Dai نشان داده است که رشد عمودی شاخه‌های نانولوله‌های کربنی می‌تواند به سودمندی پلاتینیوم در سلول سوختی عمل کنند، در صورتیکه نانولوله‌های کربنی با نتیروژن dope شوند تا بدین طریق به واکنش‌های اکسیژن درون سلول سوختی کمک کنند.

Stephen Battersbye گزارشگری است که این قسمت کار Dai را در مجله "دانشمند جدید" در تاریخ ۶ فوریه ۲۰۰۹ به صورت آنلاین شرح می‌دهد: "واکنش بدون کمک بسیار آرام صورت می‌گیرد، در نتیجه کاند باید به صورت یک کاتالیست شیمیایی شکل بگیرد تا سرعت واکنش را افزایش دهد. از دید سنتی تنها ماده‌ای که مناسب عمل می‌کند، پلاتینیوم است."

Battersby اشاره کرد که در اوایل، هنگامی که از نانولوله‌های کربنی بدون نیتروژن dope شده استفاده می‌شد، واکنش سریعتر می‌شد، ولی این مواد تأثیری به مراتب کمتر از نانو ذرات پلاتینیومی داشتند.

لحظه اکتشاف

دقیقاً چه زمانی تیم Dai، این سلول‌های سوختی بر پایه نانولوله‌های کربنی را تولید کردند؟ وی روش خود را در ۵ فوریه، در مقاله‌ای در منبع اخبار آنلاین MIT، به نام "مرور تکنولوژی" افشا کرد. به گفته وی، قدم اول با ترکیبی از کربن، نیتروژن و آهن شروع می‌شود. قدم بعدی شامل قرار دادن ترکیب بر روی زیرلایه کوارتزی و حرارت دادن آن در حضور آمونیا است که باعث می‌شود نانولوله‌های کربنی با نیتروژن، دوپ شده و مستقیماً از سطح گسترش یافته و رشد کنند.

سپس آهن‌های باقی مانده با اکسید کردن شاخه و قرار دادن درون فیلم پلیمر توسط تیم همکار از بین برده می‌شوند. سپس الکتروود، درون الکترولیت هیدروکسید پتاسیم قرار داده شد. در این لحظه بود که Dai ابراز داشت که لحظه اکتشاف را تجربه کرده زیرا در این زمان بود که تیم به توانایی تکنولوژی در جهت افزایش سرعت واکنش کاتدی اکسیژن و الکترون‌ها پی برد.

بهبتر از پلاتین

Dai به گزارشگر "دانشمند جدید" گفت: "نانولوله‌های کربنی دوپ شده با نیتروژن بهتر از پلاتین هستند و می‌توانند به عنوان بهترین کاتالیست استفاده شوند".

به گفته Dai، تکنولوژی تولیدی توسط تیمش می‌تواند جریان الکتربیسیته را چهار برابر بیشتر از پلاتین تولید کند و این در حالی است که نانوذرات پلاتینیوم ممکن است به علت خوشه‌ای شدن و یا آلوده شدن با منوکسید کربن کارایی خود را از دست بدهند در صورتی که نانولوله‌های کربنی، از این مورد مصون هستند. نانولوله‌های کربنی چه مقدار ارزانتر از پلاتینیوم هستند؟ Dai می‌گوید که هنوز به طور دقیق هزینه‌های آن را محاسبه نکرده ولی هزینه‌های آن حتی به هزینه‌های پلاتینیوم نزدیک هم نمی‌شود و علاوه بر این، روز به روز هم کاهش می‌یابد.

طبق گفته Dai ممکن است مشابه این اثر با گونه‌های دیگر کربن دوپ شده با نیتروژن نیز مشاهده گردد. وی خوشبینانه می‌گوید: "اکنون که ما کشف کردیم این شیمی چگونه کار می‌کند، ممکن است نیازی به تولید نانولوله‌ها نباشد".

ممکن است نقش بتن به عنوان جاذب CO₂ دست کم گرفته شده باشد

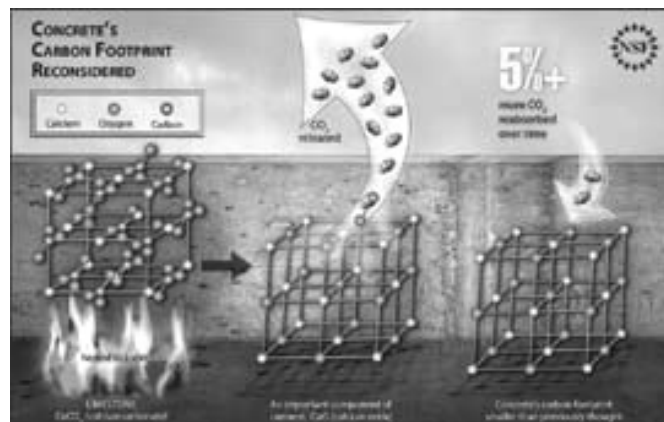
بولتن Acers، مارس ۲۰۰۹

مطالب شماره ژوئن مجله مهندسی محیط زیست در رابطه با "پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی انتشار CO₂" اطلاعات بسیاری را در زمینه سرمایه، در اختیار قرار می‌داند.

به عنوان مثال، در مقاله‌ای ارائه شده بود که بتن (و سیمان پرتلند) در نشر CO₂ تأثیر زیادی ندارند، بلکه CO₂ تولیدی هنگام ساخت سیمان و بتن اهمیت دارد که از سه منبع بوجود می‌آید: دکربوره شدن آهک، احتراق سوخت کوره‌ها و وسایل حمل و نقل و توزیع سیمان و بتن.

تحقیقات گذشته نشان داده است که مقدار کمی CO₂ می‌تواند به آرامی از طریق شکل‌گیری کلسیت جذب شود. اگرچه سازه‌های بتونی معمولاً برای سال‌ها کار می‌کنند، ولی سرعت این واکنش ایجاد مشکل نمی‌کند.

(اگرچه ممکن است در صورت حضور Reber مشکلاتی بوجود آید). ولی این تحقیق جدید اثبات می‌کند که مقدار چشم گیری از CO_2 از طریق مکانیزم‌های غیر کلسیتی جذب شده و باعث افزایش CO_2 حذف شده از جو و کاهش اثر کربن در بتن می‌شود.



در خلاصه: این تحقیق بر روی انواع دیگر تجزیه دی‌اکسید کربن تمرکز کرده است. در اینجا فرض شده است و در مواردی نیز ثابت شده است که کمپلکس‌های دی‌اکسید کربن حل نشده دیگری نیز درون شبکه بتن وجود دارد، همانطور که در خیلی از سیستم‌های آبی و همچنین انواع دیگر کربنات‌ها (به غیر از کلسیت) وجود دارد. در این جا نشان داده شده است که با توجه به پتانسیل استکیومتری جهت بازگشت واکنش کلسینه شدن انواع دیگر دی‌اکسید کربن به غیر از کلسیت، به مقادیر چشمگیری در سیمان وجود دارد.

درزگیرهای (seal) پمپ‌های با پوشش نانو، جایزه اسکار "ابداعات" را ربود

بولتن Acers، فوریه ۲۰۰۹

جایزه اسکار "ابداعات" که از سوی Chicago Tribune آمریکا اهدا می‌شود، جایزه‌ای است که هر ساله از طریق R&D یا "Research & Development" به محصولاتی که بیشترین خلاقیت و نوآوری در آن‌ها به کار گرفته شده باشد، اعطا می‌گردد.

محققان آزمایشگاه Argonne Nation، با همکاری دو شرکت Illinois موفق به دریافت جایزه سال ۲۰۰۸ برای ساخت درزگیرهای (seal) مکانیکی فوق نانو کریستالین الماسی (UNCD) شدند. درزگیرهای UNCD به دلیل پوشش با لایه‌ای نازک از خرده‌های الماس‌های نانوسایز نسبت به درزگیرهای سیلیکون کاربیدی که امروزه در پمپ‌های مکانیکی کاربرد دارند، محکم‌تر، روان‌تر، دارای بازده انرژی بالاتر و بادوام‌ترند.



درزگیرهای (seal) مکانیکی فوق نانو کریستالین الماسی (UNCD)

اهمیت درزگیرهای پمپ

ممکن است در نگاه اول تولید پوشش الماسی برای درزگیری‌های پمپ، جهت کنترل عبور سیالات و دوغاب‌های صنعتی یک نوع ولخرجی محسوب شود اما این زمانی است که شما اثرات چند منظوره این درزگیرها را در نظر نگرفته باشید.

خرابی درزگیرها علت اصلی از دست رفتن انرژی و زمان در پروسه‌های کارخانه‌ها است. درزگیرهایی که دچار نشی هستند نه تنها موجب از بین رفتن مواد خام می‌شوند بلکه موجب موارد جدی‌تری مانند ایجاد نشی مقادیر ناچیز از مواد شیمیایی خطرناک و مایعات به داخل محیط زیست می‌گردند.

بنابراین، بسیار مهم است که درزگیرها، سخت، مقاوم در برابر سایش، بی اصطکاک باشند و مقاومت خوبی در برابر گرما و سرما داشته باشند. درزگیرهای ساخته شده توسط UNCD دارای کلیه این خصوصیات‌اند.

چالش بازاریابی UNCD

طبق گزارش وبسایت Argonne ، UNCD نانوماده‌ای که توسط دانشمندان Argonne اختراع شد، حاوی دانه‌های الماسی است که یک پوشش نازکی با قطر دو تا پنج نانومتری را تشکیل می‌دهند. به گزارش این وبسایت، این شرکت و شریک صنعتی آلمانی خود در سال ۲۰۰۳ نیز موفق به دریافت جایزه فوق برای ساخت یک سیستم رسوبگیری وسیع که UNCD را به تکه کاملی از نیمه رساناها متصل می‌کرد، شده است. به گزارش مجله R&D، ظرفیت ساخت درزگیرهای مکانیکی در آن زمان بسیار کم تخمین زده می‌شد.

با وجود اینکه دانشمندان کاملاً از فواید استفاده از پوشش‌های الماسی اطلاع دارند، اما هنوز هم در پی از بین بردن موانع موجود قبل از استفاده آنها می‌باشند. فرآیند پوشش نانو ساختار بر پایه الماس بسیار پیچیده است و عملیات گنجاندن آنها در سایر مواد به مراتب مشکل‌تر خواهد شد.

هزینه مصرفی نیز مسئله دیگری است. به گزارش همین وبسایت "برای رسیدن به تمایز بیشتر بایستی این محصولات، از نظر قیمت با درزگیرهای سیلیکون کاربیدی که کارایی کمتری دارند، قابل رقابت باشند."



مخترعین UNCD

تجاری شدن درزگیرهای UNCD

با حمایت دپارتمان برنامه‌های تکنولوژیکی صنعتی و پشت سر گذاشتن چالش‌ها در سال‌های اخیر، محققان Argonne توانسته‌اند به یک روش مناسب برای وفق دادن و استفاده از UNCDها به عنوان درزگیرهای مکانیکی به طوری که بتواند تولید انبوه آنها را راحت‌تر سازد دست پیدا کنند.

به گفته John Hryn، مهندس خط تولید ارشد این شرکت، این یک موفقیت بزرگ است. ما نه تنها توانستیم گنجاندن UNCD را در درزگیر پمپ‌ها مدیریت کنیم، بلکه قادر شدیم محصولی بسازیم که تولید انبوه داشته و از راندمان کارایی بالایی برخوردار است.

به گزارش مجله R&D، درزگیرهای UNCD خود پولیش هستند، مرزدانه آنها مخلوطی از باندهای

کربن-گرافیت و الماس است که موجب افزایش سختی جداره آنها به 97 GPa شده و ضریب اصطکاک آنها در هوا را به مقدار 0.02 رسانده است.

Hymn صاحب امتیاز بخش تکنولوژی‌های پیشرفته الماس در Romeoville Illenose جهت تولید و راه‌اندازی خط تولید انبوه درزگیر و نیز شرکت Joh Grane در Morto Grove، هم تست‌های مورد نظر بر روی این محصولات را انجام داد تا برتری و ارجحیت استفاده از آنها بر درزگیرهای سیلیکون کاربردی سنتی تأیید گردد.

BAM یک نانوپوشش مناسب

بولتن Acers، ژانویه ۲۰۰۹

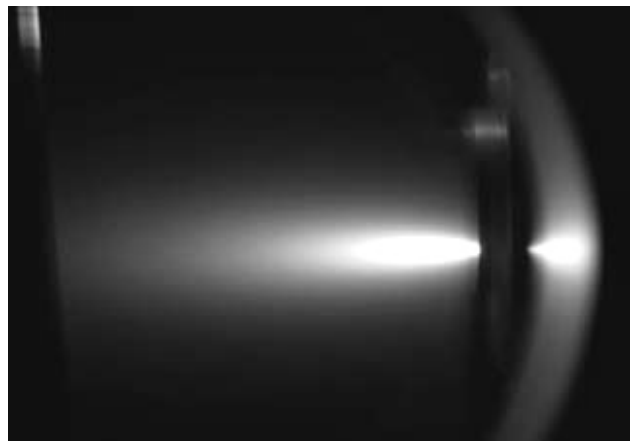
چه ماده‌ای سخت‌ترین ماده در زمین است، که صیقلی‌تر از تفلون و به اندازه کافی جدید بوده تا بتواند مصرف انرژی ایالات متحده که تریلیون‌ها Btu (هر Btu معادل یک ژول است) در سال می‌باشد را کاهش دهد؟

جواب BAM است. یک ماده سرامیکی تشکیل شده از آلیاژی از بور، آلومینیوم، منیزیم و TiB_2 . BAM سومین ماده سخت جهان، بعد از الماس و ساختار مکعبی نیتريد بور، است که با توجه به میزان استحکام آن، صیقلی نیز می‌باشد. با داشتن ضریب اصطکاک 0.02 حتی از تفلون (0.05) و فولاد روغن کاری شده (0.16) نیز صیقلی‌تر می‌باشد.

BAM به صورت اتفاقی توسط دو محقق در آزمایشگاه DOE در ایالات متحده کشف شد. BAM به عنوان سوپرستار نانوپوشش، در طی چهار سال و در طی پروژه ۳ میلیون دلاری که در جهت کاهش مصرف انرژی صنایع با کاهش اصطکاک و سایش دستگاه‌ها انجام شده است، رشد بسیاری داشته است. این پروژه توسط سرمایه‌گذاری گسترده دفتر راندمان انرژی و انرژی‌های تجدید پذیر DOE به رهبری بروس کوک (یکی از مکتشفین BAM و محقق در آزمایشگاه آیووا) در حال انجام است.

کاهش اصطکاک و انرژی

همانطور که کوک اشاره کرده، اصطکاک دشمن ماشین‌ها می‌باشد. این باعث می‌شود که دستگاه‌ها سخت‌تر کار کنند، سریع‌تر ساییده شوند و نیز بیشتر از آنچه نیاز دارند، انرژی مصرف کنند.



پوشش پایه با AlMgB_{14}

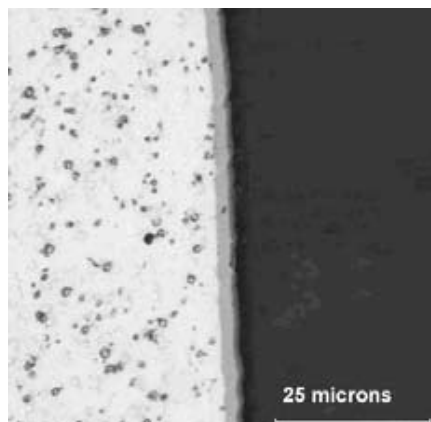
در حقیقت کوک به بولتن انجمن سرامیک آمریکا، گفته است که اگر پره روتورها که در همه جا کاربرد دارند، توسط BAM جهت کاهش اصطکاک پوشش داده شوند، علاوه بر افزایش راندمان، تا سال ۲۰۳۰ روتورها می‌توانند مصرف انرژی صنایع ایالات متحده را سالانه تا ۳۱ تریلیون Btu کاهش داده و ذخیره ۱۷۹ میلیون دلار در سال را باعث شوند.

یکی دیگر از محققین و مکتشفین BAM از آزمایشگاه DOE، آلن راسل، اظهار کرده است که پوشش BAM به ضخامت تنها n میکرون، به علت سختی فوق‌العاده بالا و صیقلی بودن زیاد، می‌تواند قطعه را به طور قابل توجهی سخت‌تر کرده، منجر به روان‌تر کردن، اصطکاک کمتر و به کار بردن انرژی کمتر قطعات گردد.

کاربرد و توسعه

راسل، پروفیسور مهندس مواد در دانشگاه ایالت آیووا، گزارش داد که در آزمایشگاه DOE چندین نوع تست مختلف بر روی پوشش پایه BAM انجام داده شد. وی بیان کرده است: "گستره زیادی از این ترکیب وجود دارد. می‌توان از $AlMgB_{14}$ خالص و $AlMgB_{14}+TiB_2$ با نسبت‌های مختلف $AlMgB_{14}$ به TiB_2 استفاده کرد." وی گفت: "درحالی که آزمایشگاه DOE، نانو پوشش "بور" را روی پمپ هیدرولیک کامیون‌ها و ابزار برش کاربرد تنگستن از طریق پوشش‌دهی لیزری، رسوب می‌داد، کارخانه Eaton (یک تولید کننده بزرگ تجهیزات سیالی) پوشش را بوسیله روش کاتر پرانی مگنترون (روشی که در مقیاس صنعتی مناسب‌تری می‌باشد) اعمال می‌کرد."

آزمایشگاه همچنین با کارخانه Green Leat که پوشش BAM را به طور صنعتی بر روی ابزار برش اعمال می‌کند، همکاری کرد. راسل اظهار کرد: "اگر یک ابزار برش با اصطکاک کمتر کار کند، نیروی اعمالی کاهش می‌یابد که به طور مستقیم باعث کاهش مصرف انرژی ماشین‌کاری می‌شود." راسل در ۲۱ نوامبر در مقاله‌ای در مجله آن لاین دانشمندان جدید گفت که BAM را همچنین می‌توان به عنوان پوشش سخت بر روی سر مته اعمال نمود. اگر چه برای این کاربرد الماس به علت سختی بیشتر نسبت به BAM متداول‌تر است، ولی راسل می‌گوید الماس به واکنش با فولاد تمایل داشته و منجر به تنزل نسبتاً سریع فولاد می‌گردد. بنابراین، با توجه به آزمایشات انجام شده، BAM به زودی بازار خوبی پیدا خواهد کرد.



نوار پوشش $AlMgB_{14}$. باریک و تاریک

تست‌های اضافه

به گفته کوک تست‌های بیشتری توسط آزمایشگاه Ridge National، که یک مؤسسه تحقیقاتی اصطکاک و سایش است، صورت خواهد گرفت. این محقق بیان کرد، اخیراً تحقیقات در دانشگاه علم و صنعت میسوری و دانشگاه آلبرتا نیز توسعه داده شده است.

وی توضیح داد: "جهت مقایسه عمر ترکیبات بر روی قطعات گرداننده و لغزنده، آزمایشات طولانی انجام شد. این تست‌ها جهت مقایسه فولاد بدون پوشش، فولاد با پوشش کربن شبیه الماس، فولاد پوشش داده شده با BAM و BAM به همراه TiB_2 انجام شد. اگرچه همه قطعات پوشش داده شده خواص ماشین‌کاری بهتر و همچنین بازده شروع بهتری (بین ۱ تا ۸ درصد) از خود نشان دادند ولی قطعات پوشش داده شده با BAM، در سه آزمایش بهترین خواص را نشان دادند.

خواص هنوز یک راز است

راسل در مجله دانشمندان جدید اظهار کرد: "هیچکس به طور کامل مطمئن نیست که چه چیز باعث می‌شود BAM تا این اندازه سخت و صیقلی باشد." وی افزود: "در حالی که الماس و بیشتر مواد بسیار سخت دارای ساختار کریستالی ساده، با قاعده و متقارن می‌باشند، نشان داده شده است که BAM دارای ساختاری پیچیده، نامتقارن و همچنین داری گپ می‌باشد که هیچکدام از این موارد، در یک ماده سخت مورد انتظار نیست." راسل اظهار کرد که باور بر این است که سختی بالای BAM در نتیجه باندهای کوتاه و قوی بور، دانه‌های ریز و اندازه فاز مواد BAM و TiB_2 می‌باشد.

صیقلی بودن BAM به طور نسبی درک شده است. راسل گفت: "باور بر این است که ضریب اصطکاک پایین به علت تشکیل اکسید هیدرات بور، در اثر وجود اکسیژن و بخار آب موجود در هواست. این پوشش دارای سطح خود روانساز بوده و نیازی به اضافه کردن روغن و روانساز نمی‌باشد. این پوشش به صورت ذاتی صیقلی است. تست‌هایی را نیز می‌توان در خلاء جهت نشان دادن تئوری تشکیل اکسید هیدرات بور انجام داد."

اما هنگامی که از وی سؤال شد که با توجه به موضوعات مطرح در مورد خطر نانوتکنولوژی برای سلامتی، آیا ممکن است پوشش BAM برای سلامتی بشر خطرناک باشد، راسل بسیار متعجب شد.

تشکیل کمیته متناظر پوشش‌های فلزی و معدنی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

کمیته متناظر (پوشش‌های فلزی و معدنی) زیر نظر کمیته‌های ملی ایزو مستقر در موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۸۷ تشکیل شده و مقرر گردیده است که گروه کاری متناظر شماره ۲ (پوشش‌های لعابی - فلزی یا انامل) در محل این کمیته تشکیل گردد. در جلسه‌ای که در تاریخ ۸۸/۱۲/۴ به دعوت انجمن سرامیک ایران در محل دانشگاه علم و صنعت ایران با حضور متخصصان و دانشگاهیان تشکیل گردید، پس از بحث و بررسی قول همکاری‌های متقابل انجمن سرامیک ایران و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی داده شد و همچنین مقرر گردید که این گروه کاری با همکاری اعضای صنعتی و دانشگاهی با حضور نماینده‌ای از انجمن سرامیک ایران به منظور تدوین استانداردهای بین‌المللی ارسالی از سازمان ISO تشکیل گردد.

با توجه به حضور همزمان آقای دکتر ابراهیم قاسمی در انجمن سرامیک ایران و گروه تخصصی لعاب و رنگ پژوهشگاه رنگ، اعضای حاضر در این جلسه ایشان را به عنوان مسئول کمیته و خانم مهندس قیصری از اداره کل استاندارد استان یزد را به عنوان دبیر کمیته انتخاب کردند.

مدعوبین این جلسه به شرح زیر می‌باشند:

آقای مهندس عباس سلیمانی (مدیر بازرگانی شرکت نیک کالا) - آقای دکتر یوسفی (عضو هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران) - آقای دکتر افتخاری (عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران) - آقای دکتر سرپولکی (رئیس هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران) - خانم علیشاهی (مدیر اجرایی انجمن سرامیک ایران) - آقای دکتر ابراهیم قاسمی (پژوهشگاه رنگ) - آقای دکتر احمدی مقدم (پژوهشگاه رنگ) - خانم مهندس قیصری (اداره کل استاندارد استان یزد) - آقای مهندس سجادی فر (مدیر عامل شرکت پلار) - آقای مهندس گلستانی (رئیس آزمایشگاه شیمی (رنگ و لعاب) شرکت آبسال) - آقای مهندس فیاضی (شرکت آتش پدید) - خانم مهندس نصرت زاده - خانم دکتر کارگر راضی - آقای دکتر جعفری - خانم سالاروند در این جلسه ضمن تأکید بر حضور بیشتر متخصصان صنعتی، کارشناسان، تولیدکنندگان و مصرف کنندگان لعاب فلز، مقرر گردید که اعضای دعوت شده به همراه نماینده‌ای از انجمن سرامیک ایران در جلسات بعدی حضور بهم رسانیده و اقدامات مقتضی را در خصوص استانداردهای مرتبط با لعاب فلز به انجام برسانند.



اخبار نمایشگاه‌ها

گزارش نمایشگاه کاشی

هجدهمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی، سرامیک و چینی بهداشتی از تاریخ نوزدهم لغایت بیست و دوم آذر ماه ۸۸ به مدت چهار روز، از ساعت ۹ الی ۱۶ در سالن‌های ۶ تا ۱۵ محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار گردید.



به گزارش روابط عمومی و امور بین‌الملل، ۲۲۵ مشارکت‌کننده داخلی و خارجی در فضایی به وسعت بیست و پنج هزار متر مربع، دستاوردها و توانمندی‌های خود را در زمینه‌های کاشی، سرامیک و چینی بهداشتی و پیشرفت‌های حاصله در طرح‌های جدید در این صنعت به نمایش گذاشتند. گفتنی است ۱۷۱ شرکت داخلی و ۵۴ شرکت خارجی از کشورهای ایتالیا، ترکیه، امارات متحده عربی و چین در این نمایشگاه حضور داشتند. البته قابل ذکر است که امسال به دلیل عدم اختصاص غرفه، انجمن سرامیک ایران در این نمایشگاه حضور نداشته است.



آقای مهندس محمد روشنفکر فلاح رئیس انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک ایران تصریح کرد: مردم از هجدهمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی و سرامیک استقبال بی‌سابقه داشتند.

وی ادامه داد: در هجدهمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی و سرامیک آخرین دستاورد تولیدکنندگان کاشی و سرامیک و چینی بهداشتی وجود داشت که در معرض دید عموم قرار گرفته و خوشبختانه با استقبال عمومی اعم از مصرف‌کنندگان داخلی و خارجی همراه بوده است. رئیس انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک ایران خاطر نشان کرد: تولیدکنندگان در این نمایشگاه سعی داشتند تا آخرین نوع چیدمان و محل‌های مختلف مصارف کاشی و سرامیک را برای بازدیدکنندگان توضیح دهند. وی گفت: این نمایشگاه فرصت مناسبی برای ارتباط تجاری بین تولیدکنندگان و نمایندگان فروش خود، در داخل و خارج از کشور است و از



نظر در اختیار داشتن فضای سطح نمایشگاهی و میزان بازدید کننده نسبت به سال قبل از استقبال زیادی برخوردار بود که با توجه به سیاست‌های حمایتی دولت این صنعت هر ساله جایگاه بهتری را به خود اختصاص می‌دهد.

گزارش نمایشگاه نانو

نمایشگاه فناوری نانو از تاریخ ۱۳ الی ۱۷ آبان‌ماه ۱۳۸۸ در مصلی تهران برگزار شد. در این نمایشگاه، دستاوردهای کشور در حوزه‌های منابع انسانی متخصص در فناوری نانو، محصولات فناوری نانو، ارتباط پژوهش‌های دانشگاهی با صنایع، آموزش مفاهیم و کاربردهای فناوری نانو، زیرساخت‌های تجهیزاتی- ارتباطات بین‌الملل به نمایش گذاشته شد.



در این نمایشگاه دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها و شرکت‌های فعال، نوپا و مراکز رشد، نهادهای ترویجی شامل انجمن‌ها، رسانه‌ها و شرکت‌های آموزشی، نهادهای دولتی، شرکت‌های خدمات دهنده و صندوق‌های مالی در هفت منطقه شرکت داشتند. این دسته‌بندی مشخص به هر مخاطبی این امکان را می‌داد تا به محض ورود به نمایشگاه از تحقیق تا تولید یک محصول را دنبال نماید.

بخش ویژه صنعت با معرفی کاربردهای فناوری نانو در شش حوزه مهم صنعتی و بخش آموزش عمومی با برنامه‌های کاملاً متفاوت از سال قبل، همچون برگزاری جشنواره دانش‌آموزی و سینمای نانو از بخش‌های مهم جشنواره امسال بودند. ضمن اینکه با تفکیک شرکت‌های تجهیزات ساز از دیگر شرکت‌ها، این امکان به مراکز پژوهشی داده شد تا ضمن شناسایی شرکت‌های سازنده تجهیزات، بتوانند نیازهای خود را نیز مرتفع نمایند.

اهداف این نمایشگاه، شناخت پتانسیل‌های تحقیقاتی و صنعتی در حوزه فناوری نانو، زمینه‌سازی برای حضور شرکت‌های نانو در بازارهای بین‌المللی، ارتقای دانش عمومی نسبت به محصولات فناوری نانو و کمک به تجاری سازی فناوری نانو بوده است.



برترین‌های فناوری نانو سال ۱۳۸۸، ۱۷ آبان‌ماه، در مراسم اختتامیه جشنواره فناوری نانو، معرفی شدند. در این مراسم دکتر مسعود صلواتی نیاسر، دکتر علیرضا اشرفی، دکتر عبدالله سلیمی، دکتر عبدالرضا سیمچی، دکتر سید خطیب‌الاسلام صدرنژاد، دکتر رستم مرادیان، دکتر اعظم ایرجی‌زاد، دکتر محمدحسین عنایتی، دکتر میرفضل‌الله موسوی و دکتر رضا کریمی شروانی، به عنوان ده محقق برتر کشور در زمینه علوم و فناوری نانو معرفی شدند.

در این مراسم که پس از پایان یافتن برپایی نمایشگاه فناوری نانو، برگزار شد، دکتر سعید سرکار، دبیر ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، دکتر حمیدرضا شاهوردی، مدیر کار گروه توسعه فناوری و تولید ستاد، دکتر نسرین

سلطان خواه، معاون علمی فناوری رئیس جمهور و محمدرضا مخبردزفولی، دبیر شورای عالی انقلاب فرهنگی، سخنرانی کردند.

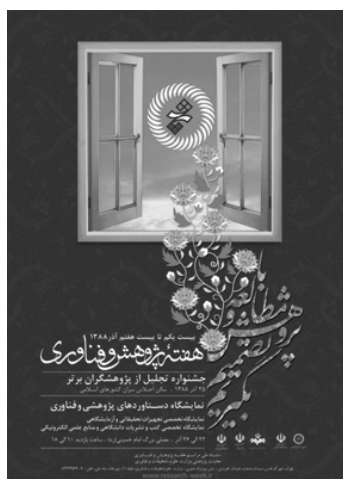
در مراسم اختتامیه جشنواره فناوری نانو که چهارمین جشنواره انتخاب برترین‌های فناوری نانو نیز بود، سایر برترین‌های انتخاب شده در زمینه علوم و فناوری نانو، به این شرح معرفی شدند: در بخش مراکز پژوهشی، به ترتیب دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تهران و دانشگاه تربیت مدرس؛ در بخش خبرگزاری‌ها، خبرگزاری مهر؛ در بخش شبکه‌های رادیویی، رادیو جوان؛ در بخش شبکه‌های تلویزیونی، شبکه خبر؛ در بخش مراکز آزمایشگاهی، مرکز پژوهش متالورژی رازی، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران و مؤسسه تحقیقات پیشرفته فناوری مواد معدنی ایران.

همچنین، برای تشویق غرفه‌داران حاضر در بخش نمایشگاهی جشنواره فناوری نانو، پس از ارزیابی غرفه‌ها در روزهای برپایی نمایشگاه، غرفه‌های شرکت مهرویژن، دانشگاه تهران، تجهیزگاما، نانوساختار آسیا، پارک علم و فناوری دانشگاه تهران و جهاد کشاورزی، به‌عنوان غرفه‌های برتر، معرفی شدند.



گزارش نمایشگاه هفته پژوهش

دهمین نمایشگاه دستاوردهای پژوهشی و فناوری شامل نمایشگاه تخصصی تجهیزات تحقیقاتی و آزمایشگاهی، نمایشگاه تخصصی کتاب و نشریات دانشگاهی و منبع علمی الکترونیکی از تاریخ ۸۸/۹/۲۲ لغایت ۸۸/۹/۲۶ در مصلی بزرگ امام خمینی تهران برگزار گردید.



مراسم افتتاحیه روز یکشنبه ۸۸/۹/۲۲ با حضور دکتر کامران دانشجو، وزیر علوم تحقیقات و فناوری و سردار احمد وحیدی، وزیر دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح برگزار گردید. معاون پژوهشی وزارت علوم تحقیقات و فناوری در این مراسم گفت: دهمین نمایشگاه دستاوردهای پژوهشی با ۱۴ هزار متر مربع زیربنا و حدود ۷۰۰ غرفه شامل ۶۸ دانشگاه، ۲۶ پارک علمی و فناوری، ۱۵۰ نشریه علمی، ۸۰ انجمن علمی، ۱۱۳ قطب علمی،

۸۶ شرکت زیر مجموعه آفاق، ۳۰ شرکت نماینده تجهیزات خارجی، ۱۵ شرکت نماینده تجهیزات داخلی، ۲۶ ناشر بین‌المللی و ۳۲ ناشر داخلی است، که دستاوردهای خود را در این نمایشگاه عرضه می‌کنند. وی افزود: هدف از برگزاری نمایشگاه امسال ایجاد سطح تماس بیشتر بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان یا استفاده‌کنندگان طرح‌ها و ایده‌های علمی کاربردی است. همچنین در این مراسم، سامانه ارزیابی عملکرد پژوهش و فناوری دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی کشور، توسط دکتر کامران دانشجو رونمایی شد. در مراسم اختتامیه این نمایشگاه که روز پنجشنبه ۸۸/۹/۲۶ برگزار گردید، از برپا کنندگان ۳ غرفه برتر و ۱۴ غرفه فعال این نمایشگاه در مصالای تهران تجلیل شد. دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشگاه شهید بهشتی و مرکز تحقیقات آب و فاضلاب وزارت نیرو سه غرفه برتر این نمایشگاه بودند. غرفه‌های دانشگاه جامع علمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی و دانشگاه ولی عصر رفسنجان در بخش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، غرفه وزارت جهاد دانشگاهی و آموزش و پرورش در بخش دستگاه‌های اجرایی، غرفه مرکز رشد امیر کبیر و مرکز رشد و فناوری علوم پایه زنجان در بخش پارک‌های رشد و فناوری، غرفه دانشگاه دفاع ملی در بخش انتشارات، غرفه مجله اقتصاد اسلامی وابسته به پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی در بخش نشریات، غرفه مواد پیشرفته سرامیکی دانشگاه علم و صنعت ایران در بخش قطب علمی، غرفه انجمن مدیریت راهبردی و غرفه صنایع الکترونیک ایران در بخش انجمن‌های علمی و بخش صنایع تولیدی به عنوان غرفه‌های فعال معرفی شدند.



کاربردی بودن دستاوردهای ارائه شده در راستای اصلاح الگوی مصرف بودن، رعایت زیست محیطی و توسعه پایدار و نو بودن آثار ارائه شده از جمله معیارهای هیئت داوران برای انتخاب غرفه‌های برتر بود. در این نمایشگاه، انجمن سرامیک ایران نیز در طبقه دوم - غرفه ۸۱ حضور فعال داشت.



اخبار صنعتی

انتخاب مهندس حمیدرضا نعمتی به عنوان مدیر نمونه جوان کشور

جناب آقای مهندس حمیدرضا نعمتی، مدیر تحقیق و توسعه شرکت گلسار فارس و نیز نایب رئیس هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران، در سومین جشنواره ملی تولیدکنندگان جوان از طرف خانه صنعت و معدن جوانان به عنوان "مدیر نمونه جوان کشور" انتخاب شده‌اند.



افتتاح مرکز آموزش علمی کاربردی مجتمع کاشی میبد

مرکز آموزش علمی کاربردی مجتمع کاشی میبد در روز عید قربان افتتاح گردید. هدف از راه اندازی این مرکز، تربیت نیروی متخصص و تحصیل کرده مورد نیاز کارخانجات کاشی و سرامیک کشور، به خصوص استان یزد اعلام شده است.

بهره برداری از کارخانه تولید شیشه

کارخانه تولید شیشه با ۱۱۰ هزار متر مربع زیر بنا، در زمینی به مساحت ۱۵۰ هزار متر مربع در شهر مراغه ساخته شد. این کارخانه قادر به تولید سالانه ۲۵۰ هزار تن انواع شیشه‌های معمولی و خودرو ۱/۶ تا ۲۵ میلیمتر می‌باشد. ۴۰ درصد محصولات این کارخانه برای صادرات در نظر گرفته شده است و بخش خصوصی برای ساخت این واحد یک هزار و ۲۵۰ میلیارد ریال سرمایه‌گذاری کرده است.

جناب آقای مهندس حمیدرضا نعمتی مدیریت محترم تحقیق و توسعه شرکت گلسار فارس، انتخاب شما به عنوان "مدیر نمونه جوان کشور" را تبریک گفته و برای جنابعالی و همه کارکنان محترم آن شرکت موفقیت بیش از پیش آرزومندیم.

هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران

گزارش جلسات هیئت مدیره انجمن

پنجمین جلسه هفتمین هیئت مدیره انجمن سرمایه ایران در تاریخ ۸۸/۸/۱۱ در محل دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه علم و صنعت ایران تشکیل گردید.

حاضرین در جلسه به ترتیب حروف الفبا: دکتر سرپولکی، مهندس صمدانی، خانم علیشاهی، دکتر فقیهی ثانی، دکتر مرزبان راد، دکتر نقی زاده، دکتر یوسفی در این جلسه هیئت مدیره انجمن درباره شروع فعالیت کمیته دانشجویی بحث کردند و قرار شد که از هر دانشگاهی که رشته سرمایه دارد، با نماینده‌ای از دانشجویان جهت تشکیل کمیته اولیه ارتباط برقرار شود تا این کمیته آغاز به فعالیت نماید و فعالیت‌های خود را در محورهای زیر شروع نماید:

- ۱- انتقال اطلاعات انجمن به این محورها
- ۲- توسعه و تعالی فعالیت‌های دانشجویی
- ۳- برگزاری سمینارهای دانشجویی
- ۴- ارتباط با انجمن در روند کارهایی جهت اعضای فارغ‌التحصیل
- ۵- ارتباط دانشجویان داخل و خارج و اخذ اطلاعات دانشگاه‌های خارج
- ۶- انعکاس اخبار و فعالیت‌های دانشجویی در صفحات مجله سرمایه و درج مقالات دانشجویی در این صفحات
- ۷- اختصاص صفحات دانشجویی در وب سایت انجمن
- ۸- برگزاری مسابقات دانشجویی
- ۹- اختصاص بخش دانشجویی در کنگره سرمایه
- ۱۰- بازدیدهای دانشجویی

در ضمن در رابطه با گروه‌های تخصصی نیز تصمیم‌گیری شد تا شرح خدمات و وظایف این گروه‌ها توسط هیئت مدیره انجمن تهیه گردد.

ششمین جلسه هفتمین هیئت مدیره انجمن سرمایه ایران در تاریخ ۸۸/۱۰/۲۱ ساعت ۱۴ در محل دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی و علم مواد تشکیل گردید.

حاضرین در جلسه به ترتیب حروف الفبا: مهندس ترک نیک - دکتر سرپولکی - مهندس صمدانی - خانم علیشاهی - دکتر فقیهی ثانی - دکتر قاسمی - دکتر مقصودی پور - مهندس نعمتی - دکتر نقی‌زاده - دکتر یوسفی

مهمانان: دکتر مداح حسینی - دکتر سیم‌چی از دانشگاه صنعتی شریف



در این جلسه ضمن گزارش کمیته آموزش از برگزاری دوره‌های آموزشی انجام شده توسط انجمن سرمایه‌های ایران قرار شد در برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌های آموزشی به موارد زیر توجه گردد:

- ۱- سرفصل دوره‌ها مشخص گردد.
- ۲- سطح افراد حاضر در دوره مشخص و براساس آن استاد مربوطه و مطالب آماده و ارائه گردد.
- ۳- مطالب ارائه شده ضمن بهره‌گیری از مبانی علمی، بیشتر کاربردی در بخش صنعت باشد و به نیاز صنعت در این سرفصل‌ها توجه شود.
- ۴- به انتظارات بخش صنعت توجه شده و بازخوردهای این دوره‌ها در صنایع بررسی گردد.
- ۵- با تکرار این دوره‌ها ضمن رفع اشکالات دوره و کسب تجربه بیشتر اساتید کمک به گسترش مخاطبین دوره می‌گردد. و دوره‌های موفق دوباره تکرار شود.
- ۶- جزوات و فیلم‌های آموزشی مناسب جهت دوره‌ها تهیه گردد.
- ۷- جستجوی اساتید مجرب در صنعت و دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی



تعدادی از مراکز دانشگاهی و صنعتی در رابطه با برگزاری هشتمین کنگره سرمایه‌های ایران اعلام آمادگی نمودند که قرار شد پیشنهاد این مرکز و مراکز دیگری که تا جلسات بعدی، دفتر انجمن دریافت می‌نماید، مطرح و تصمیم‌گیری شود.

در پایان مهمانان حاضر در جلسه نیز پیشنهادهای در زمینه فعالیت‌های انجمن و افزایش کیفیت فصلنامه سرمایه‌های ایران ارائه نمودند که مورد توجه اعضای هیات مدیره قرار گرفت.

دوره‌های آموزشی انجمن سرامیک ایران

دوره آموزشی "تئوری پیشرفته رنگ در سرامیک"

دوره آموزشی "تئوری پیشرفته رنگ در سرامیک" به درخواست شرکت آپادانا سرام در تاریخ ۸۸/۷/۱۵ در محل کارخانه برگزار گردید. مدرس این دوره از طرف انجمن سرامیک ایران، آقای دکتر فقیهی ثانی بودند که موضوعات و عناوین مختلف مرتبط با اصول پیشرفته رنگ در سرامیک را برای ۳۰ نفر از کارشناسان و کارمندان کارخانه به مدت یک روز ارائه نمودند.

دوره آموزشی "خواص انواع بدنه های سرامیکی"

همچنین دوره دیگری تحت عنوان "خواص انواع بدنه های سرامیکی" نیز به درخواست شرکت فوق در تاریخ ۸۸/۸/۲۰ در همان محل برگزار گردید. مدرس این دوره نیز از طرف انجمن سرامیک ایران، آقای دکتر مقصودی پور بوده که مباحث مختلف را در رابطه با خواص بدنه‌های سرامیکی برای ۲۲ نفر از کارمندان و کارشناسان کارخانه به مدت یک روز ارائه نمودند.

نتایج حاصل از نظرخواهی‌ها

آقای دکتر نقی‌زاده مسئول کمیته آموزشی انجمن سرامیک ایران بیان داشتند نتایج حاصل از نظرخواهی دو دوره فوق حاکی از رضایت افراد شرکت کننده همراه با پیشنهادات زیر بوده است:

- ۱- افزایش زمان دوره‌ها بطوریکه مباحث بطور جامع تر ارائه گردد.
- ۲- دوره‌های انجمن مطابق با سطوح علمی و نیازهای کاری مختلف موجود در صنایع طراحی شود.
- ۳- مباحث کاربردی در دوره‌ها بیشتر مطرح شود.

گزارش علمی

کنترل کیفیت

ceramic industry

واژه سرامیک در قدیم جهت سفالگری و تولید ظروف مورد استفاده بوده است. ولی امروزه این عبارت دربرگیرنده گستره وسیعی از مواد شامل اکسیدهای فلزی، نیتrideها و کاربیدها می‌باشد. این مواد در کاربردهای مختلف از خانگی (ظروف چینی، بهداشتی، وسایل هنری) گرفته تا صنعتی (یاتاقان‌های گلوله‌ای، ابزار برش، ایزولاتورها(عایق‌ها) و کاتالیست‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر سختی بسیار بالای آنها، سرامیک‌ها در مقابل گرما و اثرات شیمیایی مقاوم هستند و این موضوع باعث شده تا این مواد جهت کاربردهایی که در آن محصول تحت شرایط تنش حرارتی و مکانیکی بالا است مناسب باشند.



شکل ۱- از نمونه آزمایشگاهی تا قرص

فاکتور مهم دیگر خلوص این مواد است، به طوری که مقدار بسیار کمی ناخالصی باعث اختلال و رد شدن محصول در فرآیند تولید می‌شود. این نوع ناخالصی‌ها نه تنها بر خواص فیزیکی و شیمیایی ماده موثر می‌باشند، بلکه ممکن است برای سلامتی کاربر نیز مضر باشند. بنابراین با توجه به ترکیب ماده سرامیکی کنترل کیفیت یک چالش برای هر تولید کننده می‌باشد. آماده‌سازی سریع مواد سرامیکی و قابلیت بازیابی آنها جهت دستیابی به کنترل کیفیت قابل قبول امری ضروری می‌باشد.

لوازم مورد نیاز آنالیز

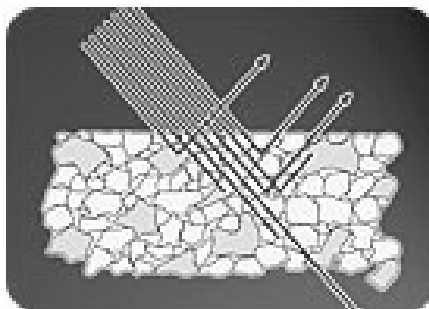
درک روش آزمایش و داشتن تجربه عملی کافی لازمه استفاده بهینه از اسپکترومترها در آزمایشگاه‌های آنالیز می‌باشد، چرا که کارهای عادی و روزمره به اندازه کافی وقت کاربر را خواهد گرفت. به طوری که زمانی جهت بهینه سازی و توسعه این روش‌ها نخواهد داشت. بعضی از روش‌های آنالیز نیاز به زمان بسیار زیادی جهت تمرین برای آماده‌سازی آنالیز دارند. به طوری که اجرا و مقبولیت این روش‌ها توسط کارکنان آزمایشگاهی به سختی و با تأخیر صورت می‌گیرد.

آنالیز اشعه ایکس فلورسنت (XRF) یک استثناء می‌باشد، زیرا نمونه آزمایش به حالت جامد بوده و سنجش آن به راحتی قابل انجام می‌باشد. XRF در مواردی که نیاز به دانستن سریع آنالیز نمونه ضروری می‌باشد (مانند کنترل کیفیت حین تولید)، بسیار کاربرد دارد. تا زمانی که سنجش‌های XRF به این راحتی انجام می‌شوند، غالباً از اهمیت آماده‌سازی نمونه معتبر صرف نظر می‌شود که این موضوع می‌تواند منجر به تکرارپذیری کم و حتی نتایج آنالیزی اشتباه شود.

برای آنالیزهای XRF گاهی یک نمونه آزمایشگاهی چند گرمی می‌تواند معرف تمام یک نمونه چندین تنی باشد. علاوه بر کیفیت اسپکترومتر، کیفیت آماده‌سازی نمونه نیز تأثیری قاطع بر دقت و تکرارپذیری نتایج آزمایش دارد. همچنین اینکه چه میزان کاهش اندازه و یا آسیاب برای هر ماده نیاز است نیز مهم می‌باشد.

عمق اشباع (Saturation Depth)

هرچه اشعه ایکس به عمق بیشتری از نمونه وارد شود، برخوردهای بیشتری با اتمهای ماده خواهد داشت، که افزایش جزئی اشعه ایکس توسط نمونه تا یک عمق مشخص جذب می‌شود که بیشتر از این عمق اشعه ایکس قابلیت نفوذ ندارد. این موضوع همچنین در مورد نور فلورسانت که جهت دیتکت شدن باید از نمونه خارج شود نیز صادق است.



شکل ۲- عمق اشباع، تنها قسمتی از اشعه فلورسانت از نمونه خارج می‌شود.

پایین‌ترین لایه‌ای از نمونه که قابل شناسایی باشد را عمق اشباع گویند (شکل ۲). عمق اشباع بستگی به شدت اشعه ایکس، طول موج (مانند نوع اتمهای مورد آزمایش) و دانسیته اطراف ماده (شبکه ماده) دارد. اگر مواد مختلف با محیط اطراف یکسان مورد آزمایش قرار گیرند، عمق اشباع با توجه به عدد اتمی ماده افزایش می‌یابد. جدول ۱ این وابستگی را برای چینی نشان می‌دهد.

جدول ۱- عمق اشباع اشعه ایکس برای مواد مختلف در نمونه چینی

Element	Atomic number	Saturation depth
Fe	26	170 μm
Mn	25	140 μm
Ca	20	100 μm
K	19	80 μm
S	16	30 μm
Al	13	10 μm

عمق نفوذ عموماً با عدد اتمی کاهش می‌یابد و این به این معناست که عناصر بسیار سخت شناسایی می‌شوند و این موضوع می‌تواند توضیح دهد که چرا عناصری مانند کربن و بور سیگنال‌های فلورسنت خیلی ضعیفی ساطع می‌کنند. تغییر زمینه تأثیر زیادی بر عمق نفوذ دارد (به عنوان مثال: آنالیز آهن در اکسید زیرکونیم یا کاربید تنگستن به جای چینی). عناصر سنگین به طرز قابل توجهی عمق اشباع را کاهش می‌دهند و باعث می‌شوند آنالیز صحیح به سختی بدست آید.

آماده‌سازی نمونه

در هنگام آماده‌سازی نمونه جهت آنالیز XRF باید توجه داشت که ضخامت نمونه به اندازه‌ای باشد که عمق اشباع نمونه را در بر داشته باشد تا نتایج دقیقی از آنالیز بدست آید. به عنوان مثال برای نمونه چینی، اگر عناصر سبک‌تر از پتاسیم باید آنالیز شوند، فقط ذرات ۸۰ میکرونی لازم است و استفاده از آسیاب ۱۰۰ میکرونی که به راحتی قابل دسترس می‌باشد، کافی است.

معمولاً نمونه‌ها در مقادیر زیاد با اندازه‌های بزرگ برای آزمایش می‌آیند که نیاز به کاهش سایز اولیه دارند. خرد کننده‌های فکی جهت آسیاب اولیه مناسب می‌باشند (این نوع خرد کننده مواد را از طریق فشار و اصطکاک بین دو فک که یکی ثابت و یکی متحرک می‌باشد خرد می‌کنند.



شکل ۳- آسیاب دیسک لرزان. درون محفظه آسیاب، اجزای آسیاب (معمولاً یک حلقه و گوی) طوری حرکت می‌کنند که نمونه در اثر ضربه و سایش خرد می‌شود.

بعد از کاهش سایز اولیه بخشی از نمونه به اندازه‌های ریزتر آسیاب می‌شود. این بخش از نمونه باید خواصی مشابه کل نمونه داشته باشد تا بتواند نشان‌دهنده ترکیب کل نمونه باشد. انتخاب وسیله و روش تقسیم کردن نمونه بستگی به نوع ماده و حجم آن دارد. در روش خشک (Dry) نمونه‌های بالک قابل سیلان از طریق تغذیه کننده‌های لرزان به تقسیم کننده‌های، چرخشی وارد می‌شوند و روش جداسازی نمونه برای مواد چسبناک و غیرقابل سیلان مناسب می‌باشد.

در مرحله بعد، این تکه از نمونه تبدیل به پودر می‌شود. باید توجه داشت که از آسیاب و ابزار آسیاب مناسب استفاده شود تا در فرآیند آماده‌سازی نمونه، خواص مورد نظر ماده، تغییر نکند. جهت آماده سازی نمونه‌های مختلف، نیاز به دانش و اطلاعات دقیقی از دستگاه‌های مختلف می‌باشد. در نهایت باید دقت داشت تا ذرات کنده شده از آسیاب در اثر سایش، بر نتایج آزمایش تأثیر نداشته باشند.

آسیابی که بیشتر اوقات جهت کاهش سایز نمونه‌های سخت و شکننده برای آنالیز XRD استفاده می‌شود، آسیاب دیسکی لرزان می‌باشد (شکل ۳). درون محفظه آسیاب، اجزای آسیاب (که معمولاً گوی حلقه می‌باشند) طوری حرکت می‌کنند که نمونه در اثر ضربه و سایش خرد شود. ریزی مورد نیاز جهت انجام آزمایشات قابل تکرار زمانی مطلوب است که زمان آسیاب کوتاه باشد.

در این مرحله می‌توان از مواد کمکی استفاده کرد، به خصوص اگر ماده مورد آزمایش تمایل به قالبی شدن یا کیک شدن در حین آسیاب داشته باشد. یکی از این مواد کمکی که مورد قبول می‌باشد، Vertel©XF محصول کارخانه دوپنت می‌باشد که مانع از پدیده کیک شدن شده و بعد از آسیاب نیز بخار می‌شود. برای حجم‌های کم ماده مورد آزمایش، می‌توان از آسیاب مخلوطی استفاده کرد. در این جا محفظه آسیاب، لرزش‌هایی شعاعی در جهت افقی دارد. نیروی وارده از طرف گلوله‌های آسیاب باعث اعمال ضربه‌هایی با انرژی زیاد روی ماده نمونه، در انتهای گرد محفظه آسیاب می‌شود.

ساخت قرص

برای اکثر کاربردهای XRF، قرص‌هایی با سطح صاف مورد استفاده می‌باشند. برخلاف پودر، قرص‌ها برای تشخیص عناصر از طریق اشعه ایکس، به دلیل اینکه ماده فشرده‌تر است، مفیدتر می‌باشند. علاوه بر این سطح صاف و صیقلی از لحاظ دید نوری نسبت به سطح زبر ارجحیت دارد.

قرص‌ها معمولاً از طریق ذوب (همجوشی) نمونه با نمک و یا فشرده شدن نمونه درون یک قالب قرصی تهیه می‌شوند. ذوب نمونه با تترا بورات لیتیوم روش مؤثری در تولید یک دانه می‌باشد. نمونه به همراه فلاکس



درون بوته پلاتینیومی توزین شده و سپس بوته در درون محفظه ذوب تا بیش از 1000°C حرارت داده می‌شود. این فرآیند که زمینه اصلی را از بین برده و زمینه همگن شیشه‌ای بورات ایجاد می‌کند، منجر به نتایج قابل تکرار بسیار خوبی از ماده اصلی می‌شود.

ذوب چند عیب نیز دارد. عناصر فراری مانند تالیوم یا کادمیوم در حین فرآیند ذوب رها شده و آشکار نمی‌شوند. علاوه بر این، نمونه با نمک لیتیوم (فاکتور ۱۰-۵۰) به شدت رقیق می‌شود و زمانی که به صورت قرص فشرده می‌شود، در فرآیند آشکار سازی اختلال ایجاد می‌کند. برخی از عناصر (مانند بور، آهن، کاربیدها) نیز می‌توانند به بوته پلاتینیومی گران قیمت آسیب بزنند. در کل زمان بیشتری جهت تولید دانه (Bead) نسبت به قرص نیاز است (۱۵ دقیقه در مقایسه با تقریباً ۲ دقیقه).

پرس کردن قرص یکی از متداول‌ترین فرآیندها برای بسیاری از کاربردها می‌باشد، اگرچه کالیبره کردن اسپکترومتر، می‌تواند با توجه به زمینه درگیری بیشتری را ایجاد کند. قرص فشرده شده باید، همگن، کاملاً جامد (زیرا ذرات شل تیوپ اشعه ایکس را آلوده می‌کنند)، پایدار و قابل نگهداری باشد.

پرس کردن نمونه می‌تواند با اضافه شونده‌ها یا بدون آنها انجام شود. پرس بدون مواد اضافه شونده (پرس آزاد) معمولاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. زیرا این قرص معمولاً زیاد پایدار نمی‌باشد. موادی که بیشترین استفاده را دارند بر پایه سلولز یا پارافین می‌باشند. سلولز به عنوان کمک آسیاب نیز مفید می‌باشد، که مانع از پدیده قالبی شدن درون محفظه آسیاب می‌شود. همچنین سلولز را می‌توان به خوبی در دیسک‌های لرزان مانند آسیاب‌های گلوله‌ای استفاده کرد.

موم هنگامی که نمونه ته نشین شد، از طریق دستی یا با مخلوط کردن به کمک گلوله‌های پلی آمیدی درون ظرف پلاستیکی، درون آسیاب مخلوط، اضافه می‌شود. علاوه بر این موم‌ها ارزان‌تر از سلولز بوده و نمگیر نمی‌باشند، این موضوع زمانی اهمیت دارد که باید نمونه نگهداری شود. حلقه‌های فولادی و یا فنجان‌های آلومینیومی جهت پایدار کردن قرص‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. فنجان‌ها را می‌توان از سمت مخالف شماره گذاری کرد که جهت نگهداری قرص‌ها مفید می‌باشد.

آنالیزهای موفق

تکنیک کاهش سایز، که در این جا توضیح داده شد از شروط اولیه و اساسی جهت تولید نمونه‌های آزمایش XRF می‌باشد. باید توجه ویژه‌ای به اندازه ذرات ته نشین شده داشت. چرا که ذراتی که خیلی درشت می‌باشند، امکان تکرارپذیری آزمایش را کاهش می‌دهند. اگرچه پیشنهاد نمی‌شود که ذرات بیش از حد نیاز ریز شوند، چرا که زمان بیهوده مصرف می‌شود.

خرد کننده‌های فکی به طور گسترده‌ای برای کاهش سایز اولیه نمونه‌های سرامیکی استفاده می‌شوند. نمونه در قدم اول توسط تقسیم‌کننده‌ها و سپس توسط آسیاب دیسکی یا مخلوط کن ریز می‌شود. ذرات ریز ته‌نشین شده را می‌توان به شکل قرص جهت آنالیز XRF پرس کرد.

پیشینه سفال و جر سنتی ساخت دست بشر

ceramic industry

هر نوع سفال ساختمانی که تاکنون ساخته شده، کاربرد خاص خود را داشته است ولی آجرهای دست ساز از آغاز دیدگاهی سنتی داشته‌اند.

بر اساس مستندات تاریخی که در کتب نویسندگانی همچون Nicholas Pevsner و Nathaniel Lloyd به آنها اشاره شده است، گونه‌های متفاوتی از آجرها از لحاظ شکل و سایز در طول زمان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در اغلب موارد آجرهای دست‌ساز نسبت به انواع معمول ماشینی به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتر در استحکام و سازگاری



بیشتر، ارجحیت داشته‌اند. بافت نیز مورد مهم دیگری است که بر اساس طبقه بندی معتبر "Williamson Cliff" که در کالج‌های Oxbridge و قصر Buckingham استفاده می‌شوند، بافت آجرها از صیقلی تا زمخت و ناهموار طبقه بندی می‌شود. میزان صافی یا ظاهر هوازده آجر تحت تاثیر رطوبت ماسه و سرعت ساخت آن می‌باشد.

امروزه تکنولوژی‌های پیشرفته منجر به ساخت ارزان‌تر و کارآمدتر این محصولات شده است در حالی که آجرهای دست ساز هنوز هم برای کاربردهای ظریف ساخته می‌شوند. فاکتورهای متعددی همانند محیط شکل دهی، نحوه قرارگیری، پخت و نحوه مخلوط کردن، آجرهای دست‌ساز را از انواع ماشینی متمایز کرده است.

شکل دهی

مسلماً ساخت روزانه بیش از هزار سکوی سنتی با استفاده از آجرهای دست ساز عملیات دشواری است. چرا که، این قطعات تکی ساخته می‌شوند. سازنده باید به صورت دستی قالب را سمباده بزند، رس مورد نیاز را آماده کرده و آن را داخل قالب ریخته، اضافه ماده را از دور قالب پاک کرده و سپس قالب را بر روی یک سینی برگردانده تا ماده تخلیه شده و خشک گردد. این عملیات آن قدر زمان بر است که یک سازنده آجر دست ساز حتی الامکان موفق به ساخت صد آجر در ساعت می‌شود. با این وجود آجر ساخته شده تمیز و مرتب است و زوایایی به دقت انواع ماشینی خود دارد. علاوه بر این، به دلیل انعطاف پذیری ذاتی قالب‌های آجرهای دست ساز، آجرهای تولیدی وابسته به نوع رس استفاده شده، می‌توانند در سایزهای متفاوتی در قطع ۳۰۰×۱۳۵×۹۹ میلی‌متر تا ۴۰×۱۰۰×۳۵ میلی‌متر (بریکت) ساخته شوند.

در روش مکانیزه که تحت عنوان مدار (Circuit) شناخته می‌شود، سازنده رس مورد نیاز را به داخل قالب می‌ریزد و ادامه کارها را ماشین‌ها انجام می‌دهند. بنابراین با استفاده از این روش و یک تیم پنج نفره بیش از ۳۰۰۰۰ آجر در روز تولید می‌شود. محصول نهایی ظاهری خشن‌تر و نامناسب‌تر دارد ولی رنگ و کارآمدی آن بسیار مطلوب است.

آجرهای دست ساز ویژه را می‌توان در پروسه‌ای، به مراتب راحت‌تر از انواع ماشینی آن تولید کرد. به طور کلی در این پروسه تنها به یک قالب و یک اپراتور ماهر برای تولید انواع و اشکال مختلف نیاز داریم به طوری که از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه می‌باشد. با این وجود حضور یک واصل درجه یک نیز اصلی ضروری است. هنر ترکیب قالب برای طراحی‌های پیچیده نیازمند مهارت بالایی می‌باشد.

نحوه قرارگیری و پخت

برای درک اصول ساخت آجرهای دست ساز، لازم است نگاهی به یکی از اساسی‌ترین مراحل تولید یعنی نحوه قرارگیری و چیدمان در کوره بیندازیم. استفاده از ماشین‌های مکانیزه قراردهنده (چیننده) آجر در کوره هنگام تولید یک آجر سنتی دست ساز امکان پذیر نیست. آجرهای دست ساز را با استفاده از آویزها در کوره قرار می‌دهند. به طور معمول، زمانی که آجرها توسط آویزها جهت پخت در داخل کوره قرار می‌گیرند تغییر رنگی در آنها ایجاد نخواهد شد.

برای دستیابی به زیبایی مناسب، آجرها بایستی به طور کامل فشرده در کنار هم قرار گیرند که در نتیجه گرمادهی یکنواخت به آنها غیرممکن خواهد شد. امروزه با استفاده از کوره متناوبی مدرن می‌توان یک رنگ ثابت در حین پخت، در آجرها ایجاد کرد که با استفاده از روش‌های قدیمی پخت امکان پذیر نبود.

مخلوط سازی

زمانی که آجرها را از کوره خارج می‌کنیم به دلیل اختلاف رنگی که بین مناطق چگال فشرده شده آجر با نواحی دیگر (به دلیل تفاوت اکسیداسیون و احیا) در حین پخت ایجاد شده، انجام عملیات مخلوط سازی



اهمیت دارد. برخی از خریداران محصولات ساختمانی ممکن است نیاز به آجری با سطح تیره و هوازده داشته باشند که با بخش‌های قرمز و صورتی ترکیب شده باشند. این نوع آجرها را می‌توان با قرار دادن قسمت‌هایی از یک مخلوط رنگی در یک سیستم طبقه‌بندی شده، به طوری که یک مخلوط تصادفی از رنگ‌ها حول قسمت فشرده شده ایجاد کند، به دست آورد که در این روش عملیات مخلوط شدن دستی به نوع ماشینی ترجیح داده می‌شود.

مزیت این روش در این است که عملیات مخلوط کردن در محل برای بیش از یک دسته لازم نیست. چرا که آجر قبل از رسیدن به محل، در کارخانه مخلوط شده است. آجر دیواری ساخته شده با این روش بسیار زنده‌تر و جذاب‌تر از آنچه که توسط ماشین‌های مدرن ساخته می‌شود، می‌باشد.

مثالی کاربردی

شرکت آجرهای دست ساز York، واقع در Yorkshire بریتانیا، اخیراً (در سال ۲۰۰۸) موفق به ساخت ۱۰۰۰۰۰ آجر با بافت و سایز خاص جهت ترمیم شمایل آسیاب‌های Murray واقع در Ancoat شهر منچستر شده است. این آسیاب‌ها در ابتدای انقلاب صنعتی ساخته شده‌اند و در حال حاضر قدیمی‌ترین آسیاب‌های به جا مانده در منطقه می‌باشند. این آسیاب‌های عظیم هر ساله بازدیدکنندگان زیادی را از بریتانیا، اروپا و آمریکا شگفت زده می‌کنند. شرکت فوق آجرهای جدیدی مشابه با نوع اصلی تولید کرده است. اما جایگزینی این محصول به دلیل طبیعت منحصر به فرد این منطقه مشکل است. رس مورد نیاز برای ساخت آجرهای اصلی در آن زمان از طریق استخراج این ماده از حوزه کانال تامین می‌شد و این آجر با ویژگی‌های مختلف و در سایزهای سفارشی تهیه می‌گردید.

David Armitag اظهار می‌کند: "ما توانستیم ظاهر آجرهای اصلی را از طریق مخلوط کردن سه نوع آجر مختلف، در اندازه استاندارد توافق شده، شبیه سازی کنیم. آجرهای نهایی ساخته شده جهت جایگزینی تک آجرهای از بین رفته، بازسازی موضعی بسیاری از قسمت‌ها و تجدید طبقات فوقانی تخریب شده بلوک‌های شمالی خیابان Murray استفاده شد."

زمانی که این پروژه به پایان برسد مجموعه پایانی شامل صد و ده آپارتمان جدید، یک هتل ۶۰ تخته خوابه و ۴۸۰۰۰ فوت مربع فضای اداری خواهد بود. Armitag بیان می‌کند: "به طور کلی ۱۰۰،۰۰۰ آجر در بازسازی این مجموعه استفاده خواهد شد و نتیجه کار بسیار راضی کننده می‌باشد، آسیاب‌های Murray بازسازی شده و جلال و زیبایی سابق خود را باز خواهد یافت و آماده رویارویی با چالش‌های قرن ۲۱ می‌گردد."

بدینوسیله به اطلاع می‌رسانیم که:

شرکت مهندسی بازرگانی درداران سریر

و

مجتمع کارخانجات تولیدی توس چینی

در سال ۱۳۸۸ به اعضای حقوقی انجمن سرمایه‌های ایران پیوستند.

امید است با گسترش اعضای حقوقی انجمن و همکاری‌های متقابل این اعضا با انجمن سرمایه‌های ایران، شاهد توسعه فعالیت‌های انجمن باشیم.

مشاور سرامیک

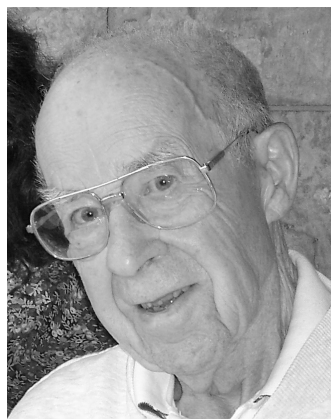
هانس ترنایر (Hans Thurnauer)

پیشگام در سرامیک‌های صنعتی

Acers Bulletin

هانس ترنایر در سن ۹۰ سالگی، فردی است که نقش به‌سزایی در صنایع سرامیکی، به‌خصوص به‌عنوان یک پیشگام در سرامیک‌های تکنیکی و پیشرفته دارد.

ترنایر در نورمبرگ آلمان متولد شد و در طول شش دهه دوره کاری خود، شغل‌های متعددی همچون مهندس، محقق، مدیر اجرایی صنعتی، مشاور تکنیکی و مشاور تخصصی را تجربه کرده است. با وجود اینکه او هم‌اکنون بازنشسته شده است ولی نقش ماندگار او در صنعت سرامیک در دهه‌های گذشته همچنان به‌عنوان نقطه‌عطفی برای نسل‌های آینده سرامیست‌ها و دانشجویان سرامیک باقی‌خواهدماند.



او موفق به کسب جوایز و افتخارات بزرگی همچون جایزه افتخاری دانشگاه Illinois برای ارائه خدمات ممتاز در علوم مهندسی (1987)، عضو برجسته انجمن سرامیک آمریکا (Acers) (1945)، جایزه سخنرانی یادبود Edward Orton (1977) و جایزه ممتازترین زندگی اعضای Acers (1996) شده است. وی همچنین عضو Acers و انجمن الکتروشیمی می‌باشد که در طول دهه ۱۹۵۰ در این انجمن به‌عنوان نایب رئیس و رئیس خدمت کرده است.



هانس ۲ ساله در نورمبرگ

وی همچنین با سایر انجمن‌های تخصصی مانند انجمن سرامیک آلمان، NICE، کنفرانس تحقیقاتی Gordon (کرسی استادی سرامیک ۱۹۵۷-۵۹)، آکادمی ملی علوم (کرسی هیئت مشورتی مواد ۱۹۵۸-۶۲) و کرسی خلاصه مقالات و کتب دی‌الکتریکی برای هیئت تحقیقاتی ملی از آکادمی ملی علوم همکاری داشته است.

جوان مهاجر آلمانی در سال ۱۹۴۰ با افتخار، یک شهروند آمریکایی شد و پتنت‌های مختلفی را در طول سال‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۶۳ و حتی بعد از آن ارائه کرد. پتنت‌های اولیه وی در ارتباط با گاید (راهنمایی)‌های سرامیکی عبور نخ، سرامیک‌های تیتانات منیزیمی (۱۹۴۷)، مواد عایق (۱۹۵۳) و پوشش‌های شیشه‌ای فوق نازک بوده است. به‌علاوه او

مقالات متعددی به تنهایی و یا به عنوان همکار در ارتباط با عایق‌های الکتریکی سرمایی و مواد دما بالا و قطعات الکترونیکی منتشر کرده است.

ترنایر در طول دوره کاری و بازنشستگی، پیشنهادهای وسوسه کننده‌ای داشت. متعاقباً او انجمن‌های حرفه‌ای با همکاری دولت آمریکا تشکیل داد و به عنوان مشاور بخش مواد در NASN، AEC، وزارت دفاع و نیروی هوایی آمریکا خدمت کرد و همچنین موفق به انعقاد قراردادهایی، به عنوان مدیر اجرایی بخش بین‌المللی با کشورهای کره، اندونزی، سنگاپور و ترکیه گشت.

کالج مهندسی دانشگاه Illinois در آپریل ۱۹۸۷ در ارتباط با ترنایر چنین نوشت: "او نقشی کلیدی در توسعه روش‌های ساخت سرامیک‌های نوین مانند پرس خشک اتوماتیک، پرس ایزواستاتیک، ریخته‌گری موازی و سایش دقیق داشته است." او نمونه کامل و تحسین برانگیز یک انسانی است که به دلیل حرکت نازی‌ها در جنگ جهانی دوم، مجبور به ترک وطن اجدادی خود گشت.



آپارتمان ترنایر در نورمبرگ بعد از انفجار در سال ۱۹۴۵

تولد با سرامیک‌ها

علاقه ترنایر به سرامیک‌ها به کودکی وی در نورمبرگ باز می‌گردد، جایی که پدر بزرگ او مورتیز ترنایر کارخانه‌ای تأسیس کرد که مشعل‌های گازی را از سنگ صابون و توری‌های چراغ Welsbach که در چراغ گاز استفاده می‌شد می‌ساخت. این کارخانه یکی از معدود کارخانه‌های سرامیکی تکنیکی بود که به دوره گاز اختصاص داشت.

هانس در سال ۱۹۰۸ متولد شد و دومین فرزند لیزا و کنا ترنایر از خانواده‌ای سنتی در طبقه متوسط جامعه بود. زندگی آنها در آرامش و به خوشی می‌گذشت و هیچ کششی برای کسب ثروت بیشتر در آنها نبود. پدر و پدر بزرگ او، هر دو مهندس و فعالانه درگیر کسب و کار خانوادگی بودند.

در سال‌های آغازین، زندگی برای ترنایر جوان و خواهرش، گابریلا که ۱۸ ماه از او بزرگتر بود، به آرامی سپری می‌شد. تابستان‌ها و تعطیلات، همراه با خانواده و دوستان در خانه‌ای در نزدیکی نورمبرگ می‌گذشت. زمانی که هانس شش ساله بود، پدر وی در اثر بیماری درگذشت. با این وجود، زندگی او در آن زمان دستخوش تغییرات زیادی نشد و مادرش هرگز مجدداً ازدواج نکرد.

او به خاطر می‌آورد که شروع ناگهانی جنگ جهانی اول در سال ۱۹۱۴ تغییرات ناگهانی را در خانواده موجب شد ولی صدمه چندانی به کسب و کار وارد نکرد. به گفته خود او "همگی ما میهن پرست بودیم، و همانند بقیه تلاش می‌کردیم که در جنگ پیروز شویم."

به گفته او، سخت‌ترین بخش جنگ کمبود غذا بود که سلامتی آنها را بیشتر از هر چیز دیگری تحت تأثیر قرار داد. او بیان کرده است: "ما با سیب‌زمینی زنده بودیم، هیچ ماده غذایی دیگری وارد نمی‌شد و شکلات،

پرتقال به هیچ وجه موجود نبود".

پس از پایان جنگ، زندگی به حالت عادی خود بازگشت و انواع و اقسام مواد غذایی از سوی ایالات متحده فراهم آمد، زندگی روزمره برای هانس مدرسه و ورزش‌هایی مانند فوتبال، شنا و هاکی بود. عشق حقیقی او موتور سیکلتش بود. ترنایر در سن ۱۶ سالگی صاحب یک موتورسیکلت دست دوم شد که نیاز به تعمیرات فراوانی داشت. پروژه تعمیر این موتور سیکلت، به یک پروژه تابستانی مبدل گشت که منجر به آموختن اصول مکانیک در کارخانه خانوادگی شد. به گفته او: "آنجا بود که من با کار بر روی موتورسیکلت یاد گرفتم که چطور می‌توان از ماشین تراش ابزارهای لازم برای ساخت یک ماشین استفاده کرد".

در نهایت اولین موتورسیکلت با یک موتورسیکلت BMW معاوضه شد و او ساعت‌های بیشتری را به عنوان یک کارآموز تابستانی در کارخانه سپری کرد. پسر عمومی بزرگ او، مارتین ترنایر، یک الگو و شاید یک جانشین برای پدر هانس محسوب می‌شد. هانس اظهار کرده است: "او که در آمریکا زندگی می‌کرد و به طور کلی چیزهای کمی به من یاد داد ولی به نوعی به آنها علاقه‌مند بودم. او به من کمک کرد تا مطالب زیادی در ارتباط با کار در کارخانه یاد بگیرم".

به توصیه مارتین بود که هانس جوان تصمیم گرفت پس از اتمام دوره دبیرستان به جای ادامه تحصیل در Dresden، در دانشگاه برلین ادامه تحصیل دهد. وی بیان کرده است: "من تمایل داشتیم در ارتباط با سرمایه‌ها تحصیل کنم و مارتین به من توصیه کرد که به برلین بروم چرا که فرصت‌های بیشتری در زمینه سرمایه‌ها در آنجا وجود دارد".



سال ۱۹۳۴ آخرین روز ترنایر در آلمان

در طول دوره تحصیل در دانشگاه تکنیکی برلین، هانس در ارتباط با اصول کلی سرمایه‌ها به خصوص در زمینه ظروف سفره Meissen که مهمترین تولید کننده ظروف سفره سرامیکی در منطقه به حساب می‌آمد، به مطالعه پرداخت. در همین زمان پروفیسوری از دانشگاه Illinois به قصد بازدید از دانشگاه و جذب دانشجویانی که امکان تحصیل در آمریکا را داشته باشند، به برلین آمد.

استاد پارملی

و این پروفیسور آمریکایی، کالین پارملی (Callin W. Parmelee) بود که ترنایر با بیان انگیزه‌های خود برای ادامه مطالعات در ارتباط با سرمایه‌ها او را متقاعد کرد و راه ادامه زندگی خود در ایالات متحده را هموار ساخت. پارملی، که خود، سمت ریاست دانشکده مهندسی سرمایه‌ها در Illinois را برعهده داشت، از ترنایر دعوت کرد تا برای یک یا دو ترم به این دانشگاه منتقل شود.

اگر چه وی توانست تا پایان دوره فوق لیسانس تحت حمایت وی در این دانشگاه تحصیل کند. ترنایر می‌گوید: "او مربی و مشوق بزرگی بود". اما آنچه هانس از پروفیسور آموخت، تنها محدود به علوم سرامیکی نبود، بلکه او زندگی دانشجوی میهمان آلمانی را در ابعاد دیگری هم وسعت بخشید. به گفته هانس: "او از لحاظ مالی کمک‌های زیادی به من کرد، در آن زمان بانکی که من حقوق ماهیانه خود را از آن می‌گرفتم ورشکست شد و من در شرایط سختی بودم".

پس از فارغ‌التحصیلی و اتمام دوره فوق لیسانس، ترنایر به آلمان بازگشت. او به عنوان یک مهندس سرامیک در آلمان و انگلستان مشغول به کار شد تا این که شرایط و اوضاع سیاسی او را مجبور به ترک اروپا و بازگشت به آمریکا کرد. توصیه‌نامه پروفیسور پارملی باعث شد که شرکت آمریکایی Lava در تنسی، هانس را به طور تمام وقت استخدام کند. در طول سال‌های ۵۴-۱۹۳۵ او به عنوان مهندس سرامیک، مدیر بخش تحقیقات، نایب رئیس و مدیر در این شرکت خدمت کرد.

به گفته خود او، اولین مسئولیت کاری او، ساخت محصولات جدید و تأسیس یک لابراتوار تحقیقاتی بود و از آن جا که تمرکز محصولات تولیدی بیشتر به سمت گاز و صنایع الکترونیکی بود، تلاش جدیدی برای برابری با روند رو به رشد محصولات در این رده مورد نیاز بود. به گفته هانس: "در زمینه الکتریسیته و صنایع الکترونیکی و مواد جامد دما بالا به انواع تکنیک‌های جدید سرامیکی نیاز بود که برخی از آنها آغاز شده بود". ترنایر به سرعت متوجه شد در بخش فروش استعداد ندارد. پس از ملاقات با مهندسی که به تازگی کارخانه تولید بنزین در لویزیانا را تأسیس کرده بود، ترنایر تصمیم گرفت که پیشنهاد خرید یک زمینی بایر را به او بدهد. ولی متوجه شد که با این کار نه تنها موجب مزاحمت و اختلال در کار او شده، بلکه به سختی می‌تواند راه بازگشت به محل مورد نظر را پیدا کند و در نتیجه مهندس به ترنایر گفت که من کارهای مهمتر از صحبت با شما دارم. دو هفته بعد، مهندس نامه‌ای به این مضمون به شرکت Lava فرستاد: "با یک شرط این سفارش را برای شما می‌فرستم که هرگز آن مرد را به اینجا نفرستید" و این اولین و تنها تجربه من در بخش فروش بود.

دوره تازه در الکترونیک

مهمترین و بزرگترین بخش مطالعات ترنایر در آن زمان تحقیق در ارتباط با محدودیت‌ها و خواص سرامیک‌های تکنیکی بود. مسئله، داشتن موادی مقاوم‌تر بود. او در پیشرفت بسیاری از سرامیک‌های تکنیکی شامل دی‌الکتریک‌های فرکانس بالا، خازن‌های دی‌الکتریکی تیناناتی، مقاوم به سایش‌ها و مواد دیرگدازی همچون کوردیریت و سرامیک‌های تک اسیدی نقش داشت.

به نقل از بولتن انجمن سرامیک آمریکا، ترنایر شاهد استیلای عصر الکترونیک بود و شروع به ساخت و طراحی سرامیک‌های بسیار مهمی همچون مواد تیناناتی، فریتی و اکسیدهای دیرگداز سخت کرد. وی همچنین بر روی ساخت سرامیک‌های مناسب در ساختمان خازن‌ها متمرکز بود که این خازن‌ها در زمان جنگ به خصوص در ساختن رادیوها مفید واقع شدند. وی بیان کرده: "در آن دوره برای تولید آنچه که به طور عمده در ابزارهای رادیویی استفاده می‌شد با لابراتوار تلفنی Bell همکاری می‌کردم. آن زمان، آغاز عصر الکترونیک بود و فرآیندهایی که در آن زمان انجام دادیم، امروزه دقیق‌تر شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند." به گفته خود او لابراتوار تحقیقاتی در طول سال‌های خدمت او با همکاری شرکت آمریکایی لاوا به طور قابل ملاحظه‌ای توسعه یافت.

علاوه بر خازن‌ها، مطالعات او، بر مواد مقاوم در برابر سایش برای کمک به صنعت نساجی و به ویژه برای ساخت گایدهای نخی، متمرکز بود. ترنایر در نهایت کشف کرد که در صورت ایجاد برش در دی اکسید تیتانیم در آن خاصیت خود صیقلی شدن (Self-polish) به وجود می‌آید.

او می‌گوید: "بنابراین لبه‌های برش تأثیری بر راندمان کار نداشت به دلیل اینکه شیار ایجاد شده از طریق

برش نسبت به مواد دیگر صافتر و صیقلی‌تر می‌بود." این کشف منجر به ارائه اولین پتنت ترنایر شد، اختراعی که به گفته خود او تا سال‌ها قابل ارائه و استفاده بود. در سال ۱۹۳۵ اندکی پس از شروع کار او با شرکت آمریکایی لاوا، با لوته اوتینگ آشنا شد و باهم ازدواج کردند. حاصل این ازدواج سه فرزند با نام‌های پیتر، دوروتی و ماریون بود، اگر چه لوته در اوایل دهه چهارم زندگی خود به علت بیماری سرطان درگذشت.

کار اطلاعاتی در آمریکا

در طول این سال‌ها، ترنایر پست‌های مشاوره‌ای را با آژانس‌های گوناگون دولتی می‌پذیرفت و با پایان جنگ جهانی دوم سرویس اطلاعاتی آمریکا به افرادی با تخصص نیازمند بود. او بیان می‌کند: "آنها درصدد به خدمت گرفتن مهندسان و دانشمندی بودند که اطلاعات اساسی در ارتباط به روند صنعت در آلمان و به طور کلی در اروپا بدست آوردند". در نتیجه او به عنوان عضوی از این تیم و به دلیل تسلط به زبان آلمانی و آشنایی نسبی با کارخانه‌ها، به آلمان فرستاده شد. "ما به دنبال یافتن اطلاعاتی در ارتباط با سرامیک‌های الکترونیکی مورد استفاده در درب تیوپ‌های انتقال‌دهنده اطلاعات از کارخانه‌ای به کارخانه دیگر می‌رفتیم. این مواد پوشش‌های سرامیکی داشتند، چیزی که هیچ‌گاه در آمریکا ساخته نشده بود. ما می‌خواستیم بدانیم که این مواد چگونه ساخته می‌شوند و تا چه حد استفاده از آنها موفقیت‌آمیز بوده است و همچنین آلمانی‌ها از چه امکاناتی در سرامیک‌ها استفاده می‌کنند که آمریکایی‌ها نمی‌دانند". سفر دوم، در سال ۱۹۵۴، به آلمان چندان مثمر ثمر نبود، چرا که در آن زمان، آلمان‌ها مشغول بازسازی بودند. به گفته خود او: "آنها بیش از گذشته نسبت به ما بدگمان شده بودند و هیچ اطلاعاتی به ما ندادند".

تحقیقات مرکزی در 3M

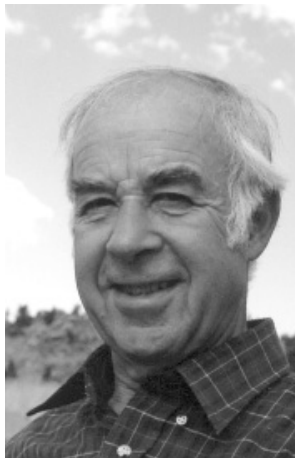
در سال ۱۹۵۵، شرکت لاوا توسط شرکت صنعتی - معدنی مینه سوتا (Minnesota) (3M) خریداری شد و ترنایر برای سرپرستی بخش غیرآلی‌ها به لابراتوار تحقیقاتی مرکزی 3M به St. Paul Minn رفت. همزمان ترنایر جهت اخذ مدرک دکترا در آلمان مشغول به تحصیل بود (۱۹۵۸). علاوه بر عهده‌دار شدن پست مشاوره در بخش سرامیک‌های الکتریکی عایق، او همزمان به عنوان نایب رئیس شرکت لاوا (یا M3 کنونی) خدمت می‌کرد تا اینکه برای اولین بار در سال ۱۹۶۴ بازنشست شد.

انصراف از بازنشستگی

ترنایر پس از ملاقات با دوروتی بندیت الیوت در شرکت 3M، از بازنشستگی انصراف داد و سمتی در سازمان ملل متحد با عنوان مدیر موسسه اسرائیلی سرامیک و سیلیکات‌های عهده دار شد. او و همسر دومش طی یک دوره دوساله در این انستیتو فعالیت کردند. در حقیقت مسئولیت او یافتن جایگزینی دائمی برای این سمت در انستیتوی فوق بود که از طریق سازمان ملل حمایت می‌شد و بنابراین از این طریق حق مالکیت و کنترل آن به خود اسرائیلی‌ها منتقل می‌گردید.

این مسئولیت چندان مشکل نبود ولی با این وجود به یک فرد کارآزموده و فعال نیاز داشت. مسئولیت تحقیقاتی او در این انستیتو بر مواد سرامیکی، شیشه، سیمان و مواد فلزی در منطقه اسرائیلی‌ها متمرکز بود. او اظهار کرده است: "در آن زمان تمایلی زیاد برای عهده‌دار شدن آن مسئولیت داشتیم، چرا که می‌توانستیم از کارخانه‌ها و مکان‌هایی بازدید کنیم که بازدید از آنها عموماً برای هر توریستی ممکن نبود".

ترنایر به پیاده‌روی علاقه زیادی داشت و در مدت اقامتش در این منطقه، به همراه همسرش توانست از مکان‌های بسیار دیدنی مانند دریای گاليله و کوه‌های اطرافش دیدن کند. وی بیان نموده: "به نظر من این



مکان شاید از جالب‌ترین مکان‌ها برای سیاحت باشد، جایی که جنگجویان صلیبی قلعه‌ها و استحکامات نظامی خود را ساختند. دیدن این مکان‌های قدیمی، روح جستجو و مطالعه را در من بیدار کرد، نه به این خاطر که جالب و دیدنی بودند بلکه به این خاطر که بسیار باستانی بودند."

مشاوره در Coors

در سال ۱۹۶۶ او هنوز برای بازنشستگی آماده نبود و با قراردادی هفت ساله کاری پاره وقت در شرکت



پرسلان Coors را آغاز کرد. در این شرکت او به عنوان مشاور رئیس کارخانه جهت یافتن راه‌های بهبود محصولاتی که بر اساس اورانیومی برای اکسید بریلیم مورد استفاده در نیروگاه‌های انرژی اتمی، تولید می‌شوند، استخدام شد.

در خلال سال‌های ۷۸-۱۹۷۳ ترنایر مشاور و مدیر اجرایی شرکت سرویس‌های اجرایی بین‌المللی بولدر بود. در این شغل جدید، او به همراه همسرش (به عنوان همکار)، جهت کمک به تلاش‌های حرفه‌ای، به کشورهای در حال توسعه سفر کردند. برای مثال ترنایر به کشور کره برای کمک به بازرگانان کره‌ای از طریق ارتقاء مواد برای کوره‌ها و یکپارچگی و استفاده از روش‌های مدرن تولید در صنعت فرستاده شد.

انگیزه و مشوق او در این راه، فرصت انتقال تجارب و خاطرات، با سفر به کشورهای دیگر و نیز همکاری همسرش به عنوان یک سفالگر حرفه‌ای و هنرمند بود.

در ۲۰ سال گذشته، ترنایر زندگی مرفه و لذت بخشی به همراه دوستان و خانواده‌اش (که اکنون شامل ۶ نوه بود) داشت و در سازمان‌ها و نیز فعالیت‌های مختلف در بولدر شرکت داشته است.

با نگاه به گذشته، ترنایر خود را یک عنصر اصلی در رشد صنعت سرامیک و کلیدی راه‌گشا برای آیندگان نمی‌داند ولی او بر این باور است که هر آن چه که لازم بوده انجام داده است. به گفته خود او هنوز هم برای آموختن مطالب زیادی وجود دارد و این وظیفه افراد و شرکت‌ها است که ادامه دهنده این راه باشند و در میان ملت‌ها، زمینه‌های رقابتی بیشتری نسبت به گذشته برقرار کنند.



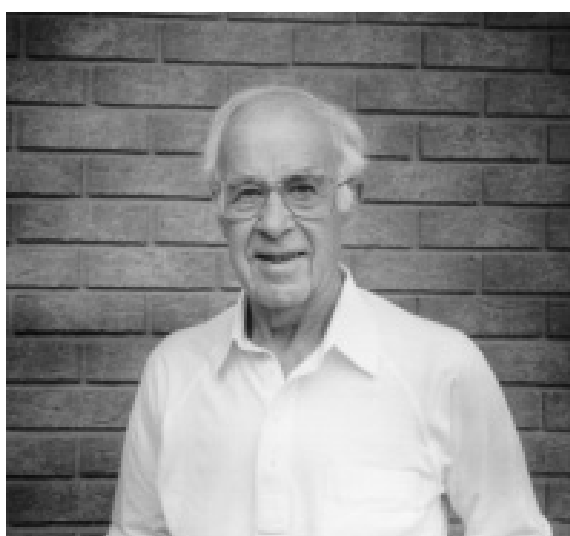
یکی از مسئولیت‌های ترنایر در IESC، کارخانه چینی هنکوک

قدردانی از پارملی

ترنایر در سال‌های آخر زندگی خود، برای ادای احترام و قدردانی از پروفسور پارملی که به گفته خود وی بزرگترین معلم و راه‌گشا در زندگی او بوده است، کمک هزینه‌ای دانشجویی به مبلغ ۲۵۰۰۰۰ دلار، به صندوقی (که به افتخار دکتر پارملی تأسیس کرد) با نام صندوق پرفسور پارملی در اختیار دانشکده مهندسی سرامیک دانشگاه Illinois، قرار داده است. در سال ۱۹۹۵ ترنایر در مصاحبه با دانشگاه Illinois گفته است: "من عمیقاً مدیون دانشکده سرامیک هستم، چرا که در اینجا بود که نه تنها افق‌های دانش من وسعت یافت بلکه من به عنوان یک دانشجوی خارجی راه زندگی را در اینجا آموختم".

سرامیک برای خود او و خانواده او سودمند بود، و با فروتنی بر این باور است که موفقیت، نتیجه کردار نیک آدمی است. به گفته وی: "من همواره خوش شانس بودم و هیچ گاه تفاضلی کار نکردم. بلکه تمامی آنها از روی شانس برای من به وجود می‌آمدند".

ترنایر در فوریه سال ۲۰۰۷ در آمریکا فوت کرد.



خلاصه ای از سوابق

عضو برجسته انجمن سرامیک آمریکا	۱۹۴۵
نایب رئیس و مدیر شرکت آمریکایی Lava	۱۹۴۵-۱۹۵۴
سرپرستی بخش غیرآلی های لابراتوار تحقیقاتی مینه سوتا	۱۹۵۵
کرسی استادی کنفرانس تحقیقاتی Gordon	۱۹۵۷-۱۹۵۹
اخذ مدرک دکترا	۱۹۵۸
نایب رئیس و رئیس انجمن اکتروشمی	۱۹۵۰-۱۹۶۰
اشتغال در شرکت Coors	۱۹۶۶
مشاور و مدیر اجرایی شرکت بولدر	۱۹۷۳-۱۹۷۸
جایزه افتخاری دانشگاه Illinois برای ارائه خدمات ممتاز در علوم مهندسی	۱۹۸۷
جایزه ممتازترین زندگی اعضای ACerS	۱۹۹۶

سیمان سرباره‌ای قلیا فعال

سارا احمدی، حسین نورانیان

پژوهشگاه مواد و انرژی

S-Ahmadi@merc.ac.ir

چکیده: امروزه استفاده از سیمان در تمامی ساخت و سازها نقش موثری دارد. در حال حاضر انواع مختلف سیمان پرتلند با کاربرد متنوع بیشترین مصرف را دارد. با توجه به هزینه تولید این نوع سیمان و آلودگی‌های ناشی از تولید آن نیاز به استفاده از محصول جایگزین بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا سیمان سرباره‌ای قلیا فعال که در تولید آن از ضایعات صنایع ذوب آهن و فولاد استفاده می‌شود، می‌تواند جایگزین مناسبی برای برخی کاربردهای سیمان پرتلند باشد. این سیمان کاربردهای مهمی در تولید محصولات از قبیل بلوک‌های سیمانی پیش ساخته با اندازه‌های متفاوت، بتن‌های مقاوم در برابر خوردگی و حرارت، حبس کردن بازمانده‌های رادیواکتیو و ملات کاری دارد.

۱- مقدمه

تولید صنعتی سیمان سرباره قلیا فعال (AAS) از اوکراین و در سال‌های ۱۹۶۴-۱۹۶۰ آغاز شد. سرباره یک محصول جانبی در صنایع متالورژی است که می‌تواند بوسیله قلیایی‌ها فعال شده و ترکیب سیمانی و چسبنده تولید کند. استفاده از سرباره به عنوان ضایعات صنایع فولاد، استفاده کمتر از انرژی در تولید آن و ورود کمتر CO₂ به محیط از مزایای عمده آن می‌باشد [۱]. از مزایای سیمان سرباره قلیا فعال نسبت به سیمان پرتلند، می‌توان به استحکام مکانیکی بالاتر و گرمای هیدراته شدن کمتر، مقاومت بهتر در برابر حمله‌های شیمیایی و مقاومت بهتر در برابر نفوذ کربن و واکنش سیمان و سنگدانه و یخ زدن نام برد. در مقابل گیرش سریع، انقباض بالاتر و در نتیجه ترک خوردن، واکنش‌های انبساطی به علت واکنش قلیا و سنگدانه از معایب آن به شمار می‌رود [۱ و ۲ و ۳].

۲- مواد اولیه و شکل دهی

۲-۱- سرباره

در کوره ذوب آهن، آهک با اجزای غنی از SiO₂ و Al₂O₃ موجود در سنگ معدن و کک واکنش داده و باعث تولید سرباره مذاب می‌شود. اگر این سرباره تا دمای ۸۰۰°C سریع سرد شود، به یک ماده شیشه‌ای مناسب برای استفاده در صنعت سیمان تبدیل می‌شود. سرباره گرانوله خرد شده، ماده‌ای است که فقط با حضور یک فعال کننده مناسب قلیایی خاصیت هیدرولیک نشان می‌دهد و بنابراین سیمان سرباره قلیا فعال (AAS) یک ماده هیدرولیک تاخیری است [۴]. بر خلاف سایر مواد هیدرولیکی که این خاصیت را هنگام مخلوط شدن با آب نشان می‌دهند، عموماً سرباره‌های کوره بلند با نسبت C/s بین ۰/۲ تا ۲ و نسبت A/s بین ۰/۱ تا ۰/۶ در سیمان‌های AAS استفاده می‌شوند [۴]. C، S و A به ترتیب علایم اختصاری مربوط به CaO، SiO₂ و Al₂O₃ می‌باشند.

۲-۲- فعال سازها

اگر سرباره گرانوله، خرد شده و با آب مخلوط گردد، لایه‌های نازک هیدراته شده حاوی SiO₂ و Ca²⁺ در سطح ذرات تشکیل می‌شود. در این لحظه pH سیستم به ۱۰ می‌رسد. وجود لایه هیدراته فوق در سطح ذرات

سرباره، باعث قطع شدن واکنش هیدراته شدن می‌گردد [۴]. برای داشتن یک واکنش پیوسته باید یک فعال‌کننده مناسب به مخلوط اضافه شود. فعال‌کننده‌های قلیایی، pH فاز مایع را افزایش داده و از تشکیل لایه محافظ در سطح سرباره جلوگیری می‌کنند و در نتیجه حلالیت فاز شیشه سرباره ادامه می‌یابد. نقش فعال‌کننده‌های قلیایی، شکستن باندهای موجود در ساختار فاز شیشه سرباره و بنابراین افزایش سرعت حل شدن اجزای یونی است [۴].

معمولاً از سیلیکات سدیم به صورت پودری یا مایع، هیدروکسید سدیم محلول، کربنات سدیم به عنوان فعال‌کننده استفاده می‌شود و در برخی مقالات استفاده از سولفات سدیم، هیدروکسید پتاسیم، گچ، آلومینات سدیم، آهک هیدراته و ارتوفسفات سدیم نیز گزارش شده‌اند [۴]. فعال‌کننده‌ها در مقادیر کم در حدود ۱۰-۲۰٪ وزنی سرباره اضافه می‌شوند [۴]. ترکیب سرباره‌ها با توجه به مواد اولیه استفاده شده و فرآیند صنعتی، متفاوت است. بنابراین در هر مورد باید مناسب‌ترین فعال‌ساز انتخاب و استفاده شود.

نوع و مقدار فعال‌ساز هر دو از عوامل مهمی هستند که خواص مخلوط‌های سیمان AAS را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که بتن‌های تهیه شده از فعال‌ساز سیلیکات سدیم، زمان گیرش کمتری در مقایسه با فعال‌کننده‌های کربنات سدیم و هیدروکسید سدیم دارند. بنابراین این مخلوط‌ها سریعاً کارپذیری خود را از دست می‌دهند. زمان گیرش به شدت به دو فاکتور، مقدار فعال‌کننده و نوع فعال‌کننده بستگی دارد [۵]. اثرات متفاوت مشاهده شده از فعال‌سازهای مختلف بر رفتار ملات و بتن به علت آنیون‌ها و کاتیون‌های متفاوت موجود در آنها است. یک محلول غلیظ از سیلیکات سدیم، شامل کاتیون‌های Na^+ و آنیون‌های سیلیکاتی با نسبت‌های $SiO_2^{-2}/HSiO_3^{-1}$ و $SiO_3^{-2}/HSiO_3^{-1}$ برابر با ۱ : ۵۰ و ۱ : ۱۰ می‌باشد. در مقابل محلول‌های هیدروکسید سدیم و کربنات سدیم شامل کاتیون Na^+ و آنیون‌های OH^- و HCO_3^- هستند. علاوه بر این یون‌های سیلیکات که عامل اصلی سخت شدن سیمان‌های AAS هستند، در سیستم فعال شده با سیلیکات سدیم، به محض اضافه کردن محلول وجود دارند. اما با استفاده از فعال‌کننده کربنات سدیم و هیدروکسید سدیم این یون‌ها پس از گذشت زمان از افزودن محلول‌های آن‌ها در سیستم بوجود می‌آیند. به همین دلیل سیستم‌های فعال شده با سیلیکات سدیم گیرش سریع‌تری دارند [۵]. کارپذیری ملات‌های فعال شده با سیلیکات سدیم مایع کمتر از ملات فعال شده با سیلیکات سدیم پودری است. زیرا، نوع پودری سیلیکات سدیم بسیار آهسته‌تر قلیایی به داخل سیستم آزاد می‌کند و در نتیجه سرعت واکنش اولیه آهسته‌تر است [۶].

۲-۳- افزودنی‌ها

انواع مختلفی از افزودنی‌های ابر روانساز مانند لیگنوسولفات‌ها، نفتالین، وینیل کوپلیمر، ملامین و مشتقات پلی کربوکسیلیت وجود دارند. این افزودنی‌ها روی ذرات سیمان جذب شده و بین آن‌ها دافعه الکتراستاتیک ایجاد می‌کنند و بنابراین از فلوکوله شدن و بهم چسبیدن ذرات جلوگیری کرده و باعث روانی آن می‌شوند [۷]. افزودنی‌های کم‌کننده انقباض مانند مشتقات پلی پروپیلن گلیکول، کشش سطحی آب موجود در حفرات بتن را کم کرده و بنابراین وقتی آب تبخیر می‌شود، کشش کاپیلاری در ساختار حفرات کمتر شده و انقباض کاهش می‌یابد [۷]. از افزودنی‌هایی مانند مالیک اسید و کلرید سدیم نیز به عنوان کندکننده زمان گیرش استفاده می‌شود [۸و۹]. مقدار افزودنی‌ها در انواع سیمان‌ها کمتر از ۵٪ است. در برخی کاربردها افزودن مقداری مواد پودری ریز به سیمان سرباره قلیا فعال توصیه می‌شود. برای مثال، افزودن خاکستر زغال سنگ، سنگ آهک آسیاب شده، گرانیت و میکروسیلیکا کارپذیری مخلوط را افزایش می‌دهند [۴].

۲-۴- سنگ دانه

برای تولید بتن AAS از سنگ دانه‌های رایج در سیمان پرتلند استفاده می‌شود.



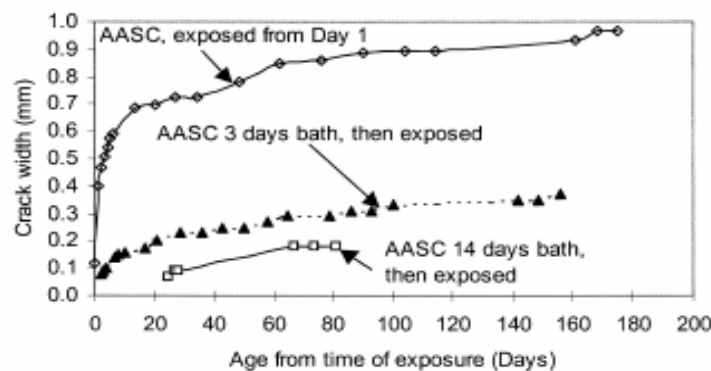
۲-۵- آماده‌سازی مواد اولیه

سرباره با گچ آسیاب می‌شود. مقدار گچ ۲٪ وزنی سرباره گزارش شده است. سطح ویژه سرباره استفاده شده باید بین ۲۵۰ تا ۷۰۰ m^2/kg باشد [۴]. معمولاً در سیمان‌های سرباره قلیا فعال نسبت آب به باینر (W/b) در ۰/۳ تنظیم می‌شود [۱۰]. فعال‌کننده‌ها یا به طور مستقیم به صورت خشک با سرباره مخلوط می‌شوند [۱۲] و [۱۱] و یا ابتدا در آب حل شده و سپس با سرباره مخلوط می‌گردند. در مخلوط کردن بتن‌های AAS باید خاصیت خوردگی فعال‌کننده‌ها و pH بالای مواد در نظر گرفته شود. نسبت سرباره به سنگ دانه ۱ : ۳ [۵] و ۱ : ۲ [۸ و ۳]، گزارش شده است. افزودنی‌ها در حین مخلوط کردن سرباره به طور مستقیم اضافه می‌شوند [۱۳]. سیمان‌های سرباره قلیا فعال عموماً به صورت ریخته‌گری شکل‌دهی می‌شوند.

۳- اثر عوامل مختلف بر پروراندن سیمان سرباره قلیا فعال

۳-۱- اثر دما

وقتی پروراندن (curing) در دمای بالا انجام می‌شود، استحکام بتن‌های سیمان AAS سریعاً افزایش می‌یابد، اما بعد از یک ماه و بالاتر، استحکام بتن‌های AAS پرورانده شده در دمای بالا ۳۵ تا ۴۵٪ کمتر از نمونه‌های پرورانده شده در دمای اتاق است. دلیل این موضوع این است که در روزهای اولیه افزایش دما باعث سریع‌تر شدن فرآیند فعال شدن می‌شود، اما با گذشت زمان در دماهای بالاتر، مقدار محصولات واکنش بیشتر شده و توزیع آن‌ها غیر یکنواخت خواهد بود، دیفوزیون مشکل‌تر شده و واکنش بسیار آرام پیش می‌رود [۱۰ و ۳]. F. Collins و همکارانش نمونه‌های تهیه شده از سرباره قلیا فعال را پس از خروج از قالب، در آب آهک و دمای $23^{\circ}C$ به مدت ۳ و ۱۴ روز پروراندند. سپس سرعت انتشار ترک را در آنها با نمونه‌هایی که در آب آهک قرار نداشته و از ابتدا در معرض رطوبت نسبی ۵۰٪ و دمای $23^{\circ}C$ قرار گرفته بودند، مقایسه کردند (شکل ۱) و مشاهده نمودند که نمونه‌های پرورانده شده به مدت ۳ و ۱۴ روز در آب آهک به ترتیب پس از ۲ و ۲۵ روز ترک خوردند. طول ترک‌های آنها کوتاه‌تر از نمونه‌های AAS بدون پروراندن در آب آهک است و قابل مقایسه با طول ترک‌های بتن حاصل از سیمان پرتلند معمولی (opc) است. بنابراین توجه به شرایط پروراندن هنگام استفاده از بتن AAS بسیار ضروری است [۱۴ و ۱۵].



شکل ۱- اثر پروراندن در آب آهک بر نمونه‌های AAS [۱۵]

۳-۲- اثر رطوبت

گزارش شده است که از دست دادن رطوبت در اثر نگهداری بتن در هوا، استحکام ۷ تا ۲۸ روزه را کاهش می‌دهد [۱۶]. نتایج مشابه دیگری نیز گزارش شده است. انقباض خشک شدن نیز تحت تاثیر شرایط پروراندن است. در رطوبت بالای ۷۰٪، انقباض بتن AAS تقریباً مشابه opc است. در حالی که در رطوبت‌های نسبی ۳۳٪ و ۵۰٪ انقباض خشک شدن AAS ۲/۳ تا ۳ برابر بتن opc است [۱۶].

۴- ساز و کار گیرش و خواص شیمیایی و فیزیکی محصول

۴-۱- محصولات واکنش هیدراته شدن سرباره قلیا فعال

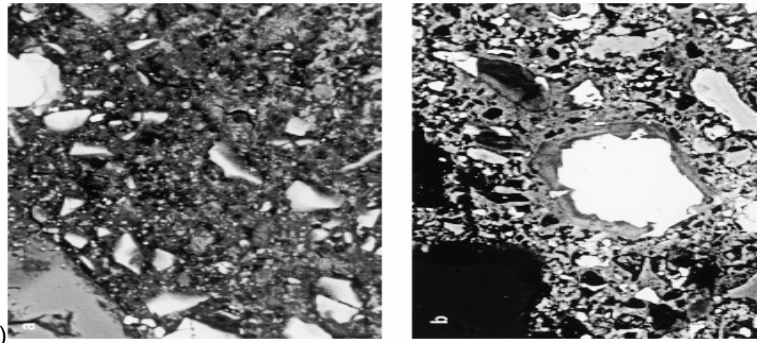
کلینگر سیمان پرتلند شامل چهار فاز اصلی C3S، C2S، C3A و C4AF است که در آن‌ها S، C، A و F به ترتیب نماینده SiO_2 ، CaO ، Al_2O_3 و Fe_2O_3 می‌باشد. محصول اصلی واکنش سیمان پرتلند با آب، سیلیکات کلسیم هیدراته یا C-S-H است که از هیدراته شدن (C_3S) و $(\beta\text{-C}_2\text{S})$ ایجاد شده و به نام ژل هیدروسیلیکات کلسیم خوانده می‌شود. در این ژل H نماینده H_2O است. معمولاً نسبت مولی Ca/Si در ژل C-S-H حدود ۲-۱/۵ و در بیشتر موارد ۱/۷ است [۱۷]. در سیمان سرباره قلیا فعال نیز محصول اصلی هیدراسیون همانند سیمان پرتلند ژل C-S-H بوده ولی نسبت Ca/Si در آن کمتر می‌باشد. برخی محققان نیز حضور فازهای غنی از Al و Mg مشابه هیدروتالکیت $(\text{Mg}_6\text{Al}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{16}\cdot 4\text{H}_2\text{O})$ یا ترا کلسیم آلومینات هیدراته $(\text{C}, \text{M})_4\text{AH}_{13}$ را گزارش کرده‌اند [۱۷]. شبکه سیلیکاتی در سیمان سرباره قلیا فعال سریع‌تر و ژل C-S-H از زنجیره‌های بلندتری نسبت به سیمان پرتلند تشکیل شده است [۱۷].

۴-۲- ترکیب و ساختار محلول هیدراته در سیمان سرباره قلیا فعال

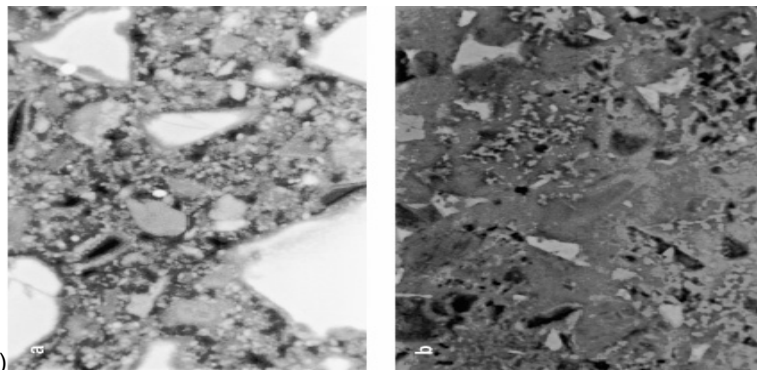
غلظت بالای یون OH^- در محلول‌های قلیایی استفاده شده به عنوان فعال کننده ($\text{pH} > ۱۳$) پیوندهای Ca-O ، Si-O ، Al-O را در سطح سرباره شیشه‌ای می‌شکنند. یون‌های حل شده در آب به صورت $[\text{H}_4\text{AlO}_4]^-$ ، $[\text{H}_3\text{SiO}_4]^-$ ، $[\text{H}_2\text{SiO}_4]^{2-}$ ، Ca^{+2} هستند. وقتی غلظت آن‌ها بالا می‌رود، رسوب کرده و ریز ساختار خمیرسیمان AAS را تشکیل می‌دهند. تغییر شکل این یون‌های حل شده اطلاعاتی در مورد تشکیل محصولات در این نوع مواد می‌دهد. فرآیند هیدراته شدن مواد سیمانی آهسته است. محلول‌ها و جامدات تولید شده در حین واکنش در تعادل نیستند و فرآیند شامل حل شدن یون‌های مختلف، و رسوب مجدد فازها است. با استفاده از فعال کننده‌های متفاوت ساختار و ترکیب سیلیکات کلسیم هیدراته تشکیل شده در اثر فعال شدن سرباره نیز متفاوت خواهد بود. ژل هیدروسیلیکات کلسیم تشکیل شده در خمیر AAS فعال شده با سیلیکات سدیم نسبت به ژل هیدروسیلیکات کلسیم بدست آمده در خمیر فعال شده با NaOH بیشتر پلیمره می‌شود. و نیز در ساختار آن Al و نسبت Ca/Si کمتر است [۱۸].

۴-۳- ریز ساختار سیمان سرباره قلیا فعال و مقایسه با سیمان پرتلند

خمیرهای سیمان سرباره قلیا فعال، نسبت به سیمان پرتلند تخلخل کمتری دارند، زیرا نسبت آب به جامد در آن‌ها کمتر می‌باشد. نسبت تخلخل‌های با $r < 10 \text{ nm}$ در سیمان AAS سفت شده، نسبت به سیمان پرتلند بیشتر است. توزیع اندازه تخلخل‌ها در این نوع سیمان به نوع فعال کننده استفاده شده بستگی دارد. تخلخل‌ها در مخلوط‌هایی که از سیلیکات سدیم استفاده می‌شود ریزتر از نمونه‌هایی هستند که در آنها از هیدروکسیدسدیم به عنوان فعال ساز استفاده شده است. سطح ویژه خمیر سیمانی AAS نیز در مقایسه با سیمان پرتلند بیشتر است [۴]. برخلاف سیمان پرتلند، ریزساختار در فصل مشترک سنگ دانه و خمیر در بتن AAS نسبت به خمیر بالک آن بسیار متفاوت است و در این بتن‌ها پرتلندیت و اترینگایت وجود ندارد. بعلاوه پیوند قوی بین سنگ دانه و خمیر، ترک‌ها در بتن AAS معمولاً از بین سنگدانه‌ها رشد می‌یابند. ریزساختار بتن AAS نسبت به سیمان پرتلند یکنواخت‌تر است. C-S-H در این بتن‌ها نسبت Ca/Si کمتری نسبت به سیمان پرتلند معمولی دارد و شامل زنجیره‌های بلندتر آلومینا سیلیکاتی است [۱۰]. Bakharev و همکارانش نیز ساختار بتن‌های AAS و OPC که به مدت ۶ ساعت در 70°C عملیات حرارتی شده و به مدت ۱ و ۱۲ ماه در حمام آب نگهداری شده بودند را مقایسه کردند [۵] که نتایج در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، پس از یک ماه ریز ساختار بتن AAS یکنواخت‌تر از بتن OPC است.



شکل ۲- تصویر بتن عملیات حرارتی شده در دمای ۷۰ °C به مدت ۶ ساعت و نگهداری شده در حمام آب به مدت یک ماه. (a) AAS و (b) OPC [۵]



شکل ۳- تصویر بتن پرورانده شده در دمای ۷۰ °C به مدت ۶ ساعت و نگهداری شده در حمام آب به مدت ۱۲ ماه. (a) AAS و (b) OPC [۵]

۴-۴- مقاومت شیمیایی در محیط‌های مختلف

۴-۴-۱- مقاومت شیمیایی در محیط‌های اسیدی

مقاومت در برابر خوردگی اسید از جنبه‌های مهم دوام سیمان‌های مختلف است. مقاومت یک زمینه سیمانی در برابر خوردگی اسید، بستگی به خصوصیات ساختاری حفره‌ها، توانایی اجزای زمینه در خنثی کردن اسید و نوع محصولات خوردگی توسط اسید دارد. رسوب کردن محصولات واکنش روی زمینه از خوردگی بیشتر آن جلوگیری خواهد کرد [۱۹].

برای بررسی مقاومت در برابر اسید مواد سیمانی، C. Shi و همکارانش ۳ نوع خمیر سیمانی را (جدول ۱) در سه محلول اسیدی، اسید نیتریک pH=3 و اسید استیک ۵ و pH=3 تست کردند [۲۱].

جدول ۱- ترکیب خمیرهای سیمانی استفاده شده برای بررسی مقاومت در برابر اسید [۲۱]

نوع سیمان			وزن جزء
LFA	ASC	pc	
-	-	۱۰۰	پرتلند معمولی
-	۷۲/۵	-	سرباره کوره بلند
-	۷/۵	-	متاسیلیکات سدیم
۸۰	-	-	آهک هیدراته
۲۰	-	-	خاکستر زغال سنگ
۴۰	۴۰	۴۰	آب

از آنجایی که خمیر LFA تخلخل بیشتری داشت و یا به عبارت دیگر نفوذ پذیرتر از خمیر ASC و PC بود، بنابراین به نظر می‌رسد تفاوت در مقاومت در برابر خوردگی اسید در این مواد سیمانی به دلیل تفاوت در

محصولات هیدراته شدن آنها می‌باشد و میزان تخلخل نقش موثری در این خاصیت نداشته است [۲۱]. یک خمیر pc کاملاً هیدراته شده در دمای اتاق شامل ۵۰-۶۰ درصد وزنی ژل C-S-H با نسبت $C/S=1/5-1/8$ ، ۲۰ تا ۲۵٪ $(Ca(OH)_2)$ و ۱۵ تا ۲۰٪ کلسیم سولفوآلومینات است. در حالیکه خمیرهای ASC شامل C-S-H با نسبت C/S حدود یک می‌باشند. در pH زیر ۱۲ و کلسیم سولفوآلومینات نیز زیر $pH=11$ تجزیه می‌شوند. با کاهش pH ، C-S-H، Ca^{+2} آزاد می‌کند. و یک لایه از ژل سیلیکا و آلومینوسیلیکات باقی می‌ماند که از خوردگی بیشتر خمیر جلوگیری می‌کند و پس از آن، خوردگی با دیفوزیون اسید از این لایه کنترل می‌شود [۲۱].

حل شدن $Ca(OH)_2$ و کلسیم سولفوآلومینات و آزاد شدن Ca از C-S-H با نسبت بالای C/S در خمیر pc، تشکیل یک لایه خورده شده بسیار متخلخل می‌دهد. در حالیکه مقدار کم آهک در خمیر سرباره قلیا فعال و LFA یک لایه محافظ چگال ایجاد می‌کند. در اسید استیک با $pH=5$ خوردگی سریعتر از اسید استیک با $pH=3$ است [۲۱].

پس از یک سال از غوطه‌ور کردن نمونه‌ها در اسید استیک با $pH=5$ ، خمیر pc، ۹mm و خمیر ASC و LFA حدود ۶mm خورده شده بودند. بنابراین به نظر می‌رسد که اسید استیک خورنده‌تر از اسید نیتریک است. در مورد سیمان‌های مورد مطالعه وقتی pH اسید استیک به ۳ کاهش یافت، خوردگی سریع‌تر شده و پس از ۶۰ روز، ۱۵mm از نمونه pc و ۵mm از سیمان سرباره قلیا فعال خورده شد. وقتی که خمیرهای سیمانی در تماس با محلول اسیدی قرار می‌گیرند، Ca موجود در خمیر سیمانی به سرعت حل شده و بیشتر Si به صورت $SiO_2.nH_2O$ به عنوان لایه محافظ خمیر را ترک می‌کنند [۲۱]. مطابق جدول ۲ در محدوده pH ۳ تا ۵، مقدار Ca حل شده از خمیر سیمانی بیشتر از Si یا Al است. بنابراین نسبت Ca/Si یا Ca/Al در این محلول‌های اسیدی بیشتر از مقدار آن در خمیر سیمانی خورده نشده است. با توجه به جدول ۲ غلظت Ca، Si و Al حل شده بیان می‌کند که اسید استیک در $pH=3$ خورنده‌تر از اسید نیتریک است [۲۱].

همانطور که انتظار می‌رود با کاهش pH اسید خورنده‌تر می‌شود و خوردگی سیمان سریع‌تر می‌گردد. کاهش pH از ۵ به ۳ مقدار Ca و Si و Al باقی مانده در لایه محافظ را کاهش می‌دهد. ولی نسبت Ca/Si در محلول اسیدی افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر حل شدن Ca نسبت به Si به کاهش pH حساس‌تر است [۲۱]. طبق دیاگرام فاز $Al_2O_3-H_2O$ ، Al بسته به pH محلول می‌تواند به صورت‌های مختلف هیدراته شود که حلالیت آنها در $pH=3$ بیشتر از $pH=5$ است، بنابراین غلظت Al در محلول افزایش یافته و نسبت Ca/Al به طور مشخصی کاهش می‌یابد [۲۱]. بنابراین به طور کلی می‌توان گفت که مقاومت خمیر سیمانی در برابر خوردگی اسید بستگی به لایه محافظ و محصولات هیدراسیون دارد نه نفوذپذیری و تخلخل خمیر سفت شده [۱۹].

جدول ۲- ترکیب خمیر سیمان خرد نشده و محلول‌های اسیدی [۲۱]

اجزا	خورده نشده %			محلول اسید نیتریک pH3			محلول اسید استیک pH=5			محلول اسید استیک pH3		
	CaO	SiO ₂	AlO ₃	Ca	Si	Al	Ca	Si	Al	Ca	Si	Al
Pc	۶۲/۸	۲۱/۶	۴/۲	۱۲۴	۴/۷۵	۰/۲۵	۱۲۵	۱۷/۴	۰/۲۸	۷۵۷۰	۴۶/۳	۶۷/۵
ASC	۳۲/۱	۳۶/۲	۹/۲	۶۰/۸	۲۳/۸	۳/۸۷	۴۱/۴	۱۵/۷	۰/۲۶	۱۱۶۰	۸۷/۴	۱۱۴
LFA	۱۷/۷	۳۷/۵	۲۰/۳	۴۴/۴	۱۶/۶	۳/۶۳	۵۲/۴	۱۲/۹	۰/۱۱	۴۴۸۰	۱۰۱	۲۰۰
نسبت مولی	Ca/Si		Ca/Al	Ca/Si		Ca/Al	Ca/Si		Ca/Al	Ca/Si		Ca/Al
Pc	۲/۳۹		۷۶/۳	۹/۱۴		۹۱۳	۲/۵۲		۸۵۷	۵۷/۳		۲۱۲
ASC	۰/۷۳		۱۷/۸	۰/۹		۲۹/۷	۰/۹۲		۲۹۹	۴/۶۵		۱۹/۳
LFA	۰/۳۹		۴/۴	۰/۹۴		۲۳/۱	۱/۴۲		۸۷۰	۱۵/۵		۴۲/۲

۴-۲- مقاومت شیمیایی در محلول نمک

کاربرد بتن در زمین‌های نمکی مشکلات زیادی در پی دارد و نیاز به سیمانی است که پایداری بالایی در محلول نمک از خود نشان دهد. این نمک‌ها اغلب محلول کلرید قوی از سدیم، منیزیم و در برخی موارد کلسیم و پتاسیم هستند. خوردگی خمیر سیمانی در این محلول‌های کلریدی به صورت انقباض بالا و تشکیل میکروتکرک‌ها که مسیرهای سریع برای داخل شدن سیال خورنده به داخل بتن است، نمایان می‌شود. واکنش شیمیایی کلریدها با خمیر سیمانی ابتدا با هیدروکسید کلسیم و هیدرو آلومینات کلسیم (بسته به نوع کاتیون‌های محلول) شروع شده و فازهای جدیدی تشکیل می‌دهد. به طور همزمان pH محلول واقع در تخلخل‌های بسته پایین آمده و هیدرات‌ها ناپایدار می‌شوند [۲۰]. سیمان‌های مختلف در محلول‌های کلریدی به ۲ دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. دسته اول، خمیرهای مقاوم که در سطح آن‌ها لایه جدید مقاوم تشکیل می‌شود و دسته دوم خمیرهای با مقاومت کمتر که به سرعت در محیط خورنده تخریب شده و هیچ پوسته مقاومی در سطح آن‌ها تشکیل نمی‌شود. در دسته اول سیمان‌های آلومینا بالا (HAC) و سیمان‌های سرباره قلیا فعال (AAS) و در دسته دوم سیمان پرتلند قرار دارد [۲۰].

وقتی سیمان AAS در محلول کلرید منیزیم قرار گیرد، مکانیزم تشکیل پوسته را می‌توان به این طریق توضیح داد: با فوق اشباع شدن محلول حفره‌ای با ترکیبات منیزیم دی‌فلورید و یون‌های کلرید به داخل خمیر و نفوذ یون‌های OH^- در جهت مخالف صورت می‌گیرد. بنابراین با برخورد یون‌های Cl^- و OH^- ، ترکیبات منیزیم سریعاً رسوب می‌کنند. این رسوب می‌تواند تمام یون‌های منیزیم، Cl^- و OH^- را در بر بگیرد و از عبور یون‌های منیزیم و کلرید به خمیر جلوگیری کند. بدون شک این پوسته نقش لایه محافظ در خوردگی را دارد. دی‌فلورید یون‌ها اگرچه بسیار آهسته، ولی ادامه می‌یابد. این پوسته بر سطح خمیر AAS به مدت چند سال کاملاً پایدار است [۲۰].

۴-۳- مقاومت در برابر نفوذ کربن

در برابر کربن (اتم‌سفر CO_2 یا محلول کربناتی) C-S-H، در بتن سرباره قلیا فعال به کلسیت و C-S-H بدون کلسیم که غنی از Si بوده و حاوی Al است، تبدیل می‌شود. کربناتی شدن در هوا و در محلول از سطح بتن شروع می‌شود و بتدریج به داخل بتن نفوذ می‌کند. تعیین کننده سرعت فرآیند، سرعت نفوذ HCO_3^- و CO_2 به داخل بتن است. این فرآیند از قانون دوم فیک پیروی می‌کند، به عبارت دیگر، سرعت کربناتی شدن (افزایش عمق کربن با زمان) با ریشه دوم زمان متناسب است و منحنی pH بر حسب زمان شکل سهمی دارد [۲۱]. وقتی بتن AAS در معرض CO_2 قرار می‌گیرد، فاز C-S-H واکنش داده و کربنات کلسیم و C-S-H بدون کلسیم و ژل آلومینوسیلیکات تشکیل می‌دهد. از آنجا که مقدار Ca در بتن سرباره قلیا فعال کم است، رسوبات $CaCO_3$ تقریباً وجود ندارد. در نتیجه واکنش کربناتی، تخلخل در زمینه افزایش می‌یابد. ورود HCO_3^- و CO_2 به داخل بیشتر شده و در نتیجه واکنش سریع‌تر پیش می‌رود. بنابراین بتن AAS نسبت به OPC در برابر نفوذ کربن آسیب‌پذیرتر است [۲۱].

۴-۴- استحکام سیمان سرباره قلیا فعال

استحکام مکانیکی سیمان سرباره قلیا فعال به عوامل مختلفی مانند: ۱- سطح ویژه سرباره. ۲- دمای پروراندن. ۳- نوع و غلظت فعال کننده. ۴- استفاده از سیمان‌های دیگر، بستگی دارد.

۴-۴-۱- تاثیر سطح ویژه سرباره

به طور کلی می‌توان گفت که افزایش سطح ویژه سرباره باعث افزایش واکنش پذیری آن می‌شود. اما از طرف دیگر، مخلوط‌های تهیه شده از سرباره با سطح ویژه بالا، نیاز به مایع بیشتری برای رسیدن به کار پذیری مناسب دارد که این موضوع می‌تواند باعث کاهش استحکام نهایی گردد [۳]. تغییر استحکام با تغییر سطح ویژه، به نوع فعال کننده بستگی دارد [۳].

۴-۴-۲- اثر دمای پروراندن بر استحکام

در ملات‌های سرباره‌ای فعال شده با NaOH و $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH}$ ، افزایش دمای پروراندن باعث کاهش استحکام می‌شود. در نمونه‌های فعال شده با NaCO_3 عکس این حالت مشاهده می‌شود [۳].

تأثیر دمای پروراندن به زمان واکنش وابسته است. به این معنی که در روزهای اولیه (کمتر از ۳ روز) ملات‌های پرورانده شده در دمای بالاتر، استحکام بیشتری از نمونه‌های پرورانده شده در دمای پایین‌تر دارند. اما با گذشت زمان عکس حالت ذکر شده مشاهده خواهد شد و با افزایش دما، استحکام کاهش خواهد یافت. دلیل این موضوع این است که در روزهای اولیه افزایش دما باعث سریع‌تر شدن فرآیند فعال شدن می‌شود. اما با گذشت زمان، در دماهای بالاتر، محصولات تشکیل شده از واکنش بیشتر با توزیع غیر یکنواخت روی دانه‌های هیدراته نشده رسوب کرده، نفوذ مشکل‌تر شده و واکنش بسیار آرام پیش خواهد رفت [۳].

۴-۴-۳- اثر نوع و غلظت فعال ساز

نوع و مقدار فعال کننده در مقاومت مکانیکی بتن‌های AAS تأثیر بسزایی دارد [۳]. علاوه بر آن مشاهده شده است که حالت فیزیکی فعال کننده (سیلیکات سدیم مایع یا سیلیکات سدیم پودری) نیز در میزان استحکام بتن موثر است [۱۳]. سیلیکات سدیم مایع، استحکام اولیه بالاتری ایجاد می‌کند، ولی کارپذیری ملات تهیه شده کم است.

۴-۴-۴- اثر استفاده از سیمان‌های دیگر

با استفاده از سه نوع سیمان پرتلند (pc) آلومینایی (AC) و سولفوآلومینات (SC) با درصد‌های مختلف، در سیمان سرباره قلیا فعال مشاهده شده است (جدول ۳) که با افزودن ۱۰٪ سیمان (pc) استحکام به بالاترین حد می‌رسد. ولی وقتی این مقدار به ۲۰٪ افزایش می‌یابد استحکام کاهش یافته و با افزودن ۳۰٪ (pc)، گیرش سریع‌تر شده و استحکام باز هم کاهش می‌یابد. همین‌طور، وقتی سیمان‌های AC و SC به مقدار ۱۰ تا ۳۰٪ به سیمان سرباره قلیا فعال افزوده می‌شوند، استحکام نسبت به سیمان بدون افزودنی کاهش می‌یابد. بنابراین افزودن سیمان pc به مقدار ۱۰٪ بهترین انتخاب خواهد بود [۲۳].

جدول ۳- اثر استفاده از سیمان‌های مختلف بر استحکام AAS [۲۳]

شماره نمونه	سرباره (%)	PC (%)	AC (%)	SC (%)	Na ₂ SiO ₃ (%)	استحکام فشاری (Mpa)			مشاهدات
						۱ روز	۳ روز	۲۸ روز	
T _۱	۸۰	۱۰	۰	۰	۱۰	۵۳,۳۸	۷۵,۰۶	۹۶,۳۱	
T _۲	۷۰	۲۰	۰	۰	۱۰	۴۸,۸۸	۶۳,۵۶	۸۳,۰۶	
T _۳	۶۰	۳۰	۰	۰	۱۰	۲۱,۰۰	۲۴,۷۵	۴۶,۷۵	گیرش سریع
T _۴	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۲۷,۰۰	۵۰,۳۸	۸۲,۳۷	
T _۵	۹۰	۰	۰	۰	۱۰	۴۴,۶۳	۸۱,۶۹	۹۴,۸۸	
T _۶	۸۰	۰	۱۰	۰	۱۰	۲۶,۸۷	۴۹,۷۵	۷۳,۲۵	
T _۷	۷۰	۰	۲۰	۰	۱۰	۲۷,۱۹	۴۷,۶۳	۷۳,۰۶	
T _۸	۶۰	۰	۳۰	۰	۱۰	۲۵,۷۵	۴۲,۳۶	۶۶,۲۵	
T _۹	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۳۳,۰۶	۴۲,۹۴	۶۰,۹۴	
T _{۱۰}	۸۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۲۳,۳۸	۵۰,۱۹	۷۵,۵۶	
T _{۱۱}	۷۰	۰	۰	۲۰	۱۰	۰,۲۸	۰,۳۹	۱۲,۳۸	گیرش سریع
T _{۱۲}	۶۰	۰	۰	۳۰	۱۰	۰,۱۵	۰,۱۰	۴,۸۱	گیرش سریع
T _{۱۳}	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۴۲,۲۵	۷۱,۲۵	۹۵,۵۶	



۴-۴-۵- انقباض سیمان سرپاره قلیا فعال

انقباض یک عامل تکنیکی مهم است و خواص ساختاری و دوام مواد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به طور کلی سیمان سرپاره قلیا فعال، انقباض بیشتری از بتن OPC دارد. T. Bakharev مشاهده کرد که در میان نمونه‌های AAS نیز بالاترین انقباض مربوط به نمونه فعال شده با محلول سیلیکات سدیم است [۲۱]. با افزایش غلظت قلیایی فعال ساز نیز انقباض بیشتر می‌شود. انقباض در بتن سرپاره‌ای فعال شده با سیلیکات سدیم به مدول محلول (نسبت جرمی SiO_2 به Na_2O) نیز بستگی دارد و بیشترین انقباض در محلول سیلیکات سدیم با $MS=1$ مشاهده می‌شود [۲۱]. انقباض خشک شدن بتن سرپاره قلیا فعال $1/6$ تا $2/1$ برابر بیشتر از بتن سیمان پرتلند OPC است [۱۴].

استفاده از لیگنوسولفات باعث کاهش انقباض می‌شود. بتن AAS تهیه شده با ۶٪ گچ و افزودنی‌های کاهشنده انقباض، انقباض مناسبی در حد بتن OPC دارد. با افزودن ۶٪ گچ، فازهای AFm و AFt به مقدار قابل ملاحظه‌ای تشکیل می‌شوند که افزایش حجم ناشی از تشکیل آن‌ها، انقباض بتن را جبران می‌کند [۱۳]. از عوامل مهم و تاثیر گذار بر انقباض می‌توان به: ۱- توزیع اندازه حفرات و ۲- خصوصیات ژل سیلیکات کلسیم هیدراته اشاره کرد [۱۳ و ۲۴].

با بررسی نمودار افت وزن در اثر خروج آب از نمونه‌ها مشاهده می‌شود که سیمان OPC آب بیشتری از سیمان AAS از دست می‌دهد. ولی انقباض کمتری نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مکانیزم انقباض بالای بتن AAS فقط بدلیل خروج بیشتر آب از بتن فوق نیست [۱۹].

انقباض در شرایط عملی به از دست دادن آب از حفره‌های مزو و نیز اندازه حفره‌های ماکرو بستگی دارد. اندازه حفره‌های ماکرو تعیین کننده سهولت خروج آب از حفره‌های مزو می‌باشد. Shi گزارش کرده است که حفره‌ها در سیمان OPC، توزیع اندازه پیوسته‌ای از ۵ تا ۱۲۰۰ nm دارد. در حالیکه در سیمان سرپاره فعال شده با سیلیکات سدیم حفره‌ها یا کمتر از ۱۰ nm هستند یا بزرگتر از ۲۰۰ nm [۲۱]. جدول ۴ طبقه‌بندی IUPAC را برای اندازه حفرات خمیرهای AAS و OPC را نشان می‌دهد.

جدول ۴- طبقه بندی اندازه حفرات در سیستم IUPAC برای خمیرهای AAS و OPC [۲۵]

روز	(۲۵-۱۲۵ nm) حفره های مزو (%)		(۵۰۰-۲۵ nm) حفره های ماکرو (%)	
	AASP	OPCP	AASP	OPCP
۳	۷۴	۳۶,۴	۱۶,۶	۵۶,۷
۷	۷۶	۳۵,۲	۱۴,۹	۵۹,۶
۲۸	۸۲	۳۲,۷	۱۰,۴	۶۲,۲
۵۶	۸۱,۳	۲۴,۷	۱۲,۵	۶۹

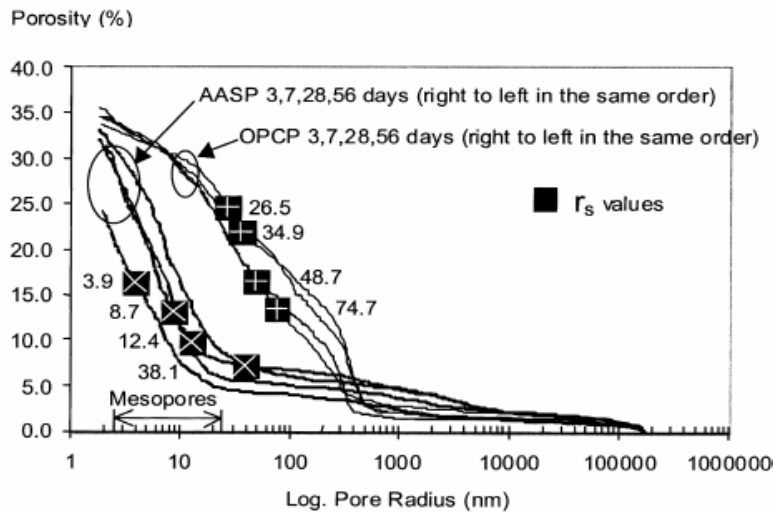
شکل ۴ منحنی توزیع تجمعی حفرات خمیرهای AAS و OPC را در روزهای ۳ و ۷ و ۲۸ و ۵۶ نشان می‌دهد [۲۵].

نسبت حفره‌های با اندازه مزو در سیمان AAS، ۷۴ تا ۸۲٪ است و در خمیر OPC، ۲۴/۷ تا ۳۶/۴٪ می‌باشد. بالاتر بودن حجم حفره‌های مزو در خمیر AAS انقباض خشک شدن بالاتر سیمان AAS را توجیه می‌کند [۲۵].

حفره‌های کاپیلاری شامل حفره‌های مزو و حفره‌های ماکرو هستند که حاوی آب پرکننده فضاها بین دانه‌های سیمان می‌باشند. در حالیکه حفره‌های میکرو جزئی از ژل سیلیکات کلسیم هیدراته هستند. پارامتر rs با عنوان شعاع حفره در جایی که سطح meniscus ایجاد می‌شود، تعریف کردند. سطح meniscus سطح مشترک بین آب و هوا است. حفره‌هایی با شعاع کمتر از rs پر از آب و حفره‌های بزرگتر از آن خشک در نظر گرفته می‌شوند. با پیشرفت فرآیند خشک شدن پارامتر rs کاهش می‌یابد. همچنین می‌دانیم که با کاهش rs،



نیروهای کاپیلاری در سطح meniscus بیشتر شده و انقباض خشک شدن بیشتر می‌شود [۲۵]. اگرچه نمونه‌های AAS رطوبت کمتری از نمونه‌های OPC از دست می‌دهند. اما با توجه به منحنی تجمعی، شعاع حفره در جایی که سطح meniscus تشکیل می‌شود، کوچکتر از خمیرهای OPC است [۲۵].



شکل ۴- منحنی توزیع تجمعی حفرات خمیرهای OPC و AAS [۲۵]

۵- کاربردهای سیمان سرباره قلیا فعال

سیمان سرباره قلیا فعال کاربردهای مهمی در تولید محصولاتی از قبیل بلوک‌های سیمانی پیش ساخته با اندازه‌های مختلف، بتن‌های مقاوم در برابر خوردگی و حرارت، ملات‌ریزی و حبس کردن بازمانده‌های رادیواکتیو و فلزات سنگین دارد.

در این قسمت به توضیح مختصری در مورد کاربرد سیمان AAS در دفن فلزات سنگین مانند Pb^{+2} ، Cr^{+6} ، Zn^{+2} ، Cd^{+2} پرداخته می‌شود: سرباره شامل مقدار زیادی SiO_2 و Al_2O_3 است. در حضور محلول‌های قلیایی که برای فعال سازی آن به کار می‌روند، این اکسیدها در محلول حل شده و واحدهای تتراهدرال SiO_4 و AlO_4 تشکیل می‌دهند. با پیشرفت واکنش آب مخلوط به تدریج خارج شده و واحدهای تتراهدرال SiO_4 یا AlO_4 بهم متصل شده و پیش‌سازنده‌های پلیمری $-SiO_4-AlO_4-SiO_4-SiO_4-$ یا $SiO_4-AlO_4-SiO_4-$ تشکیل می‌دهند و جهت خنثی کردن کمبود بار مثبت Al^{+3} نسبت به Si^{+4} کاتیون‌های عناصر سنگین را در شبکه حبس و دفن می‌کنند [۲۷].

کارایی سیمان در دفن فلزات سنگین به ریز ساختار خمیر سیمانی، مخصوصاً توزیع اندازه حفرات و تخلخل‌ها بستگی دارد. حفره‌ها در سیمان‌های سرباره قلیا فعال بسیار کوچکتر از سیمان پرتلند بوده و مهاجرت محلول‌ها در بتن AAS سخت شده مشکل است [۲۸]. علاوه بر ریز ساختار، مقدار pH خمیر نیز نقش مهمی در فرآیند بی‌تحرك سازی بازی می‌کند. در محیط‌های با $pH > 12$ هیدروکسید فلزات سنگین با حلالیت بسیار کم، رسوب می‌کنند [۲۸]. در مخلوط‌های AAS مقدار این pH بسته به نوع فعال ساز و غلظت آن در رنج $12/7-13$ است. برخی از محققان معتقدند که علاوه بر فاز C-S-H مقدار اندکی از هیدروژلیت، هیدروگارت و زئولیت‌های سدیم در خمیر AAS وجود دارد [۲۷]. تشکیل زئولیت در خمیر AAS که در دفن فلزات سنگین نقش موثر دارد، بستگی به ترکیب شیمیایی سرباره داشته و نیاز به سیستمی با نسبت Al/Si بالا و Ca/Si پایین دارد [۲۷]. شرایط احیایی در خمیر سرباره هیدراته شده نیز نقش بسزایی در فرآیند بی‌تحرك سازی دارد. (برای مثال احیای مقداری از Cr^{+6} به Cr^{+3}). بنابراین خمیر سرباره قلیا فعال شرایط خوبی برای دفن فلزات سنگین دارد [۲۸].

1. Della M. Roy, Weimin Jiang "Chloride diffusion in ordinary, blended, and alkali activated cement pastes and its relation to other properties" *Cement & Concrete Research* 30 (2000) 1879-1884.
2. Ellis Gartner "Industrially interesting approaches to low CO₂ cements" *Cement & Concrete Research* 34(2004)1489-1498.
3. A. Fernandez-Jimenez, J. G. Palomo, F. Puertas "Alkali activated slag mortars Mechanical strength behaviour" *Cement & Concrete Research* 29 (1999) 1313-1321.
4. "Special inorganic cements" Ivan Older 1930.
5. T. Bakharev, J. G. Sanjayan, Y. Cheng "Effect of elevated temperature curing on properties of alkali activated slag concrete" *Cement & Concrete Research* 29(1999)1619-1625.
6. M. Palacios, F. Puertas "Effect of superplasticizer and shrinkage reducing admixture on alkali activated slag pastes and mortars" *Cement & Concrete Research* 35(2005)1358-1367.
7. A. R. Brough, M. Holloway, J. Sykes, A. Atkinson "Sodium silicate-based alkali activated slag mortars. Part II The retarding effect of additions of sodium chloride or malic acid" *Cement & Concrete Research* 30(2000)1375-1379.
8. Frank Collins, J. G. Sanjayan "Effects of ultra fine materials on workability and strength of concrete containing alkali activated slag as the binder" *Cement & Concrete Research* 29 (1999) 459-462.
9. Frank Collins, J. G. Sanjayan "Cracking tendency of alkali activated slag concrete subjected to restrained shrinkage" *Cement & Concrete Research* 30(2000)791-798.
10. Frank Collins, J. G. Sanjayan "Strength and shrinkage properties of alkali activated slag concrete containing porous coarse aggregate" *Cement & Concrete Research* 29 (1999) 607-610.
11. T. Bakharev, J. G. Sanjayan, Y. Cheng "Resistance of alkali activated slag concrete to carbonation" *Cement & Concrete Research* 31 (2001) 1277-1283.
12. Vladimir Zivica "Effect of type and dosage of alkaline activator and temperature on the properties of alkali activated slag mixtures" *Construction & Building Materials* 2006. www.elsevier.com.
13. T. Bakharev, J. G. Sanjayan, Y. Cheng "Effect of admixtures on properties of alkali activated slag concrete" *Cement & Concrete Research* 30 (2000) 1367-1374.
14. Frank Collins, J. G. Sanjayan "Workability and mechanical properties of alkali activated slag concrete" *Cement & Concrete Research* 29 (1999) 455-458.
15. J. I. Escalante Garcia, A.V. Gorokhovskiy "Effect of geothermal waste on strength and microstructure of alkali activated slag cement mortars." *Cement & Concrete Research* 33 (2003) 1567-1574.
16. Li. Yongde, Sun Yao "Preliminary study on combined alkali activated slag paste materials". *Cement & Concrete Research* 30 (2000) 963-966.
17. Frank Collins, J. G. Sanjayan "Strength and shrinkage properties of alkali activated slag concrete placed in to large column" *Cement & Concrete Research* 29 (1999) 659-666.
18. I. Lecomte, C. Henrist, M. Liegeois "Micro structural comparison between geopolymers, alkali activated slag cement and Portland cement" *Journal of the European Ceramic Society* 26 (2006) 3789-3797.
19. J. Schneider M. A. Cincitto, H. Panepucci "29Si and 27Al high resolution NMR characterization of calcium silicate hydrate phases in activated blast furnace slag pastes" *Cement & Concrete Research* 31 (2001) 993- 1001.
20. F. Puertas, A. Fernandez-Jimenez "Pore solution in alkali activated slag cement pastes. Relation to the composition and structure of calcium silicate hydrate" *Cement & Concrete Research* 34 (2004) 139-148.
21. Caijun Shi, J. A. Stegemann "Acid corrosion resistance of different cementing materials" *Cement & Concrete Research* 30 (2000) 803-808.
22. Wieslaw Kurdowski "The protective layer and decalcification of C-S-H in the mechanism of chloride corrosion of cement paste" *Cement & Concrete Research* 34 (2004) 01555-1559.
23. Wang Fu-sheng, Sun Rui-lian "Study on modification of high strength slag cement material" *Cement & Concrete Research* 35 (2005) 1344-1348.
24. T. Bakharev, J. G. Sanjayan, Y. Cheng "Alkali activation of Australian slag cements" *Cement & Concrete Research* 29 (1999) 113-120.
25. Frank Collins, J. G. Sanjayan "Effect of pore size distribution on drying shrinkage of alkali activated slag concrete" *Cement & Concrete Research* 30 (2000) 01401-1406.
26. A. R. Brough, A. Atkinson "Automated identification of the aggregate- paste interfacial transition zone in mortars of silica sand with Portland or alkali activated slag cement paste" *Cement & Concrete Research* 30 (2000) 849-854.
27. Z. Yunsheng, Sun Wei, Chen Lin "Synthesis and heavy metal immobilization behaviors of slag based geopolymer" *Cement & Concrete Research* 2006.
28. Jan Deja "Immobilization of Cr⁶⁺, Cd²⁺, Zn²⁺ and Pb²⁺ in alkali activated slag binders" *Cement & Concrete Research* 32(2002) 1971-1979.



مروری بر فرآیند ریخته‌گری ژلی در شکل‌دهی سرامیک‌ها

محسن حاجی، مسعود علیزاده، تورج عبادزاده، هادی برزگر بفروئی، محمد حسن امین

پژوهشگاه مواد و انرژی

m.haji83@gmail.com

چکیده: روش ریخته‌گری ژلی یک روش شکل‌دهی جدید برای سرامیک‌ها می‌باشد؛ که اخیراً توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. این روش بر اساس ریخته‌گری یک دوغاب شامل پودر، آب و مونومرهای آلی محلول در آب، بنا شده است. بعد از افزودن یک پلیمر به عنوان آغازگر (کاتالیست) به محلول مونومری و بلافاصله ریختن آن درون قالب، دوغاب، پلیمریزه شده و یک قطعه ژله‌ای تشکیل می‌گردد. سپس این قطعه خشک شده، به منظور خروج پلیمرها حرارت می‌بیند و در نهایت زینتر می‌گردد. در این مقاله سعی شده مروری کلی پیرامون فرایند ریخته‌گری ژلی شامل آماده سازی دوغاب، فرایند ژله‌ای شدن، دفع حلال و پلیمر، مواد قالب، مزایا و معایب و در نهایت کاربردهای آن برای ساخت قطعات سرامیکی ارائه شود.

کلمات کلیدی: ریخته‌گری ژلی، محلول مونومری، پلیمریزاسیون، دوغاب سرامیکی.

۱- مقدمه

ریخته‌گری ژلی (Gelcasting) یک فرایند جدید و جذاب برای شکل‌دهی مواد سرامیکی با اشکال پیچیده و کیفیت بالا می‌باشد [۸-۱]؛ که اولین بار در آزمایشگاه ملی ORNL (Oak Ridge National Laboratory) آمریکا توسط Janney و Omatete معرفی شد [۹]. در این روش یک دوغاب از پودرهای سرامیکی و یک محلول مونومری آبی داخل یک قالب ریخته شده و به صورت درجا پلیمریزه می‌شود تا دوغاب به صورت ژل درآید، سپس قطعه ژلی شکل داده شده از قالب خارج شده و در نهایت خشک و زینتر می‌شود [۱۰-۱۳]. با استفاده از روش ریخته‌گری ژلی امکان شکل‌دهی تمام پودرهای سرامیکی وجود دارد زیرا تمام افزودنی‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، آلی بوده و پس از فرایند زینترینگ به طور کامل از قطعه خارج می‌شود.

با استفاده از این روش می‌توان قطعاتی کوچکتر از یک گرم و بزرگتر از ۶ کیلو گرم و اشکال پیچیده‌ای با سطح مقطع کمتر از ۰/۲ میلی‌متر را شکل داد. استفاده از این روش برای بیشتر سیستم‌های سرامیکی از قبیل آلومینا [۱۲، ۱۴]، نیتريد آلومینیوم، کاربید بور، فریت‌ها [۱۵]، کاربید سیلیکون [۱۶]، نیتريد سیلیکون [۱۷]، اکسید روی، و زیرکونیا به علاوه بعضی از مواد دیگر از قبیل اکسید سربیم، اکسید ایتربیم و هیدروکسی آپاتیت [۱۸، ۱۹]، به کار گرفته شده است [۲۰].

مزایای روش ریخته‌گری ژلی در مقایسه با دیگر روش‌های مرسوم شکل‌دهی سرامیک‌ها از قبیل قالب‌گیری تزریقی و ریخته‌گری دوغابی شامل: استحکام و دانسیته خام بالا، قابلیت ماشین کاری قطعه خشک شده، امکان ساخت قطعات بزرگ با سطح مقطع نازک و ضخیم، زمان شکل‌دهی کوتاه و زمان کوتاه خروج بایندر می‌باشد [۱۰].

این روش یک روش شکل‌دهی کلونیدی بر مبنای استفاده از آب به عنوان حلال می‌باشد ولی می‌توان از سیستم‌های غیرآبی نیز برای پودرهایی که حساس به آب هستند استفاده کرد. تمام افزودنی‌ها و کمک فرایندهایی که برای ریخته‌گری دوغابی و پرس مورد استفاده قرار می‌گیرند، در این روش نیز استفاده می‌شوند. نکته حائز اهمیت در این روش، ساخت دوغابی با حداکثر میزان جامد و در عین حال دارای ویسکوزیته پایین می‌باشد [۷]. با استفاده از این روش، امکان تولید انواع قطعات سرامیکی از قبیل قطعات مترکم [۲۱، ۲۲]، متخلخل [۲۳، ۲۴]، اشکال پیچیده [۲۵، ۲۶]، تغییرات ابعادی کم [۸] و کامپوزیت‌ها [۲۷، ۲۸] وجود دارد.

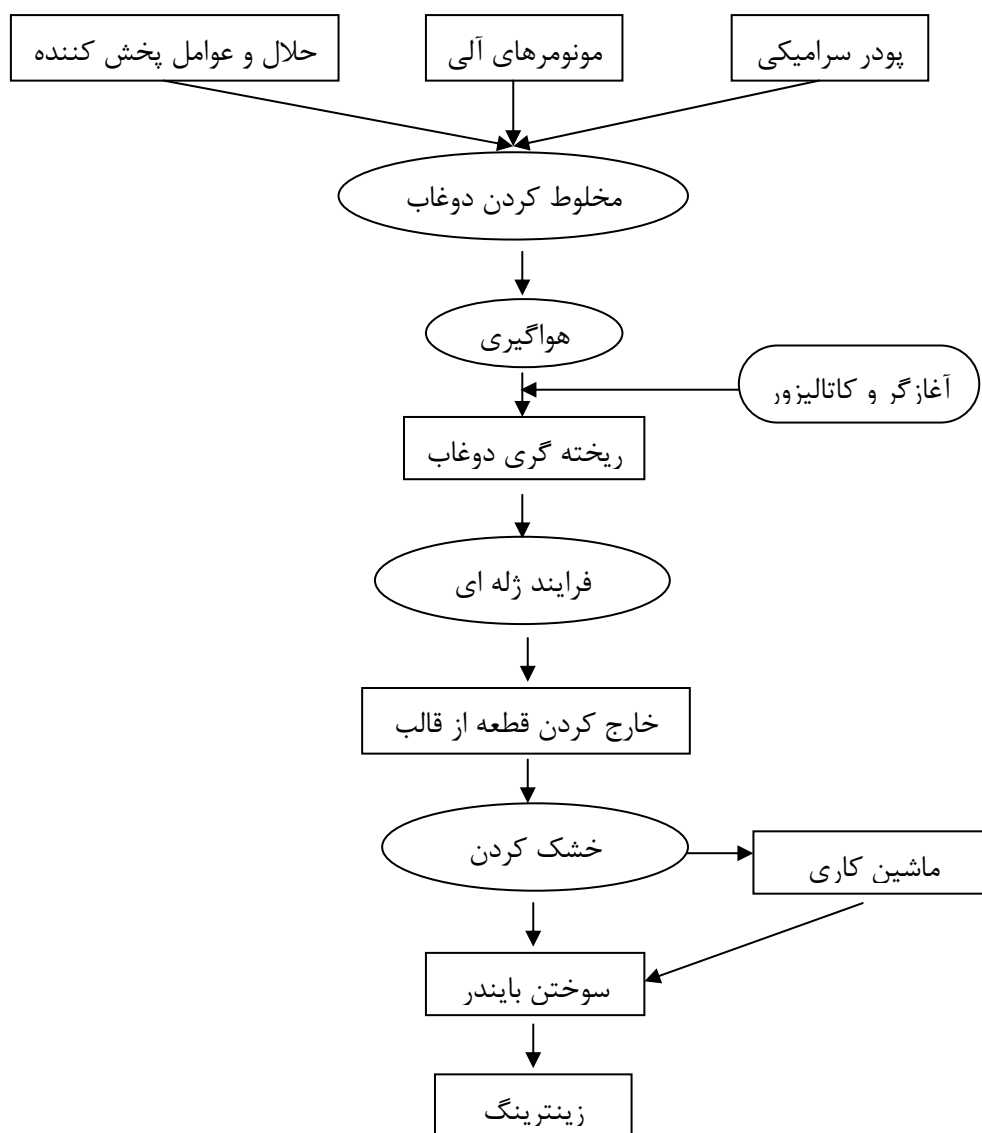
۲- فرایند ریخته گری ژلی

این روش، ترکیبی از فرایندهای ساخت سرامیک‌های سنتی و شیمی پلیمرها می‌باشد. اساسی‌ترین بخش این روش استفاده از یک محلول مونومری آلی برای ایجاد یک قطعه ژله‌ای با استحکام بالا می‌باشد [۲۰،۲۹]. فلوچارت کلی این فرایند در شکل ۱ نشان داده شده است.

۲-۱- آماده سازی دوغاب

برای آماده سازی دوغاب، محلول‌های مونومری آلی با ویسکوزیته پایین به همراه پودرهای سرامیکی و افزودنی‌های مناسب به شکل یک دوغاب با جریان یابی بالا ترکیب می‌شوند. سپس دوغاب آماده شده در قالب‌هایی با اشکال پیچیده ریخته می‌شود.

در این بخش، از آب به عنوان حلال، متاکریل آمید (MAM)، اکریل آمید (AM)، متیل بیس اکریل آمید (MBAM) (۳۰-۳۵) و پلی اتیلن گلیکل دی متا اکریلات (PEGDMA) به عنوان مونومر، پرسولفات آمونیوم (APS) به عنوان آغازگر (Initiator) و تترامتیل اتیلن دی آمید (TEMED) به عنوان کاتالیزور استفاده می‌شود [۲۸،۲۶،۳۶].



شکل ۱- شمای کلی فرایند ریخته گری ژلی [۲۰].

۲-۲- تشکیل ژل

فرایند ژله‌ای شدن بلافاصله پس از افزودن آغازگر و کاتالیزور به دوغاب و ریختن آن به درون قالب آغاز می‌شود؛ که شامل پلیمریزاسیون مونومرها به صورت ژل مرطوب و ترکیبات سفت و دارای اتصال عرضی می‌شود [۴۰]. از آنجائیکه دماهایی که قالب بایستی گرم شود دمای پایینی می‌باشد (۳۵-۸۵°C)، لذا تکنیک‌های مختلف حرارت دهی از قبیل کوره‌های جریان ساکن، حمام‌های آب و حرارت دهی مادون قرمز مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از ویژگی‌های قطعات تولید شده به واسطه ژل، دانسیته بالای قطعه نهایی می‌باشد [۲۱].

۲-۳- خروج حلال

بعد از فرایند ژله‌ای شدن، حلال باید از قطعه خارج شود، که این کار را می‌توان با خشک کردن انجام داد. برای پودرهای متراکم با اندازه بزرگ و دارای تخلخل‌های بزرگ، خشک کردن با هوا در شرایط معمولی و بدون نیاز به کنترل دقیق، کافی می‌باشد. ولی برای پودرهایی با اندازه ذرات کمتر از یک میکرومتر به دلیل تخلخل‌های خیلی ریز و امکان ترک خوردن قطعه در اثر انبساط حرارتی حلال و افزایش فشار بخار، باید کنترل بیشتری اعمال شود، که معمولاً از شرایط با رطوبت بالای ۹۰ - ۸۰ درصد استفاده می‌شود. به علت اینکه قطعات ساخته شده با این روش نسبت به فرایند ریخته‌گری دوغابی دارای استحکام بالاتری می‌باشند، لذا سرعت خشک کردن قطعه در این روش سریع‌تر است [۸،۱۰].

۲-۴- دفع پلیمر

مقدار کمی از پلیمر در حین فرایند خشک شدن ژل، از قطعه خارج می‌شود. برای خارج کردن پلیمر باقیمانده در قطعه خشک شده، از روش پیرولیز اکسیژنی استفاده می‌شود. برای دفع کامل سیستم‌های دارای مونومر AM دمای ۶۰۰°C [۱۵] و یا بالاتر و برای سیستم‌های دارای مونومرهای MBAM-MAM [۳۹] و HAMA [۴۰] دمای حدود ۴۰۰°C نیاز می‌باشد؛ که علت اختلاف دمای ذکر شده قدرت پیوندهای پلیمرها است و از آنجائیکه قطعه به دلیل دفع حلال در مرحله خشک کردن دارای تخلخل‌های باز می‌باشد، پیرولیز با سرعت انجام می‌شود. برای قطعات با سطح مقطع ضخیم‌تر، جهت اطمینان از خارج شدن کامل پلیمرها، زمان فرایند پیرولیز را افزایش می‌دهند. اگر از خلاء و اتمسفر نیتروژن [۲۳] در درجه حرارت بالای ۶۰۰°C استفاده شود، تقریباً بین ۰/۵ تا یک درصد وزنی کربن در قطعه باقی می‌ماند [۳۸]. در نهایت با توجه به کاربرد، قطعه تا دمای مورد نیاز زینتر می‌شود.

۳- مواد قالب

انتخاب، ساخت و کاربرد قالب، از ویژگی‌های قابل توجه در فرایند ریخته‌گری ژلی هستند که موفقیت این فرایند را تضمین می‌کنند. اختلاف بین تولید محصولات سالم و معیوب، به دلیل انتخاب نوع مواد قالب، روش ساخت، روش پر شدن قالب و آزاد شدن قطعه از قالب می‌باشد [۸].

یک قالب خوب برای فرایند ریخته‌گری ژلی باید دارای ویژگی‌هایی نظیر: سطوح غیر قابل نفوذ، آزادسازی خوب قطعه و درز بندی خوب باشد. از آنجائیکه قالب‌ها برای شروع فرایند ژله‌ای شدن حرارت داده می‌شوند، موادی که به عنوان قالب استفاده می‌شود باید دارای رسانایی حرارتی بالایی باشند تا زمان گرم و سرد کردن قالب و قطعه کاهش یابد.

مواد مختلفی برای ساخت قالب‌های فرایند ریخته‌گری ژلی به کار گرفته شده‌اند، که در بین آن‌ها آلومینیوم، شیشه، پلی وینیل کلراید (PVC)، پلی استیرن (PS) و پلی اتیلن (PE) بیشترین کاربرد را دارند [۲۰].

۴- مزایای استفاده از روش ریخته‌گری ژلی

علاوه بر موارد ذکر شده در مقدمه، اخیراً مزایای دیگری نیز برای این روش گزارش شده است که تعدادی از آنها به شرح زیر می‌باشد.

- توانایی تولید اشکال پیچیده مانند روش قالب‌گیری تزریقی [۲۵].
- سهولت انجام فرایند به علت تشابه با روش ریخته‌گری دوغابی [۲۸].
- ارزان بودن تجهیزات [۲۰].
- امکان استفاده از مواد قالب ارزان [۴۴].
- امکان تولید قطعات حجیم [۴۱].
- استحکام خام بالا [۱۱].
- قابلیت ماشین کاری خام عالی بدنه خام [۴۲].
- ساخت قطعات با خواص یکنواختی بالا [۲۴].
- استفاده از مقادیر کم مواد آلی که به آسانی از قطعه خارج می‌شوند [۳۲].
- قابلیت استفاده برای پودرهای فلزی و سرامیکی [۴۵].
- سریع بودن فرایند ژله ای شدن [۱۴].
- قابلیت تولید قطعات با تغییرات ابعادی کم [۲۴].

۵- محدودیت‌های ریخته‌گری ژلی

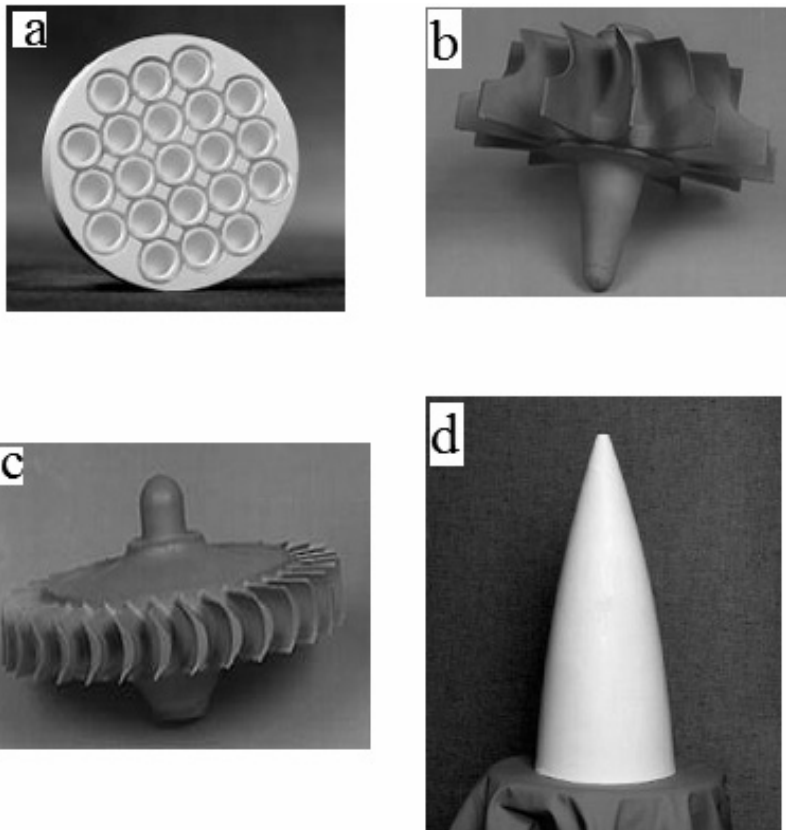
علی‌رغم اینکه فرایند ریخته‌گری ژلی توانایی شکل دادن قطعات با اشکال گوناگون و پیچیده را دارد ولی این روش دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد [۲۰]. به علت ویسکوزیته پایین دوغاب‌های مورد استفاده، برای ساخت اشکال پیچیده، درز بندی قالب‌ها مشکل می‌باشد. بیشتر موادی که برای قالب استفاده می‌شوند، سطح آن‌ها اکسید می‌شود و می‌تواند باعث جلوگیری از ژله‌ای شدن و تشکیل لایه‌های واکنشی شود. میزان اتصال‌دهنده‌های عرضی زیاد، باعث افزایش این حساسیت شده و در نتیجه تولید ژل‌های با استحکام بالا را محدود می‌کند [۱۰]. بیشتر قالب‌ها قطعه را به خوبی آزاد می‌کنند اما به دلیل زاویه ترشوندگی بالا با دوغاب، ریختن دوغاب درون قالب بدون حباب هوا خیلی مشکل می‌باشد. پودرهایی با اندازه دانه خیلی ریز و سطح ویژه بالا هر چند که دانسیته فشرده‌گی یکنواختی را ایجاد می‌کنند اما باعث ایجاد دوغابی با ویسکوزیته بالا و میزان جامد کم می‌شوند.

نکته دیگر اینکه، با پیرولیز در شرایط خنثی نمی‌توان به طور کامل پلیمرها را از قطعه خارج کرد و در پایان مقداری کربن در نهایت در قطعه باقی می‌ماند [۲۴، ۲۸].

۶- کاربردها

همانطور که قبلاً ذکر شد، فرایند ریخته‌گری ژلی برای ساخت انواع قطعات سرامیکی با کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از کاربردهای مهم فرایند ریخته‌گری ژلی ساخت قطعاتی با اشکال پیچیده و بزرگ، از قبیل پره‌های توربین می‌باشد، که باید دارای ویژگی‌های کاملاً یکنواختی باشند [۴۳]. با توجه به اینکه قطعات تولید شده به روش ریخته‌گری ژلی دارای استحکام خام بسیار بالایی می‌باشند، از این رو قابلیت ماشین کاری این قطعات زیاد است [۴۴]. از این ویژگی می‌توان برای ساخت قطعات سفارشی با اشکال پیچیده‌ای که توسط قالب نمی‌توان آن‌ها را شکل داد، استفاده کرد. در شکل (۲) نمونه‌ای از قطعات شکل‌دهی شده با این روش نشان داده شده است.

- تا کنون از این روش برای ساخت قطعات زیر نیز استفاده کرده‌اند:
- سرامیک‌های متخلخل مانند غشاها [۴۶] و سنسورها [۴۷].
 - سرامیک‌های پیزوالکتریک [۴۸، ۴۹].
 - سرامیک‌های مغناطیسی [۱۵].
 - کامپوزیت‌ها [۵۰].
 - بیو مواد [۵۱].
 - قطعات با تغییرات ابعادی کم [۸].
 - قطعات پیل‌های سوختی [۴۲].
 - شکل‌دهی پودرهای فلزی از قبیل: ابزارهای فولادی [۵۲]، سوپر آلیاژهای بر پایه نیکل [۵۳] و غیره.



شکل ۲- نمونه‌هایی از قطعات شکل داده شده به روش ریخته‌گری ژلی، (a) روتورتوربین از جنس نیتريد سيليكون به قطر ۱۵ cm، (b) بوته‌های خام آلومینایی ماشین‌کاری شده (قطر هر کدام ۶ cm)، (c) روتورتوربین از جنس نیتريد سيليكون به قطر ۱۸ cm، (d) مخروط آلومینایی به طول ۶۰ cm و قطر قاعده ۲۰ cm [۲۰].

مراجع

1. F. S. Ortega, R. H. R. Castro, D. Gouvêa, V. C. Pandolfelli, "The rheological behavior and surface charging of gelcasting alumina suspensions", *Ceramics International*, Volume 34, Issue 1, (2006).
2. A. C. Young, O. O. Omatete, M. A. Janney, P. A. Menchhofer, "Gelcasting of Alumina", *Journal of the American Ceramic Society*, Volume 74, Issue 3, Pages 612-618, (1991).
3. S. Roy, B. S. S. Chandra Rao, J. Subrahmanyam, "Water-based gelcasting of lead zirconate titanate and evaluation of mechanical properties of the gelcast samples", *Scripta Materialia*, Volume 57, Issue 9, Pages 817-820, (2007).
4. L. S. Gyger, P. Kulkarni, H. A. Bruck, S. K. Gupta, O. C. Wilson Jr, "Replamineform Inspired Bone Structures (RIBS) using multi-piece molds and advanced ceramic gelcasting

- technology", *Materials Science and Engineering: C*, Volume 27, Issue 4, Pages 646-653, (2007).
5. W. Chen, Y. Kinemuchi, T. Tamura, K. Miwa, K. Watari, "Preparation of a-b plane oriented Nb-doped Bi₄Ti₃O₁₂ ceramics by magnetic alignment via gelcasting", *Materials Research Bulletin*, Volume 41, Issue 11, Pages 2094-2101, (2006).
 6. O. O. Omatete, M. A. Janney, S. D. Num, "Gelcasting: From laboratory development toward industrial production", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 17, Pages 407-413, (1997).
 7. L. G. Ma, Y. Huang, J. L. Yang, H. R. Le, Y. Sun, "Control of the inner stresses in ceramic green bodies formed by gelcasting", *Ceramics International*, Volume 32, Issue 2, Pages 93-98 (2006).
 8. R. Gilissen, J. P. Erauw, A. Smolders, E. Vanswijgenhoven, J. Luyten, "Gelcasting, a near net shape technique", *Material and Design*, Volume 21, Pages 251-257, (2000).
 9. M. A. Janney, O. O. Omatete, C. A. Walls, S. D. Nunn, R. A. Ogle, G. Westmoreland, "Development of Low-Toxicity Gelcasting Systems", *Journal of the American Ceramic Society*, Volume 81, Issue 3, Pages 581-591, (1998).
 10. J. P. Pollinger, "Gelcasting", *Encyclopedia of Materials : Science and Technology*, ISBN: 0-08-0431526, Pages 3486-3492, (2001).
 11. F. Z. Zhang, T. Kato, M. Fuji, M. Takahashi, "Gelcasting fabrication of porous ceramics using a continuous process", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 26, Pages 667-671, (2006).
 12. C. G. Ha, Y. G. Jung, J. W. Kim, C. Y. Jo, U. Paik, "Effect of particle size on gelcasting process and green properties in alumina", *Materials Science and Engineering*, Volume 337, Pages 212-221, (2002).
 13. A. A. Babaluo, M. Kokabi, M. Manteghian, R. Sarraf-Mamoory, "A modified model for alumina membranes formed by gel-casting followed by dip-coating", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 24, Pages 3779-3787, (2004).
 14. J. Tong, D. Chen, "Preparation of alumina by aqueous gelcasting", *Ceramics International*, Volume 30, Pages 2061-2066, (2004).
 15. W. Chen, Y. Kinemuchi, T. Tamura, K. Miwa, K. Watari, "Fabrication of textured ferroelectric ceramics by magnetic alignment via gelcasting", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 27, Issues 2-3, Pages 655-661, (2007).
 16. T. Zhang, Z. Zhang, J. Zhang, D. Jiang, Q. Lin, "Preparation of SiC ceramics by aqueous gelcasting and pressureless sintering", *Materials Science and Engineering: A*, Volume 443, Issues 1-2, Pages 257-261, (2007).
 17. Z. P. Xie, Y. B. Cheng, Y. Huang, "Formation of silicon nitride bonded silicon carbide by aqueous gelcasting", *Materials Science and Engineering: A*, Volume 349, Issues 1-2, Pages 20-28, (2003).
 18. A. Woesz, M. Rumpler, J. Stampfl, F. Varga, N. Fratzi-Zelman, P. Roschger, K. Klaushofer, P. Fratzi, "Towards bone replacement materials from calcium phosphates via rapid prototyping and ceramic gelcasting", *Materials Science and Engineering: C*, Volume 25, Issue 2, Pages 181-186, (2005).
 19. S. Padilla, M. Vallet-Regí, M. P. Ginebra, F. J. Gil, "Processing and mechanical properties of hydroxyapatite pieces obtained by the gelcasting method", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 25, Issue 4, Pages 375-383, (2005).
 20. M. A. Janney, S. D. Nunn, C. A. Walls, "Gel-casting", *Handbook of Ceramic Engineering*, (1998).
 21. D. Guo, L. Li, Z. Gui, C. Nan, "Anti-crack machining of PZT ceramics for fabricating piezocomposites by using gelcasting technique", *Materials Science and Engineering: B*, Volume 99, Issues 1-3, Pages 25-28, (2003).
 22. S. Gong, Z. Zheng, D. Zhou, Y. Hu, "Preparation of BaTiO₃-based chip thermistors by gelcasting approach", *Materials Science and Engineering: B*, Volume 99, Issues 1-3, Pages 408-411, (2003).
 23. K. Prabhakaran, S. Priya, N. M. Gokhale, S. C. Sharma, "Microporous alumina substrate with porosity >70% by gelcasting", *Ceramics International*, Pages 515-520, (2007).
 24. H. T. Wang, X. Q. Liu, G. Y. Meng, "Porous α -Al₂O₃ ceramics prepared by gelcasting", *Materials Research Bulletin*, Volume 32, No. 12, Pages 1705-1712, (1997).
 25. K. Niihara, B. S. Kim, T. Nakayama, T. Kusunose, T. Nomoto, A. Hikasa, T. Sekino, "Fabrication of complex-shaped alumina/nickel nanocomposites by gelcasting process", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 24, Issue 12, Pages 3419-3425, (2004).
 26. B. S. Kim, T. Sekino, Y. Yamamoto, T. Nakayama, T. Kusunose, M. Wada, K. Niihara, "Gelcasting process of Al₂O₃/Ni nanocomposites", *Materials Letters*, Volume 58, Issues 1-2, Pages 17-20, (2004).
 27. J. Liu, H. Watanabe, M. Fuji, M. Takahashi, "Electrochemical Reduction of Oxygen on Alumina/Gelcast-Derived Nano-Carbon Network Composite in Alkaline Solution", *Electrochemistry Communications*, In Press, Accepted Manuscript, Available online 12 April (2008).

28. X. Liu, Y. Huang, J. Yang, "Effect of rheological properties of the suspension on the mechanical strength of Al₂O₃-ZrO₂ composites prepared by gelcasting", *Ceramics International*, Volume 28, Pages 159-164, (2002).
29. M. A. Janney, O. O. Omatete, "Method for Molding Ceramic Powders Using a Water-Based Gelcasting", *U. S. Pat. No. 5,028,362*, (1991).
30. A. Chrambach, D. R. Odbard, "Fractionation and characterization of an oligomeric series of bovine keratohyalin by polyacrylamide gel electrophoresis", *Material Science and Engineering*, Volume 17, Pages 440-451, (1971).
31. R. R. Landham, P. Nahass, D. K. Leung, M. Ungureit, "Inorganic ultrafiltration membranes prepared by a combination of anodic film and sol-gel technologies", *Journal of the American Ceramic Society*, Volume 66, Pages 1513-1516, (1987).
32. R. L. Menchavez, M. Fujii, H. Takegami, M. Takahashi, "Electrically conductive gelcast porous alumina sintered under argon atmosphere", *Materials Letters*, Volume 61, Issue 3, Pages 754-756, (2007).
33. A. Barati, M. Kokabi, M. H. Navid Famili, "Drying of gelcast ceramic parts via the liquid desiccant method", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 23, Issue 13, Pages 2265-2272, (2003).
34. R. K. Kamboj, S. Dhara, P. Bhargava, "Machining behaviour of green gelcast ceramics", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 23, Issue 7, Pages 1005-1011, (2003).
35. Y. Hu, Z. Wang, J. Lu, "Study on the gel casting of fused silica glass", *Journal of Non-Crystalline Solids*, Volume 354, Issues 12-13, Pages 1285-1289, (2008).
36. F. Li, H. J. Ni, J. Wang, B. Sun, Z. H. Du, "Gelcasting of aqueous mesocarbon microbead suspension", *Carbon*, Volume 42, Pages 2989-2995, (2004).
37. M. Kokabi, A. A. Babaluo, A. Barati, "Gelation process in low-toxic gelcasting systems", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 26, Pages 3083-3090, (2006).
38. Y. Li, Z. Guo, "Gelcasting of WC-8wt%Co tungsten cemented carbide", *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, (2007).
39. M. Potoczek, "A catalytic effect of alumina grains onto polymerization rate of methacrylamide-based gelcasting system", *Ceramics International*, Volume 32, Pages 739-744, (2006).
40. K. Cai, Y. Huang, J. Yang, "Alumina gelcasting by using HEMA system", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 25, Pages 1089-1093, (2005).
41. J. K. Montgomery, A. S. Botha, P. L. Drzal, K. R. Shull, K. T. Faber, "A thermoreversible gelcasting technique for ceramic laminates", *Scripta Materialia*, Volume 48, Pages 785-789, (2003).
42. D. Dong, J. Gao, X. Liu, G. Meng, "Fabrication of tubular NiO/YSZ anode-support of solid oxide fuel cell by gelcasting", *Journal of Power Sources*, Volume 165, Pages 217-223, (2007).
43. L. J. Vandeperre, A. M. Wilde, J. Luyten, "Gelatin gelcasting of ceramic components", *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 135, Volume 312-316, (2003).
44. Z. X. Xiong, C. Fang, Y. X. Wang, Z. G. Su, "Gel-casting of ceramic components for wireless communications", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 25, Pages 2071-2074, (2005).
45. Y. Li, Z. Guo, J. Hao, S. Ren, "Gelcasting of metal powders in nontoxic cellulose ethers system", *Journal of Materials Processing Technology*, Available online 17 January (2008).
46. B. Lin, S. Zhang, L. Zhang, L. Bi, H. Ding, X. Liu, J. Gao, G. Meng, "Prontonic ceramic membrane fuel cells with layered GdBaCo₂O₅ cathode prepared by gel-casting and suspension spray", *Journal of Power Sources*, Volume 177, Issue 2, Pages 330-333, (2008).
47. Y. Hu, D. Zhou, D. Zhang, W. Lu, "PTCR characteristic of gelcast BaTiO₃ ceramic thermistor", *Sensors and Actuators A: Physical*, Volume 88, Issue 1, Pages 67-70, (2001).
48. D. Guo, K. Cai, L. Li, Z. Gui, "Application of gelcasting to the fabrication of piezoelectric ceramic parts", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 23, Issue 7, Pages 1131-1137, (2003).
49. D. Guo, K. Cai, L. Li, C. Nan, Z. Gui, "Gelcasting of PZT", *Ceramics International*, Volume 29, Issue 4, Pages 403-406, (2003).
50. L. Shen, M. Liu, X. Liu, B. Li, "Thermal shock resistance of the porous Al₂O₃/ZrO₂ ceramics prepared by gelcasting", *Materials Research Bulletin*, Volume 42, Issue 12, Pages 2048-2056, (2007).
51. S. Padilla, R. García-Carrodeguas, M. Vallet-Regí, "Hydroxyapatite suspensions as precursors of pieces obtained by gelcasting method", *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 24, Issue 8, Pages 2223-2232, (2004).
52. A. Janney, S. Viswanathan, "Gelcasting of H13 tool steel", *Metal Powder Report*, Volume 52, Issue 5, Page 55, (1997).
53. M. A. Janney, "Gelcasting Superalloy Powders," Pages 139-46 in *P/M in Aerospace*, (1995).

فراوری بیوسرامیک‌های کلسیم فسفاتی دوفازی با استفاده از مایکروویو

ارغوان فرزادی، مهران صولتی هشجین

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

a.farzadi@aut.ac.ir

چکیده: بیوسرامیک‌ها از جمله کلسیم فسفات‌ها دسته‌ای از بیومتریال‌ها هستند که به دلیل زیست‌سازگاری و پاسخ اندک بافت نسبت به آن‌ها، کاربرد بسیاری در درمان بیماری‌های استخوانی دارند. روش‌های زیادی برای تهیه این بیوسرامیک‌ها وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند. عمده‌ترین محدودیت‌ها مربوط به ضعف در کنترل کیفیت، وقت‌گیر بودن و تولید آلودگی‌های شیمیایی است. با استفاده از مایکروویو به عنوان یک روش کمکی با توجه به بازده حرارتی بالا و سرعت گرم کردن زیاد می‌توان با سرعت و سهولت بیشتری به ترکیبات همگن‌تر دست یافت و مشکلات موجود را کاهش داد. نظریه اساسی در مورد انرژی مایکروویو، ذخیره انرژی به‌طور مستقیم در داخل قطعه و تولید یک دمای یکنواخت در سرتاسر نمونه می‌باشد. پژوهش‌های بسیاری که در سال‌های اخیر در این زمینه صورت پذیرفته، نشان داده است که تهیه سرامیک‌ها با استفاده از مایکروویو نه تنها منجر به تولید قطعاتی با خواص بهبود یافته‌تر می‌شود بلکه در نتیجه افزایش چشمگیر سرعت سینتر و کوتاه کردن زمان، صرفه‌جویی قابل توجهی در انرژی مصرفی را نیز می‌تواند امکان‌پذیر سازد.

۱- مقدمه

گستره و قلمرو کاربرد سرامیک‌ها در پزشکی از دهه ۱۹۷۰ میلادی گسترش یافت. اغلب کاربردهای کلینیکی بیوسرامیک‌ها مرتبط با سیستم اسکلت بدن، استخوان، مفاصل، دندان‌ها و جایگزینی آن‌ها است [۱]. بیوسرامیک‌ها از لحاظ برهمکنش با بدن به سه گروه عمده بیوسرامیک‌های تقریباً خنثی، بیواکتیو و جذب‌شونده تقسیم می‌شوند. بیوسرامیک‌های خنثی از لحاظ بیولوژیک تقریباً غیرفعال هستند و در تماس با بافت زنده، در اطراف آن غشای فیبروزی نازکی تشکیل می‌شود. آلومینا و زیرکونیا جزء این گروه هستند که به دلیل ضریب اصطکاک کم، زیست‌سازگاری و مقاومت سایشی خوب در ارتوپدی و دندان مصنوعی استفاده می‌شوند [۲ و ۳]. بیوسرامیک‌های بیواکتیو، فعالیت بیولوژیکی مشخصی را در بدن از خود نشان می‌دهند که منجر به ایجاد پیوند بین بافت و ماده می‌شود. هیدروکسی‌آپاتیت از این دسته بیوسرامیک‌ها بوده که از طریق واکنش با محیط بیولوژیکی تثبیت می‌شود. دسته سوم بیوسرامیک‌های جذب‌شونده هستند که در بدن به طور موقت انجام وظیفه کرده و به مرور زمان تجزیه و جذب بدن می‌شوند و بافت زنده جای آن را می‌گیرد. تری کلسیم فسفات نیز از جمله بیوسرامیک‌های جذب‌شونده محسوب می‌شود [۲ و ۴].

بیوسرامیک‌هایی بر پایه کلسیم فسفات به دلیل زیست‌سازگاری عالی، بیواکتیویته و خاصیت استخوان‌سازی، برای جایگزینی‌های پیوند استخوان و پوشش بر روی پروتزها مورد توجه قرار می‌گیرند. از بین بیوسرامیک‌های کلسیم فسفاتی، هیدروکسی‌آپاتیت (Hap) با فرمول شیمیایی $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ و بتاتری کلسیم فسفات (TCP) با فرمول شیمیایی $Ca_3(PO_4)_2$ بیشترین کاربرد را در زمینه پزشکی به خود اختصاص داده‌اند [۵-۸]. هیدروکسی‌آپاتیت در محیط بدن به صورت پایدار باقی می‌ماند، در صورتی که تری کلسیم فسفات قابلیت حلالیت بیشتری را در محیط مایع بدن دارد. کلسیم فسفات دوفازی (BCP) کامپوزیتی مشتمل بر هیدروکسی‌آپاتیت و تری کلسیم فسفات است که با توجه به زیست‌سازگاری HA و

زیست تخریب پذیری TCP و درصد آنها به عنوان عامل کنترل تخریب پذیری در تشکیل استخوان در مدل های مختلف حیوانی مورد بررسی قرار گرفته است [۹-۱۱].

روش های سنتز متفاوتی برای تهیه این کلسیم فسفات ها وجود دارد که معمول ترین آن ها به اختصار در ادامه شرح داده شده است:

۱- **روش شیمی تر:** این روش از اهمیت زیادی برخوردار است. متداول ترین راه برای تهیه هیدروکسی آپاتیت و تری کلسیم فسفات، تهیه محلول هایی از نمک های کلسیم و فسفر در آب، تنظیم pH آن ها در محدوده قلیایی به کمک بازهایی نظیر آمونیاک و سود و افزودن تدریجی آنها به هم به منظور ایجاد رسوب مورد نظر است. روش دیگر، استفاده از محلول های اسیدی و بازی است که برای تولیدات صنعتی هیدروکسی آپاتیت استفاده می شود و تنها محصول جانبی آن آب است. روش شیمی تر منجر به تولید نانو ذرات در دمای کم می شود ولی بلورینگی رسوب حاصله کم است. همچنین تهیه هیدروکسی آپاتیت خالص و استوکیومتری به این روش مشکل است [۱۲ و ۱۳].

۲- **روش خشک:** این روش برای سنتز هیدروکسی آپاتیت در دمای بالا به کار می رود و هیدروکسی آپاتیت تولید شده با این روش دارای حالت استوکیومتری و خلوص بیشتر است ولی ترکیبات فازی غیرهمگن و مصرف انرژی زیاد از محدودیت های این روش محسوب می شود [۱۲ و ۱۴].

۳- **روش هیدروترمال:** این فرایند شامل واکنش محلول مایع حاوی کلسیم و فسفر در دما و فشار بالا است و تهیه بلورهای مجزا با شکل هندسی کامل مزیت اصلی این روش است. از طرفی نیاز به تجهیزات پیچیده و پرهزینه استفاده از این روش را با دشواری روبه رو می کند [۱۳ و ۱۴].

۴- **روش مکانوشیمیایی:** اساس این فرایند، ایجاد یک واکنش شیمیایی بین مواد اولیه با استفاده از نیروی مکانیکی است. این روش نسبت به روش شیمی تر ساده تر است و نیاز به کنترل دقیق pH در حین واکنش نیست، ولی در عین حال هنوز روشی متداول برای تهیه هیدروکسی آپاتیت به شمار نمی رود [۱۴ و ۱۵].

۵- **روش مایکروویو:** روش جدیدی است که به وسیله آن می توان نانوذراتی خالص و همگن را به مقدار زیاد و در اثر انتقال انرژی بالا در زمان کوتاه تر به دست آورد و خواص مکانیکی را تا حدودی بهبود بخشید. در این روش حرارت در درون نمونه تولید می شود و به خارج از آن انتقال می یابد و دمای یکنواختی را در سرتاسر نمونه ایجاد می کند [۱۴ و ۱۵].

تهیه HA و TCP و همچنین کلسیم فسفات دوفازی مناسب برای مصارف پزشکی، با توجه به فراوانی مشتقات، بسیار سخت و سنتز آنها به شرایط واکنش وابسته است. از میان روش های توضیح داده شده، با توجه به اصول مایکروویو می توان بر مشکلاتی از جمله ضعف در کنترل کیفیت، وقت گیر بودن و تولید آلودگی های شیمیایی غلبه کرد و ذرات بسیار ریز و خالص را در مدت زمان کوتاه تر به دست آورد [۱۳-۱۵]. در ادامه اصول مایکروویو به صورت خلاصه آمده است.

۲- مبانی مایکروویو

پرتو مایکروویو در منطقه انتقالی میان پرتو فرسرخ و امواج رادیویی از طیف الکترومغناطیس قرار دارد و دارای طول موج ۱۰۰ الی ۱۰۰۰ میلی متر و بسامد ۰/۳ تا ۳۰۰ گیگاهرتز است. گرمایش توسط مایکروویو بر اساس ظرفیت جذب انرژی الکترومغناطیس ماده صورت می گیرد [۱۸ و ۱۹]. امواج مایکرو از میان ماده عبور می کند و سپس مولکول های موجود در ماده شبیه به آهنرباهای کوچک عمل کرده و شروع به همراستا شدن با میدان الکتریکی می کنند. در پی آن گرما در اثر اصطکاک بین ذرات، توسط نوسانات مولکولی در داخل جسم ایجاد می شود [۲۰].

میزان گرمایی که در داخل ماده ایجاد می‌شود به ضریب گذردهی کمپلکس ماده مورد نظر بستگی دارد که طبق رابطه (۱) نشان داده می‌شود.

$$\varepsilon^* = \varepsilon_0 (\varepsilon' - i\varepsilon'') \quad (1)$$

که در آن

ε^* : ضریب گذردهی کمپلکس ماده

ε_0 : ضریب گذردهی خلا

ε' : ثابت دی‌الکتریک، نشان‌دهنده قابلیت پلاریزاسیون ماده

ε'' : فاکتور اتلاف دی‌الکتریک، نشان‌دهنده میزان جذب امواج

است.

پارامتر موثر دیگر در فرایند میکروویو تناژت دلتا است که توانایی ماده برای تبدیل انرژی الکترومغناطیس به گرما در یک فرکانس و دمای ثابت است و مطابق رابطه (۲) نشان داده می‌شود.

$$\tan \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \quad (2)$$

به طور کلی استفاده از روش میکروویو منجر به کاهش زمان سینتر کردن، مصرف انرژی و هزینه‌های مربوط، ایجاد یکنواختی بیشتر در قطعات، تکرارپذیری عالی، انتقال انرژی کافی و توزیع اندازه ذرات باریک در پودر حاصل می‌شود [۱۳].

۳- سنتز سرامیک کلسیم فسفات دوفازی به صورت درجا و به کمک میکروویو

کلسیم فسفات‌های دوفازی بیوسرامیک‌های مشتمل بر هیدروکسی‌آپاتیت و تری‌کلسیم فسفات هستند که میزان جذب‌شوندگی آن در بدن با توجه به درصد فازهای تشکیل‌دهنده تعیین می‌شود. روش‌های زیادی برای سنتز کلسیم فسفات‌های دوفازی وجود دارد. گزارش Manjubala و Sivakumar برای سنتز کلسیم فسفات دوفازی با استفاده از روش شیمی‌تر و به کمک میکروویو به شرحی است که در ادامه آورده شده است: ابتدا ۰/۲۴M از محلول دی‌آمونیم فسفات به صورت قطره‌قطره به ۰/۴M از سوسپانسیون هیدروکسید کلسیم در شرایط قلیایی اضافه شد. میزان نسبت کلسیم به فسفر برای تشکیل هیدروکسی‌آپاتیت برابر با ۱/۶۷ تنظیم شد. مخلوط حاصل سریعاً به یک میکروویو خانگی با توان ۸۰۰W و فرکانس ۲/۴۵GHz منتقل شد و محلول به مدت ۴۰ الی ۴۵ دقیقه تحت تابش میکروویو قرار گرفت. برای جلوگیری از سرریز شدن محلول، توان عملکردی سیستم در حین واکنش کمتر از ۴۰۰W تنظیم شد. تابش میکروویو تا پایان واکنش و تشکیل رسوب جامد سفیدرنگ ادامه یافت سپس محصول به دست آمده در آون خشک شد. سرامیک کلسیم فسفات دوفازی با اضافه کردن مقدار بیشتری محلول دی‌آمونیم فسفات به سوسپانسیون هیدروکسید کلسیم و دستیابی به نسبت کلسیم به فسفر حدود ۱/۵۲ تهیه شد. در جدول ۱ نمونه‌های کلسیم فسفات دوفازی با درصد‌های مختلف هیدروکسی‌آپاتیت و تری‌کلسیم فسفات آمده است [۲۱].

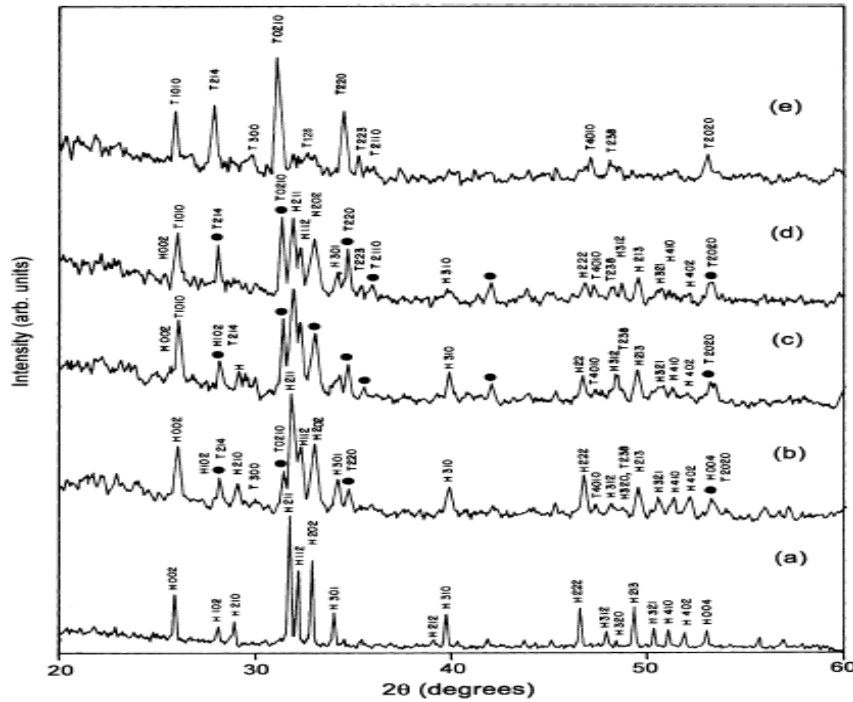
جدول ۱- نمونه‌های پودری کلسیم فسفات دوفازی با غلظت‌های متفاوت محلول فسفر و کسر حجمی

تری‌کلسیم فسفات تشکیل شده [۲۱].

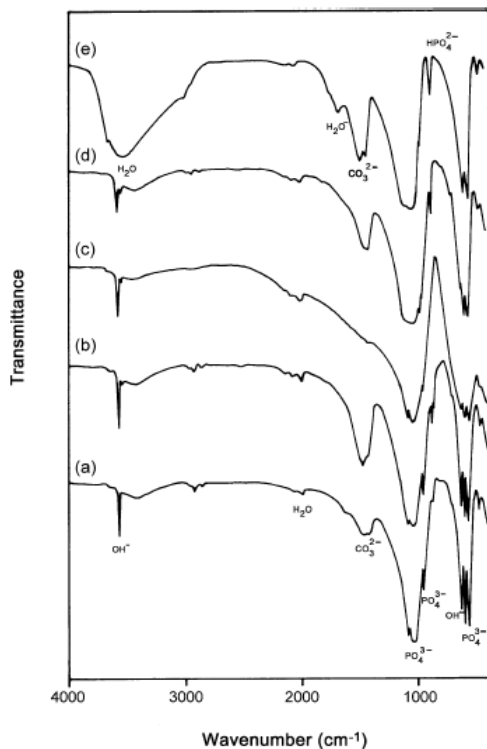
Sample code	Calcium solution (mol ⁻¹)	Phosphate solution (mol ⁻¹)	Ca/P ratio	Percentage of β -TCP
BCP1	0.4	0.240	1.67	-
BCP2	0.4	0.248	1.61	30
BCP3	0.4	0.252	1.58	44
BCP4	0.4	0.256	1.56	55
BCP5	0.4	0.264	1.52	98

۴- نتایج

الگوی XRD نمونه های پودری BCP حرارت داده شده در 900°C در شکل ۱ نشان داده شده است. در الگوی a، پیک مشخصی از هیدروکسی آپاتیت خالص دیده می شود که مطابق با الگوی استاندارد است. برای نمونه های BCP_2 الی BCP_4 پیک های دیگر مربوط به TCP نیز در شکل دیده می شود. برای نمونه BCP_5 نیز پیک مشخصی از TCP به همراه مقدار ناچیزی از HA دیده می شود [۲۱].



شکل ۱- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه های کلسیم فسفات دوفازی، (a): BCP_1 ، HA، (b): BCP_2 ، (c): BCP_3 ، (d): BCP_4 ، (e): BCP_5 حرارت داده شده در 900°C در هوا [۲۱]



در شکل ۲ نیز نمودار FTIR نمونه های BCP و HA خالص نشان داده شده است. پیک مربوط به پیوند هیدروکسیل در 3560cm^{-1} دیده می شود. در نمونه BCP_5 در جایی که مقدار HA ناچیز است، پیک پیوند هیدروکسیل از بین رفته و محدوده پهنی در منطقه 3800cm^{-1} - 3000cm^{-1} به وجود می آید. با تشکیل TCP پیک پیوند هیدروکسیل در 633cm^{-1} کاهش می یابد. این نتایج حاکی از تجزیه HA به TCP و تشکیل BCP است. همچنین پیک مربوط به یون فسفات در تمام نمونه ها دیده می شود [۲۱].

شکل ۲- طیف FTIR نمونه های (a): BCP_1 ، (b): BCP_2 ، (c): BCP_3 ، (d): BCP_4 ، (e): BCP_5 [۲۱]



۵- نتیجه گیری

با توجه به مطالب ذکر شده، سنتز به کمک مایکروویو دارای مزایایی از جمله انتقال انرژی و بازده حرارتی بالا در مدت زمان کمتر برای تولید بلورهای ریز است. HA و TCP به دلیل زیست سازگاری و خواص بیواکتیو در زمینه های پزشکی و دندان پزشکی کاربرد فراوانی دارند. سرامیک های BCP نیز با توجه به میزان HA و TCP جهت کنترل میزان تخریب پذیری، ایده آل ترین جایگزین استخوانی محسوب می شوند. می توان سرامیک های کلسیم فسفات دوفازی را به صورت درجا و به کمک مایکروویوهای خانگی تهیه کرد. تفاوت نسبت Ca/P در حین رسوب دهی منجر به نسبت های متفاوت HA/TCP می شود. مقدار فاز β -TCP نیز با کاهش میزان Ca/P از ۱/۶۷ به ۱/۵۲، افزایش می یابد. همچنین طیف FTIR نیز تشکیل BCP را نشان می دهد.

مراجع

۱. شهبها تمهیدی، "تهیه کلسیم فسفات های دوفازی هیدروکسی آپاتیت (HA) و بتاتری کلسیم فسفات (β -TCP)", پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی-بیومتریال، دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۸۴.
2. Mari'a Vallet-Regi' a, Jose' Mari'a Gonz'alez-Calbet, "Calcium phosphates as substitution of bone tissue", Progress in solid state chemistry 32 (2004) 1-31.
3. W. J. E. M. Habraken, J. G. C. Wolke, J. A. Jansen, "Ceramic composites as matrices and scaffolds for drug delivery in tissue engineering", Advanced Drug Delivery Reviews 59 (2007) 234-248.
۴. مهران صولتی هاشجین، "تاثیر روش سنتز پودر بر ریزساختار و خواص هیدروکسی آپاتیت، رساله دکتری مهندسی مواد، پژوهشگاه مواد و انرژی، ۱۳۷۶.
5. Ashis Banerjee, Amit Bandyopadhyay, Susmita Bose, "Hydroxyapatite nanopowders: Synthesis, densification and Hydroxyapatite nanopowders: Synthesis, densification and", Materials Science and Engineering C (2006).
6. Samar J. Kalita, Abhilasha Bhardwaj, Himesh A. Bhatt, "Nanocrystalline calcium phosphate ceramics in biomedical engineering", Materials Science and Engineering C 27 (2007) 441-449.
7. Yanbao Li, Wenjian Weng, Kim Chiu Tam, "Novel highly biodegradable biphasic tricalcium phosphates composed of α -tricalcium phosphate and β -tricalcium phosphate", Acta Biomaterialia 3 (2007) 251-254.
8. T. V. Thamaraiselvi and S. Rajeswari, "Biological Evaluation of Bioceramic Materials - A Review", Trends Biomater. Artif. Organs, Vol 18 (1), (2004), pp 9-17.
9. Xinlong Wang, Hongsong Fan, Yumei Xiao, Xingdong Zhang, "Fabrication and characterization of porous hydroxyapatite/ β -tricalcium phosphate ceramics by microwave sintering", Materials Letters 60 (2006) 455-458.
10. S. Raynaud, E. Champion, D. Bernache-Assollant, P. Thomas, "Calcium phosphate apatites with variable Ca/P atomic ratio I. Synthesis, characterisation and thermal stability of powders", Biomaterials 23 (2002) 1065-1072.
11. Borhane H. Fellah, Olivier Gauthier, Pierre Weiss, Daniel Chappard, Pierre Layrolle, "Osteogenicity of biphasic calcium phosphate ceramics and bone autograft in a goat model", Biomaterials 29 (2008) 1177e1188.
12. Onder Albayrak, Cinar Oncel, Mustafa Tefek and Sabri Altintas, "Effects of calcination on electrophoretic deposition of naturally derived and chemically synthesized hydroxyapatite", Rev. Adv. Mater. Sci. 15(2007) 10-15.
13. Jae-Kil Han, Ho-Yeon Song, Fumio Saito, Byong-Taek Lee, "Synthesis of high purity nano-sized hydroxyapatite powder by microwave-hydrothermal method, Materials Chemistry and Physics 99 (2006) 235-239.
14. Min-Ho Youn, Rajat Kanti Paul, Ho-Yeon Song, Byong-Taek Lee, "Fabrication of Porous Structure of BCP Sintered Bodies Using Microwave Assisted Synthesized HAp Nano Powder", Materials Science Forum Vols. 534-536 (2007) pp. 49-52.
15. A. Esin, N. Mahmutyazicioğlu, S. Altıntaş, "Drying and Sintering of Ceramic Based Parts Using Microwave Heating", Key Engineering Materials Vols. 264-268 (2004) pp. 731-734.
۱۶. رضا اتقیا، "فرآوری مواد سرامیکی با ماکروویو"، رشته مهندسی مواد (سرامیک)، دانشگاه آزاد اسلامی،

واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۸۴.

17. S. Ramesh, C. Y. Tan, S. B. Bhaduri, W. D. Teng, "Rapid densification of nanocrystalline hydroxyapatite for biomedical applications", *Ceramics International* 33(2007) 1363-1367.
۱۸. مهران صولتی هاشجین، "پخت سرامیک‌ها با استفاده از میکروویو"، مجموعه مقالات اولین سمینار هسته خودکفایی تحقیقاتی صنایع چینی و سرامیک، دفتر تحقیقات صنعتی، معاونت تحقیقات و آموزش وزارت صنایع، تهران، ۱۳۶۹، صص. ۱۵۶-۱۴۳.
19. Dinesh K Agrawal, "Microwave processing of ceramics", Materials Research Laboratory, The Pennsylvania State University, University Park, USA; 1998.
۲۰. مهدیار والفی، "سنتز احتراقی پودر نانوکریستال YSZ-8 با استفاده از میکروویو"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی سرامیک، پژوهشگاه مواد و انرژی، ۱۳۸۵.
21. I. Manjubala, M. Sivakumar, "In-situ synthesis of biphasic calcium phosphate Ceramics using microwave irradiation", *Materials Chemistry and Physics* 71 (2001) 272-278.

ساخت شیشه بیواکتیو 45S5 متخلخل به روش تولید گاز در دمای بالا

ابوالفضل محمدی اشناری، امیر مقصودی پور، سعید حصارکی، زهره همبرد

پژوهشگاه مواد و انرژی

Abolfazi7722@yahoo.com

چکیده: شیشه بیواکتیو 45S5 ماده‌ای با پایه شیشه سیلیکاتی می‌باشد که در ترمیم آسیب‌های ایجاد شده در بافت سخت از جمله استخوان‌های بلند و استخوان گوش میانی به کار می‌رود. تاکنون روش‌های مختلفی برای ایجاد تخلخل‌های درشت در این نوع شیشه به کار گرفته شده است چرا که وجود این تخلخل‌ها برای حضور سلول‌های استخوانی، عروق، بیگانه خواران و سایر عواملی که در فرآیند بهبود دخیل هستند مناسب بوده و ضمن افزایش سرعت بازسازی بافت، سرعت تخریب ماده را نیز افزایش می‌دهند. در این تحقیق طی یک روش ساده و موثر تخلخل‌های درشت (macro porous) در ساختار شیشه از طریق ایجاد گاز در ترکیب شیشه در دمای بالا به دست آمد. پس از تهیه شیشه از روش ذوب، ماده حاصل به صورت پودر آسیاب شده با مقادیر مختلف کربنات کلسیم مخلوط گردید و به صورت قرص در فشار کم پرس گردید. نمونه‌ها در دمای 1150 درجه سانتیگراد قرار داده شدند که در آن دما در اثر تجزیه کربنات کلسیم و تولید گاز CO₂ و به دلیل نرم بودن شیشه ساختار متخلخل ایجاد می‌گردد. مورفولوژی تخلخل‌ها کروی شکل بوده و مقدار و سایز آن‌ها بستگی به مقدار کربنات کلسیم مورد استفاده دارد. در این روش با استفاده از 1/8 درصد وزنی کربنات کلسیم حدود 60 درصد تخلخل در شیشه ایجاد شد که تخلخل‌هایی با ابعاد حدود 60 میکرومتر نیز در آنها وجود داشت. عملیات حرارتی برای ایجاد تخلخل باعث تبلور شیشه گردید ولی در زیست فعالی آن تأثیری نداشت.

کلمات کلیدی: شیشه 45S5، شیشه متخلخل، بافت استخوانی، تخلخل.

۱- مقدمه

بازسازی آسیب‌های ایجاد شده در بافت سخت خصوصاً استخوان از جمله چالش‌های مهم در ارتوپدی است، چرا که این اندام از اهمیت ویژه‌ای در سلامت و کارایی افراد برخوردار است. یکی از روش‌های بازسازی بافت سخت آسیب دیده استفاده از داربست‌های مهندسی بافت به عنوان پرکننده استخوان است که در این روش داربست مورد استفاده به مرور زمان جذب شده و جای خویش را به بافت ترمیمی جدید می‌دهد [۱-۳]. داربست‌های مورد استفاده برای بازسازی بافت استخوانی از طریق مهندسی بافت باید دارای خصوصیات منحصر به فردی باشند که از جمله آنها می‌توان به قابلیت رشد سلول‌های استخوانی در داخل آنها، زیست سازگاری، امکان تخریب زیستی با گذشت زمان، خواص مکانیکی مناسب و ساختار متخلخل که امکان حضور سلول‌ها را در تمام نقاط داربست فراهم نمایند [۴]. اندازه، شکل و مورفولوژی تخلخل‌های داربست برای حصول چنین ویژگی‌هایی از اهمیت بالایی برخوردار است به طوری که اندازه تخلخل مناسب برای رشد سلول‌ها و تکثیر آن‌ها در داخل بالک داربست در محدوده ۵۰-۱۰۰۰ میکرومتر است [۵]. شیشه‌های زیست فعال از جمله ترکیبی به نام 45S5 که برای اولین بار توسط Hench و همکارانش معرفی گردید از جمله موادی هستند که برای بازسازی بافت سخت به کار برده می‌شوند. این شیشه ضمن این که از زیست فعالی مناسب جهت ایجاد پیوند شیمیایی با استخوان برخوردار است، قابلیت تشویق استخوان سازی داشته و زیست تخریب‌پذیر نیز می‌باشد و بنابراین به مرور زمان توسط استخوان جایگزین می‌شود [۶-۱۷].

اما برای رسیدن به ساختار متخلخل آن هم با تخلخل‌های درشت (اندازه بیشتر از ۵۰ میکرومتر) در این نوع شیشه زیست فعال تحقیقات مختلفی صورت پذیرفته است. چن و همکارانش در سال ۲۰۰۶ شیشه بیواکتیو متخلخلی از ترکیب 45S5 را از طریق پوشش دوغابی از شیشه بر روی اسفنج پلیمری متخلخل و عملیات حرارتی آن در دمای ۱۰۰۰°C تهیه و خواص آن را مورد بررسی قرار دادند [۱۸]. تبلور انجام شده در شیشه و ایجاد کریستال‌های $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Si}_3\text{O}_9$ و تبدیل این فاز به فاز کلسیم فسفات‌ی بعد از غوطه‌وری نمونه‌های شیشه متخلخل در محلول شبیه سازی شده به مایعات بدن (SBF) از جمله یافته‌های مهم تحقیق این افراد بود. اگرچه در این روش می‌توان به یک توزیع تخلخل نسبتاً باریک دست یافت که تخلخل‌ها نیز دارای کانال‌های مرتبط به هم (راه به در) هستند اما پیچیدگی روش تولید از جمله ایجاد دوغاب پایدار از شیشه و کنترل عملیات حرارتی جهت جلوگیری از ترک و شکست قطعات در کوره از محدودیت‌های روش ذکر شده می‌باشد.

همچنین جهت ایجاد خواص مکانیکی اولیه مناسب جهت کاربرد و به عبارتی رسیدن به دانسیته حداکثر، لازم است تا فوم استفاده شده به عنوان الگو به طور کامل تبخیر شود که این عمل باعث کاهش استحکام به دلیل ایجاد اتصالات ضعیف در داربست و حتی تخریب نمونه به هنگام کاربرد می‌باشد. افزایش بیش از حد دما برای افزایش استحکام نیز منجر به کریستالیزاسیون شیشه و بر هم خوردن ترکیب شیشه و امکان کاهش زیست‌فعالی آن می‌گردد.

در روش دیگر برای ایجاد تخلخل بوکاجینی و همکارانش در سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴، پلیمر را در دی متیل کربنات حل نموده و پس از هم زدن به مدت یک شب محلولی یکنواخت از پلیمر را تهیه نمودند [۸، ۱۹]. مقداری از پودر شیشه را در داخل محلول حل نموده و پس از انتقال محلول به یک فلاسک آن را در داخل نیتروژن مایع به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۹۶°C- نگهداری نمودند. سپس با اتصال فلاسک به پمپ خلا، آن را در حمامی با دمای ۱۰°C- قرار دادند. با تکرار این عمل در دماهای ۰°C و دمای محیط محلول حاوی پلیمر را خارج و ساختاری کاملاً متخلخل به دست آوردند. در نهایت داربست حاصل سینتر می‌گردد. داربست حاصل بیش از ۹۷ درصد تخلخل با ابعادی در حدود ۱۰۰ میکرومتر خواهد داشت. این روش از نظر تکنیک ایجاد تخلخل با روش فوم متفاوت می‌باشد اما دارای خواص مشابهی می‌باشند.

لو و همکارانش در سال ۲۰۰۲ دانه‌های کروی شکل پودر شیشه بیواکتیو را به همراه پلیمری با روش تبخیر حلال/محلول سنتز نموده و پس از استحصال دانه‌های کروی شکل آنها را سینتر نمودند [۱۹]. آنها با این روش به تخلخلی با میانگین ۴۰ درصد و اندازه تخلخل‌هایی در حدود ۹۰ میکرومتر دست یافتند. هدف از انجام این تحقیق تهیه شیشه بیواکتیو 45S5 متخلخل با روشی متفاوت با روش‌های ذکر شده فوق و مبتنی بر ایجاد و خروج گاز CO_2 در دمای بالای نقطه نرم شونده این شیشه است. برای ایجاد گاز CO_2 از افزودنی کربنات کلسیم به ترکیب شیشه استفاده شده، ضمن این که اثر مقدار این افزودنی بر ساختار شیشه و همچنین زیست‌فعالی آن پس از ایجاد تخلخل مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- روش آزمایش

۲-۱- تهیه شیشه و ارزیابی خواص آن

ترکیب شیمیایی شیشه بیواکتیو 45S5 در جدول ۱ ارائه گردیده است. پس از کلسینه نمودن کربنات کلسیم (Art 2069) و کربنات سدیم (Art6398) به مدت ۴ ساعت در دمای ۷۰۰°C، اکسیدهای حاصل با مقادیر معین از سیلیس (Art 657) و پنتاکسید فسفر (Art 540) مخلوط و در بوتله پلاتینی ریخته و درون کوره Amalgams نوع CH45 با دمای ۱۳۵۰°C قرار داده شد. پس از ذوب مواد اولیه، مذاب حاصله به طور مستقیم داخل آب سرد ریخته شده و پس از خشک نمودن توسط آسیاب سیاره‌ای، به پودر شیشه تبدیل گردید.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی شیشه بیواکتیو 45S5 [۱۸]

ترکیب شیمیایی	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
درصد وزنی	45	24/5	24/5	6

با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات (Laser Particle Size Analyzer, PSA) ساخت شرکت Fritsh آلمان، توزیع اندازه ذرات پودر مورد ارزیابی قرار گرفت.

جهت بررسی تغییرات طول نمونه بر حسب درجه حرارت، نمونه‌ای از شیشه مورد آزمایش قرار گرفت. پس از تهیه شیشه بیواکتیو، نمونه‌ای از آن در ابعاد 5*5*50mm برش داده شد. نمونه برش داده شده با دستگاه دیلاتومتر Misuri مدل 3.32 ODLT و با نرخ حرارت دادن ۱۰ °C/min مورد آزمایش قرار گرفت.

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها و ایجاد تخلخل در آن‌ها

از کربنات کلسیم (Merck, 2069)، به مقدار ۰/۵ الی ۲ درصد (طبق جدول ۲)، به عنوان عامل حباب‌زا در دمای بالا استفاده شد. در ابتدا کربنات کلسیم با پودر شیشه مخلوط و داخل آسیاب هم‌وزن گردید و سپس عمل گرانول‌سازی از طریق مخلوط نمودن آن با چسب CMC و عبور دادن از الک ۱۸ مش صورت پذیرفت. گرانول‌های حاصل داخل قالب فولادی قرار گرفته و با استفاده از پرس هیدرولیک دستی تحت فشار ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع به صورت قرص با قطر ۴۰ میلی‌متر شکل دهی گردیدند. آنگاه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط خشک گردیدند.

جدول ۲- مقادیر استفاده شده از عوامل حباب‌زا

کربنات کلسیم	۰/۸	۱	۱/۲	۱/۵	۵
					۱/۸

برای ایجاد تخلخل، نمونه‌ها در داخل کوره‌ای با دمای ۱۱۵۰°C به مدت ۱۰ دقیقه نگهداری شده و به دنبال آن به طور مستقیم به کوره‌ای با دمای ۵۰۰°C انتقال یافته و به مدت یک ساعت نیز در این کوره حرارت‌دهی گردیدند. این کار به منظور تنش‌زدایی از نمونه‌ها می‌باشد.

۲-۳- ارزیابی خواص شیشه‌های متخلخل

۲-۳-۱- آنالیز فاز و ریز ساختار

برای تعیین نوع فازهای احتمالی تشکیل شده بعد از ایجاد تخلخل در شیشه از روش پراش اشعه XRD (Philips PW 3710) استفاده شد. مورفولوژی و ریز ساختار قطعات متخلخل توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (Stereoscan S360 cambridge) مورد ارزیابی قرار گرفته با استفاده از EDXA آنالیز گردید. قبل از آنالیز و تصویربرداری، نمونه‌ها چندین بار توسط طلا پوشش داده شدند.

۲-۳-۲- دانسیته و تخلخل

میزان تخلخل و دانسیته نمونه‌ها توسط روش ارشمیدس، طبق استاندارد BS 1902:Part A: 1966 مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در داخل بشری حاوی آب، به مدت ۵ ساعت جوشانده شدند. پس از جوشانده شدن نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آب نگه داشته شده و سپس با استفاده از تجهیزات مربوط به آزمایش، وزن غوطه‌وری و وزن تر نمونه‌ها اندازه گرفته شدند. در خاتمه پس از قرار دادن نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۷۰°C به مدت ۵ ساعت، وزن خشک نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری شدند.

۲-۳-۳- بررسی زیست‌فعالی (بیواکتیویته)

بررسی زیست‌فعالی (bioactivity) نمونه‌های متخلخل از طریق غوطه‌ور نمودن آن‌ها در محلول شبیه‌سازی شده به مایعات بدن (SBF) صورت گرفت. این محلول با استفاده از مواد اولیه با خلوص بالاتر از ۹۹ درصد

تهیه شد. این مواد شامل NaCl ، NaHCO_3 ، CaCl_2 ، KH_2PO_4 ، MgSO_4 و تریس هیدروکسی متیل آمینومتان بود که همگی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. محلول SBF از طریق حل کردن مواد اشاره شده در آب مقطر تهیه و محلول مورد نظر توسط تریس بافر و pH آن توسط هیدروکلریک اسید در عدد ۷/۴ ثابت شد. در جدول ۳ غلظت شیمیایی یون‌های موجود در SBF آورده شده و با ترکیب همین یون‌ها در پلاسمای خون مقایسه گردیده است.

جدول ۳- غلظت شیمیایی یون‌های موجود در SBF در مقایسه با پلاسمای خون

	Na	K	Ma	Ca	Cl	HCO ₃	HPO ₄	SO ₄
SBF	۱۴۲	۵	۱/۵	۲/۵	۱۴۷/۸	۴/۲	۱	۰/۵
Plasma	۱۴۲	۵	۱/۵	۲/۵	۱۰۳	۲۷	۱	۰/۵

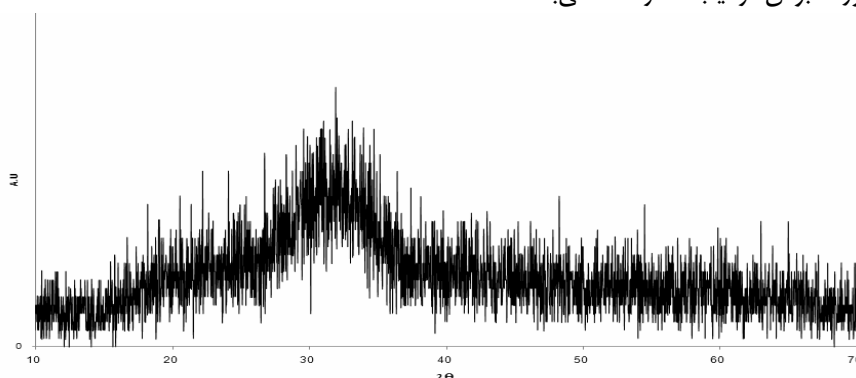
شیشه متخلخل با نسبت یک گرم در ۱۰۰۰ میلی لیتر SBF غوطه‌ور و در اینکوباتوری با دمای ثابت 37°C قرار داده شد. نمونه‌ها به مدت ۲۰ روز در محلول SBF، نگهداری شده و پس از آن از محلول خارج شده به آرامی ابتدا توسط اتانول و سپس توسط آب دی‌یونیزه شده شستشو داده شده و در در دمای محیط خشک شدند.

ریز ساختار نمونه‌ها قبل و بعد از غوطه‌وری در SBF توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به آنالیز EDXA تصویر برداری شد. در این تکنیک عناصر موجود در سطح نمونه‌ها که در تصویر SEM دیده می‌شوند قابل شناسایی هستند.

۳- یافته‌ها و بحث

اندازه دانه‌های پودر شیشه نقشی کنترل کننده بر اندازه و توزیع تخلخل‌ها ایفا می‌نمایند زیرا با کاهش اندازه ذرات، به دلیل افزایش سطح به هنگام عملیات حرارتی جهت ایجاد تخلخل، ذرات با انرژی بیشتری می‌توانند در واکنش شرکت می‌نمایند. همچنین با کاهش اندازه ذرات پودر شیشه اندازه تخلخل‌ها نیز کاهش می‌یابند [۱۸].

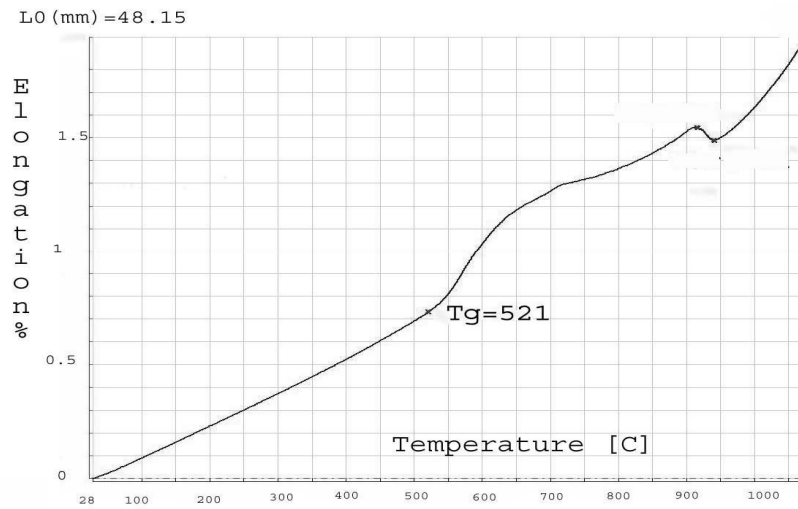
الگوی پراش اشعه X پودر شیشه سنتز شده در شکل ۱ نشان داده شده است. عدم وجود پیک در این الگو بیانگر آمورف بودن ترکیب سنتز شده می‌باشد.



شکل ۱- نمودار پراش اشعه X پودر شیشه

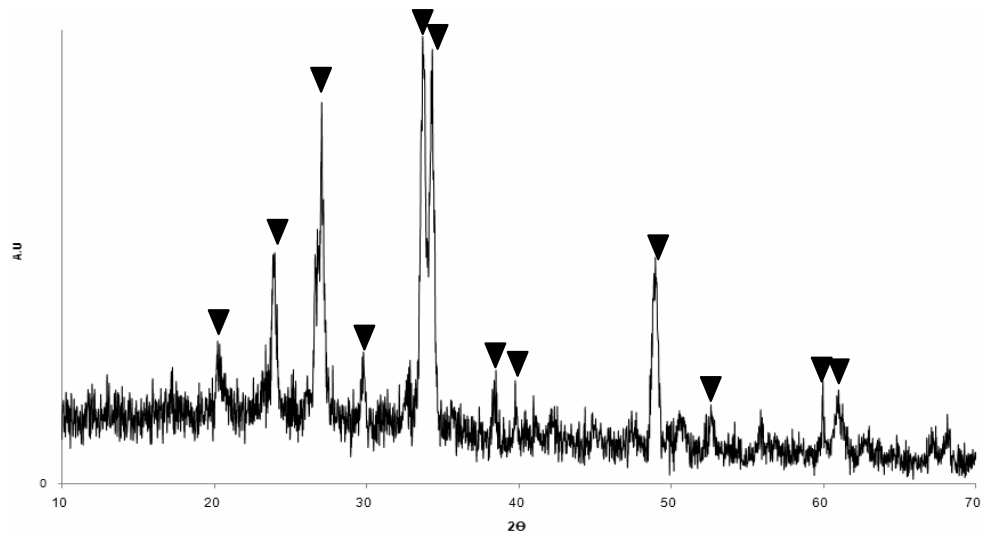
شکل ۲ نمودار دیلاتومتری شیشه 45S5 را نشان می‌دهد. این شیشه در دمای 521°C انتقال شیشه‌ای (Tg) را انجام می‌دهد. برای تعیین دمای انجام عملیات حرارتی تعدادی نمونه تهیه و در دماهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند. از دمای 600°C شروع و در هر مرحله دما به اندازه 100°C افزایش داده شد. این عمل تا دمای 1100°C انجام و برای اطمینان بیشتر، هر نمونه در حدود یک ساعت در دمای تعیین شده نگه داشته

شد. سپس با توجه به نزدیک شدن به دمای ذوب نمونه در مراحل بعدی دمای عملیات حرارتی به اندازه 50°C افزایش داده شد. در دمای 1150°C سطح نمونه ذوب و با توجه به فاصله کم تا دمای ذوب شیشه در زمانی در حدود ۱۰ دقیقه ماده حبابزا عمل و نمونه پف نموده و متخلخل گردید.



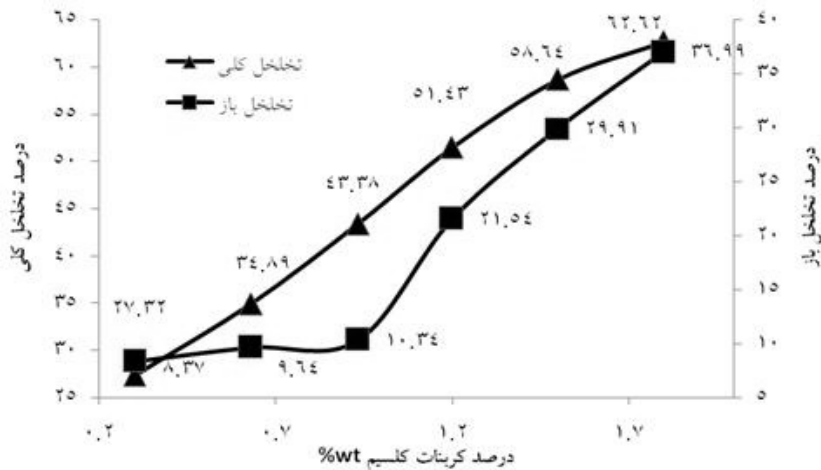
شکل ۲- نمودار دیلاتومتری شیشه بیواکتیو 45S5 ریخته‌گری و ذوب شده

شکل ۳ الگوی تفرق اشعه X نمونه شیشه متخلخل شده در دمای 1150°C را نشان می‌دهد. تبلور فازهای کریستالین با نمایان شدن پیک‌های شدید در نمونه حرارت‌دهی شده کاملاً مشهود است. پیک‌های به دست آمده با پیک‌های مربوط به فاز $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Si}_3\text{O}_9$ (JCPDS# 22.1455) تطابق کامل دارند.



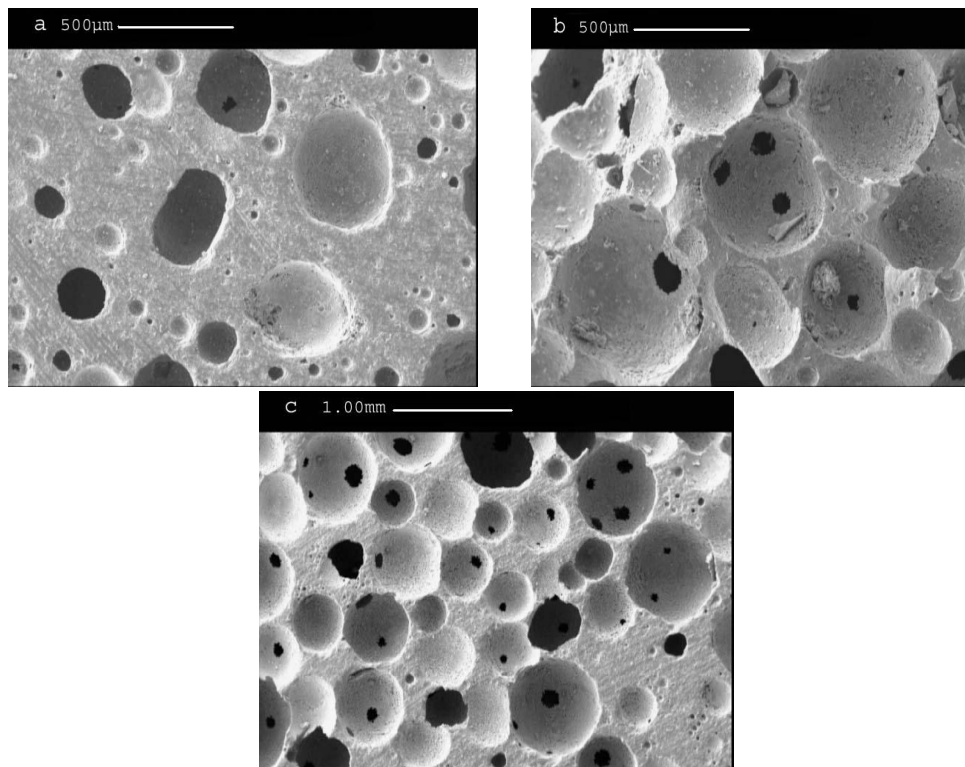
شکل ۳- نمودار اشعه X نمونه متخلخل پس از عملیات حرارتی ▼ (فاز $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Si}_3\text{O}_9$ با شماره استاندارد JCPDS# 22.1455 می‌باشد)

در شکل ۴ تاثیر مقدار کربنات کلسیم بر تخلخل و تخلخل باز ارائه گردیده است. افزایش مقدار کربنات باعث افزایش میزان تخلخل می‌گردد زیرا متناسب با مقدار فاز گازی ایجاد می‌شود در نمونه‌ها تخلخل به وجود می‌آید. در نمودار تخلخل کلی در نقطه $1/5$ درصد وزنی از کربنات کلسیم تغییر شیبی به وجود آمده است. با افزایش بیشتر عامل حباب‌زا در این مقدار، درصد تخلخل کلی نسبت به درصد‌های پایین‌تر افزایش کمتری یافته و بر مقدار تخلخل‌های باز افزوده خواهد شد. در نمودار تخلخل باز تا مقدار $0/9$ درصد وزنی تخلخل باز افزایشی ناچیز و بسیار کم دارد. در این درصد وزنی نمودار دچار تغییر شیب گردیده و پس از آن تخلخل باز با شدت بیشتری افزایش می‌یابد.



شکل ۴- تاثیر افزایش میزان کربنات کلسیم بر تخلخل (۱۲۰۰°C، ۵ min)

در شکل ۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه شیشه متخلخل شده با درصد مختلف کربنات کلسیم نشان داده شده است. شکل تخلخل‌های به وجود آمده کروی و توزیع آنها نسبتاً یکنواخت می‌باشد. اندازه حفرات و تخلخل‌های حاصل در محدوده ۱۰ الی ۶۰ میکرومتر می‌باشد. درصد تخلخل‌های باز در حالتی که کربنات کلسیم کمتری به کار رفته است (a) اندک و ناچیز می‌باشد. فاصله بین حفرات نیز زیاد می‌باشد. مقدار تخلخل‌ها با افزایش مقدار کربنات کلسیم افزایش یافته که علت آن می‌تواند تولید حباب‌های گاز بیشتر در این ترکیب باشد.

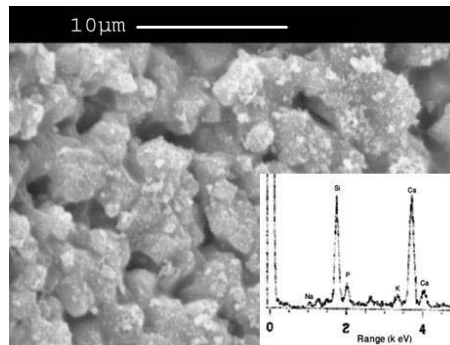


شکل ۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی شیشه‌های متخلخل شده توسط کربنات کلسیم

(a) ۱/۲ %wt (b) ۱/۵ %wt (c) ۱/۸ %wt

شکل ۶ ریز ساختار شیشه متخلخل قبل از غوطه‌وری در SBF را نشان می‌دهد. این ریز ساختار شامل ذرات نسبتاً متحدالشکل از شیشه متبلور می‌باشد که به نظر می‌رسد دچار فرایند تف جوشی (زینترینگ) گردیده‌اند. حضور میکرو تخلخل‌ها نیز در ریزساختار مشهود است الگوی آنالیز EDXA این تصویر نیز وجود یون‌های Si

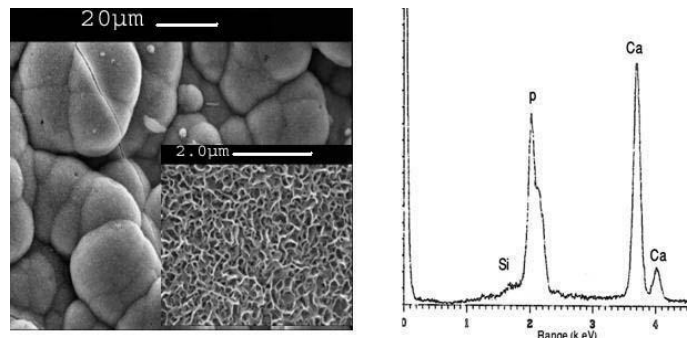
و Ca با غلظت بالا همراه با یون‌های سدیم و فسفر را نشان می‌دهد. همانطور که در این تصویر ملاحظه می‌شود شیشه به صورت دانه‌های گوشه‌دار می‌باشند. این دانه‌ها در کنار یکدیگر سینتر شده و با حبس گاز در درون خود کشیده شده و باعث ایجاد تخلخل در نمونه گردیده‌اند.



شکل ۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح نمونه شیشه متخلخل قبل از غوطه‌ور شدن در مایع شبیه سازی شده محیطی بدن (بزرگنمایی ۴۰۰۰) همراه با الگوی آنالیز EDXA مربوطه.

شکل ۷ ریز ساختار شیشه متخلخل پس از ۲۰ روز نگهداری در محلول SBF را نشان می‌دهد. این ریزساختار با آنچه در مورد نمونه قبل از غوطه‌وری مشاهده شد، کاملاً متفاوت است. مورفولوژی فاز هیدروکسی آپاتیت تشکیلی بر روی سطح نمونه‌ها به صورت تیغه‌های پولکی شکل می‌باشد که به شدت در هم فرورفته‌اند. این مورفولوژی بیانگر شباهت فاز تشکیل شده بر روی سطح با فاز مینرالی استخوان است. به دلیل حضور فازهای بلورین ردیابی نوع فاز رسوب کرده بر روی سطح با تکنیک‌های XRD مرسوم امکان پذیر نیست ضمن اینکه بلورینگی این نوع فاز بسیار کم بوده و این نکته خود به عدم ردیابی فاز با XRD کمک می‌کند اما آنالیز EDXA که نوعی آنالیز سطحی است نوع عناصر موجود در سطح نمونه را همراه با نسبت آن‌ها به یکدیگر نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۷ (سمت راست) دیده می‌شود، عناصر تشکیل دهنده فاز تیغه‌ای شکل عمدتاً کلسیم و فسفر می‌باشند که نسبت Ca/P در آن حدود ۱/۵ است و غلظت Si در این الگو به شدت نسبت به شکل قبل کاهش یافته‌است. این نسبت نمایانگر تشکیل فاز آپاتیت غیر استوکیومتری (شبه به آپاتیت استخوان‌ها) در سطح است. وجود چنین کریستال‌هایی در سطح نمونه نشان‌دهنده زیست‌فعالی شیشه متخلخل و عدم تاثیرپذیری این ویژگی با ایجاد تخلخل و تبلور در شیشه است.

با توجه به این که نمونه بیواکتیو است و مکانیسم تشکیل لایه آپاتیته روی سطح از طریق انحلال- رسوب صورت می‌پذیرد، ابتدا ذرات شیشه یا شیشه سرامیک باید دچار انحلال شده و سپس محلول SBF نسبت به آپاتیت در حالت فوق اشباع قرار گیرد و در ادامه بر روی سطح رسوب نماید. با توجه به این که حلالیت در نقاط گوشه‌دار بیشتر از سایر نقاط می‌باشد، لذا مورفولوژی ذرات پس از قرار گیری در محلول به صورت کروی (Bed-like) تبدیل می‌گردد.



شکل ۷- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح نمونه‌های غوطه‌ور شده در مایع شبیه سازی شده محیطی بدن پس از ۲۰ روز همراه با الگوی آنالیز EDXA مربوطه.

۴- نتیجه گیری

نمونه‌های شیشه بیواکتیو 45S5 را می‌توان با استفاده از ترکیبات تولید کننده گاز مانند کربنات کلسیم در دمای بالای نقطه نرم‌شوندگی‌شان متخلخل نمود. مقدار و مورفولوژی تخلخل‌ها به مقدار عامل به وجودآورنده گاز وابسته است. اثر عملیات حرارتی برای تولید گاز و ایجاد تخلخل در شیشه باعث تبلور شیشه می‌شود اما تأثیری بر زیست‌فعالی آن ندارد.

مراجع

1. Temenoff J. S., Lu L., Mikos A. G., "Bone tissue engineering using synthetic biodegradable polymer scaffolds". In: Davies JE, editor. Bone engineering. 2nd ed. Toronto: EM Squared; 2000. p. 455–62.
2. Bruder S. P., Caplan A. I., "Bone regeneration through cellular engineering". In: Lanza R.P., Langer R., Vacanti J., editors. Principles of tissue engineering. 2nd ed. California: Academic Press; 2000. p. 683–96.
3. Jones J. R., Boccaccini A. R., "Cellular ceramics in biomedical applications: tissue engineering". In: Scheffler M., Colombo P., editors. "Cellular ceramics: structure, manufacturing, processing and applications". 2nd ed. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2005. p. 550–73.
4. Freyman T. M., Yannas I. V., Gibson L. J., "Cellular materials as porous scaffolds for tissue engineering". Prog Mater Sci 2001; 46:272–82.
5. Hutmacher D. W., "Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage". Biomaterials 2000; 21:2529–43.
6. Wilson J., Pigot G. H., Schoen F. J., Hench L. L., "Toxicology and biocompatibility of bioglass". J Biomed Mater Res 1981; 15:805–11.
7. Oonishi H., Kutrshitani S., Yasukawa E., Iwaki H., Hench L. L., Wilson J., Tsuji E., et al. "Particulate bioglass compared with hydroxyapatite as a bone graft substitute". Clin Orthop Relat Res 1997; 334:316–25.
8. Hench L. L., Splinter R. J., Allen W. C., "Bonding mechanisms at the interface of ceramic prosthetic materials". J Biomed Mater Res Symp 1971; 2(part 1):117–41.
9. Hench L. L., Paschall H. A., "Direct chemical bond of bioactive glass–ceramic materials to bone and muscle". J Biomed Mater Res Symp 1973; 4:25–42.
10. Hench L. L., Paschall H. A., "Histochemical response at a biomaterial's interface". J Biomed Mater Res Symp 1974; 5(part 1):49–64.
11. Gatti A. M., Valdre G., Andersson O. H., "Analysis of the in vivo reactions of a bioactive glass in soft and hard tissue". Biomaterials 1994; 15:208–12.
12. Clark A. E., Hench L. L., "Calcium phosphate formation on sol–gel derived bioactive glasses". J Biomed Mater Res 1994; 28:693–8.
13. Hench L. L., "Sol–gel materials for bioceramic applications". Curr Opin Solid State Mater Sci 1997; 2:604–10.
14. Hench L. L., Wilson J., "Surface-active biomaterials". Science 1984; 226:630–6.
15. Laurencin C. T., Lu H. H., Khan Y., "Processing of polymer scaffolds: polymer–ceramic composite foams". In: Atala A., Lanza R. P., editors. Methods of tissue engineering. 3th ed. California: Academic Press; 2002. p. 705–14.
16. Jones J. R., Hench L. L., "Regeneration of trabecular bone using porous ceramics". Curr Opin Solid State Mater Sci. 2003; 7:301–7.
17. Boccaccini A. R., "Bioresorbable and bioactive composite materials based on polylactide foams filled with and coated by Bioglass particles for tissue engineering applications". J Mater Sci: Mater Med 2003; 14:350–443.
18. Qizhi Z. Chen, Thompson I. D., Boccaccini A. R., "45S5 Bioglass-derived glass–ceramic scaffolds for bone tissue engineering". Biomaterials 27 (2006) 2414–2425.
19. Rezwani K., Chen Q. Z., Blaker J. J., "Boccaccini AR. Review Biodegradable and bioactive porous polymer/inorganic composite scaffolds for bone tissue engineering". Biomaterials 27 (2006) 3413–3431.



مصاحبه

سرکار خانم مهندس زهرا صالحپور از زمانی که برای این مصاحبه اختصاص دادید متشکریم.

مهندس زهرا صالحپور



لطفاً مختصری از بیوگرافی خود را جهت آشنایی خوانندگان با جنابعالی بفرمایید.

من در تاریخ ۱۳۳۹/۱۰/۱ (شب یلدا) در شهر رشت مرکز استان گیلان متولد شدم. در خرداد ۱۳۵۷ دیپلم ریاضی- فیزیک گرفته و در همان سال در کنکور سراسری در رشته مهندسی متالورژی و ذوب فلزات در دانشکده علم و صنعت ایران پذیرفته شدم. ورود ما به دانشگاه مقارن شد با تبدیل دانشکده علم و صنعت به دانشگاه علم و صنعت ایران. سه هفته پس از شروع سال تحصیلی، دانشگاه‌های کشور بدلیل اوج تظاهرات انقلابی مردم تعطیل گردیدند و نهایتاً پس از پیروزی انقلاب و یک وقفه ۶ ماهه در اردیبهشت ۵۸ دانشگاه‌ها بازگشایی گردیدند. ولی این بازگشایی بیش از یکسال دوام نیاورد و در اردیبهشت ۵۹ مجدداً دانشگاه‌ها بخاطر انقلاب فرهنگی به مدت ۳ سال تعطیل گردیدند.

از مهرماه ۶۲ دوباره وارد دانشگاه شده و در خرداد ۶۵ در رشته مهندسی مواد گرایش سرامیک فارغ التحصیل گردیدم. سپس برای ادامه تحصیل همسرم و نیز استفاده از بورس تحصیلی خودم عازم کشور انگلستان شهر منچستر گردیدم. ولی متأسفانه بدلایلی نتوانستم تحصیلم را به اتمام برسانم و پس از بازگشت به ایران در سال ۷۱ ابتدا بعنوان مسئول آزمایشگاه اشعه ایکس و سپس آزمایشگاه‌های میکروسکوپ الکترونی و آنالیز حرارتی دانشکده مهندسی مواد مشغول به کار شدم. در سال ۸۳ در کنکور کارشناسی ارشد، رشته مهندسی مواد گرایش سرامیک دانشگاه علم و صنعت ایران پذیرفته شده و در خرداد ۸۶ فارغ التحصیل گردیدم. هم اکنون نیز بعنوان کارشناس ارشد آموزش گروه سرامیک و مسئول آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی و آنالیز حرارتی دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه علم و صنعت ایران مشغول به کار می‌باشم.

در مورد تاریخچه گروه سرامیک دانشگاه علم و صنعت توضیحاتی بفرمایید.

پس از بازگشایی دانشگاه‌ها بعد از وقفه انقلاب فرهنگی در سال ۶۱ برای ثبت نام و گرفتن یک ترم مرخصی تحصیلی بدلیل باردار بودنم، به دانشگاه مراجعه نموده و با آقای دکتر مارقوسیان ملاقات نمودم که رشته سرامیک را در دانشگاه علم و صنعت تأسیس نموده و خودشان مدیریت گروه سرامیک را بعهده داشتند و به همه دانشجویان خصوصاً دانشجویان دختر توصیه می‌کردند که رشته سرامیک را انتخاب نمایند که من نیز این افتخار را داشتم که به توصیه ایشان عمل نموده و بیش از ۲۰ واحد درسی را نیز با آقای دکتر مارقوسیان گذراندم که از بهترین خاطرات زمان تحصیلم می‌باشد. در آن سال‌ها تنها استاد گروه سرامیک ایشان بودند و بقیه اساتید مانند آقای دکتر مضطرزاده، دکتر گلستانی‌فرد، دکتر حسین بابایی، مرحوم دکتر جزایری (که در آن سال مهندس بودند)، مرحوم دکتر گلستانه و... اساتید مدعو بودند. فکر می‌کنم در سال ۶۴ آقای مهندس قصابی نیز به گروه سرامیک دانشکده پیوستند.

جایگاه علم سرامیک را چگونه در کشور ارزیابی می‌کنید و آیا شرایط برای پیشرفت در این رشته را مثبت ارزیابی می‌کنید؟

بعنوان علم سرامیک از پیشرفت و جایگاه خوبی برخوردار است و اساتید و دانشجویان در این علم، در مرزهای دانش هستند و شاهد این مدعا مقالات ISI متعدد و ثبت اختراعات فراوان در این زمینه می‌باشد. اما در مورد بکارگیری این علم در صنعت سرامیک کشور، به نظر می‌رسد که هنوز جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده است. زیرا دانشگاه‌ها که وظیفه پرورش نیروهای متخصص در هر رشته‌ای را دارند به وظایف خود عمل می‌نمایند ولی صاحبان صنایع که بایستی با جذب این نیروهای متخصص شکوفایی در صنعت مربوطه از جمله صنعت سرامیک را ایجاد نمایند، از این سرمایه‌ها و توان تحقیقاتی دانشگاه‌ها بخوبی استفاده نموده و در نتیجه در بسیاری از زمینه‌ها قادر به رقابت با رقبای خارجی نبوده و با توجه به سلیقه خوب ایرانیان که همیشه بهترین را می‌پسندند، کشور را به بازار خوبی برای انواع محصولات خارجی تبدیل نموده‌اند.

برای بهبود شرایط صنعت سرامیک چه پیشنهاداتی دارید؟

بطور کلی برای بهبود شرایط صنایع در کشور اعم از صنعت سرامیک و غیره بایستی کارشناسان و متولیان صنایع کشور، استراتژی و هدف کلی را مشخص نمایند. یعنی اینکه به کجا می‌خواهیم برسیم و چه چشم‌اندازی را در نظر گرفته‌ایم. گرچه در برنامه توسعه و سند چشم‌انداز بیست ساله دولت تا حدودی این اهداف مشخص شده ولی بنظر می‌رسد برنامه‌ریزی‌ها و بودجه‌بندی‌ها در جهت رسیدن به آن‌ها انجام نمی‌گیرد. بایستی ارتباط صنایع و دانشگاه‌ها تقویت گردیده و امتیاز دهی به اساتید فقط بر اساس تولید مقاله و در مرز دانش بودن نباشد بلکه یکی از اولویت‌های دانشگاه‌های فنی حل مشکلات و معضلات صنایع و بهبود وضعیت آنها باشد.

برای اینکه فارغ‌التحصیلانی که وارد بازار می‌شوند برای بازار کار مفید باشند و بهره‌وری لازم را داشته باشند چه پیشنهاداتی دارید؟

اولاً بایستی صنایع، نیروهای مورد نیاز خود را از فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌ها تأمین نمایند. مثل همه کشورها و مسئله دیگر اینست که بایستی نیازهای صنایع توسط انجمن‌های علمی مثل انجمن سرامیک شناسایی و نیروهای متخصص مرتبط به آنها معرفی گردند. یعنی انجمن سرامیک از یک سو ارتباط قوی‌تری با صنایع سرامیک کشور و از سوی دیگر با دانشگاه‌هایی که رشته سرامیک دارند برقرار نماید تا حلقه اتصال این دو بخش بهم گردیده و از هرز رفتن توان تحقیقاتی دانشگاه‌ها و نیروهای متخصص فارغ‌التحصیل که عمدتاً به مشاغل واسطه‌ای مشغول هستند جلوگیری شود.

آیا تعداد دانشجویان و دانشگاه‌هایی که در این رشته فعالیت می‌کنند با توجه به گستردگی این رشته کافیست؟

از آنجاییکه تعداد زیادی از این فارغ‌التحصیلان جذب صنایع مرتبط نمی‌شوند. فکر می‌کنم بیشتر از حد نیاز هم می‌باشد.

واحد‌های ارائه شده در دروس این رشته تا چه حد نیازهای موجود در این صنعت را پاسخ می‌دهد؟

به نظر می‌رسد در زمینه تئوری خوب باشد و مطالب مورد نیاز آموزش داده می‌شود ولی با توجه به پیشرفت سریع صنعت سرامیک، بایستی در زمینه‌های کاربردی و عملی بیشتر کار شود و تغییر و تحولی در دروس آزمایشگاهی داده شود و با طرح زمینه‌های جدید، روحیه خلاقیت و ابداع را در دانشجویان تقویت نماییم.

اگر دوباره به گذشته بازگردید آیا همین راه و همین زمینه تخصصی را برای خود انتخاب می‌کنید؟
نمی‌دانم. بارها به این موضوع فکر کرده‌ام. البته این رشته را خیلی دوست دارم و از موقعیت شغلی‌ام نیز راضی هستم ولی به شاخه‌های پزشکی هم همیشه علاقه‌مند بوده و هستم.

فصلنامه سرامیک ایران را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ لطفاً پیشنهادات خود را برای افزایش کیفیت این مجله بفرمایید.

نشریه خوبی است و با توجه به اینکه ابتدا بصورت خبرنامه منتشر می‌شد و اکنون به این نشریه وزین رسیده است، پیشرفت بسیار خوبی داشته و پل ارتباطی موثری بین دست‌اندرکاران علم و صنعت سرامیک به شمار می‌رود.

پیشنهاد می‌نمایم که بخش‌های مرتبط و مورد نیاز صنعت نیز بیشتر در آن گنجانده شود.

با تشکر از وقتی که برای این مصاحبه اختصاص دادید چنانچه مطلب ناگفته‌ای به نظرتان می‌رسد بفرمایید.

در اینجا می‌خواهم یادی بکنم از دوست بسیار عزیز و همکلاسی خوبم مرحومه خانم مهندس خطیب‌زاده که همیشه یادش در دل‌های همه ما زنده است و متانت و وقار و نگاه مهربان و معصومش هیچگاه از خاطرم نمی‌رود. روحش شاد.

از جناب‌عالی و همه دست‌اندرکاران انجمن سرامیک و فصلنامه که با تلاش بی‌وقفه در انجام رسالت خود می‌کوشند تشکر و قدردانی نموده و برای همگان آرزوی سلامت و موفقیت می‌نمایم. علی‌الخصوص مدیر محترم اجرایی سرکار خانم علیشاهی که در کارشان بسیار ساعی و جدی و خستگی ناپذیرند.

معرفی پایانه‌های تخصصی تکمیلی

پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد

بررسی ریز ساختار تشکیل شده در اثر زینترینگ سرمتهای بر پایه کربونیتريد تیتانیوم حاوی بایندر و کاربیدهای مختلف

دانشجو: ولی رحیمی دیزجی

استاد راهنما: دکتر محمد علی فقیهی ثانی

استاد مشاور: دکتر نعمتی

دانشگاه صنعتی شریف

دی ۱۳۸۴

چکیده: در این پژوهش در ابتدا تاثیر نوع و مقدار بایندر فلزی و کاربید کرم به عنوان کاربید ثانویه بر ریزساختار و خواص مکانیکی سرمتهای $Ti(C,N)-20(Co,Ni)$ مورد بررسی قرار گرفت. سپس اثر کاربید کرم بر ریزساختار ناحیه سطحی، خواص مکانیکی و کارکرد برشی سرمتهای گرادیان تابعی $WC-Ti(C,N)-10Co$ مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی ریزساختار نمونه‌ها از میکروسکوپ نوری، میکروسکوپ الکترونی روبشی و اندازه‌گیری اشباع مغناطیسی و نیروی پسماندزاد مغناطیسی استفاده شد. همچنین سختی ویکرز و استحکام گسیختگی عرضی و آزمون تراشکاری پیوسته خشک بر روی نمونه‌ها انجام شد. در نهایت چقرمگی شکست نمونه‌ها از طریق اندازه‌گیری طول ترک ناشی از سختی سنجی ویکرز محاسبه شد. در سرمتهای $Ti(C,N)-20(Co,Ni)$ با افزایش مقدار نیکل، اندازه دانه و همسایگی فاز کاربیدی کاهش و طول پویش آزاد میانگین بایندر افزایش یافت. با افزایش مقدار نیکل چقرمگی شکست نمونه‌ها در ابتدا افزایش و سپس با افزایش بیشتر کاهش یافت و مقدار بیشینه چقرمگی شکست در ده درصد وزنی نیکل، حاصل شد. افزایش مقدار نیکل، سختی سرمتهای $Ti(C,N)-20(Co,Ni)$ با افزودن کاربید کرم اندازه دانه فاز کاربیدی کاهش یافت. افزایش کاربید کرم، سختی را افزایش داد و چقرمگی شکست نمونه‌ها را کاهش داد. ترکیب حاوی یک درصد وزنی کربید کرم در مقایسه با ترکیب عاری از کاربید کرم، سختی و چقرمگی شکست بالاتری را از خود نشان داد. در سرمتهای گرادیان $WC-Ti(C,N)-Co$ افزودن کاربید کرم علاوه بر کاهش اندازه دانه، ضخامت ناحیه سطحی گرادیان را به میزان ۴۷ درصد افزایش داد. همچنین لایه سطحی چقرمه $WC-CO$ مقاومت به سایش جانبی ابزارهای برشی را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: سرمتهای پایه $Ti(C,N)$ (Ti(C,N)-based cermets)، مواد گرادیان تابعی (Functionally graded material)، ریز ساختار (Microstructure)، چقرمگی شکست (Fracture toughness).

بررسی عوامل موثر بر سنتز پودر نانو ساختار YSZ

به روش سل - ژل

دانشجو: شایان فرهیخته

استادان راهنما: دکتر امیر مقصودی پور، دکتر بابک رئیسی

پژوهشگاه مواد و انرژی

تابستان ۱۳۸۷

چکیده: زیرکونیا ماده‌ای است که دارای خصوصیات هم‌چون استحکام مکانیکی خوب، چقرمگی مناسب، سختی بالا، مدول الاستیک بالا، دمای ذوب بالا، مقاومت شیمیایی عالی، هدایت حرارتی پایین و هدایت یونی می‌باشد. این خصوصیات باعث شده است تا این ماده به طور گسترده مورد استفاده قرار گیرد. افزودن برخی اکسیدها مانند Y_2O_3 ، موجب پایداری فاز مکعبی از دمای اتاق تا دمای ذوب و منجر به ایجاد غلظت زیادی از جاهای خالی اکسیژن در شبکه زیرکونیا می‌شود. جاهای خالی اکسیژن موجب پدید آمدن خصوصیت هدایت یونی در زیرکونیا پدیدار شده توسط ایتریا (YSZ) می‌گردند. این ماده دارای خصوصیات دیگری مانند پایداری مناسب در اتمسفرهای اکسیدی و احیایی در دماهای بالا و غیر سمی بودن نیز می‌باشد. روش متداول تولید این ماده از طریق واکنش‌های حالت جامد می‌باشد، که به دلیل عدم حصول به ماده خالص و با مورفولوژی کنترل شده، اخیراً از روش‌های سنتز شیمیایی برای تولید این ماده استفاده می‌گردد.

روش سل - ژل پلیمری روشی شیمیایی و ساده بر اساس پیش‌ماده‌های پلیمری متشکل از اسیدسیتریک و اتیلن گلیکل برای تولید انواعی از پودرهای اکسیدی می‌باشد. روش سل - ژل پلیمری این قابلیت را دارد که محصولاتی با خلوص بالا، همگن و با اکتیویته بالا تولید نماید. در این پژوهش پودر نانوساختار YSZ به روش سل - ژل پلیمری و با استفاده از تتراکلرید زیرکونیم، نیترات ایتریم، اسیدسیتریک و اتیلن گلیکل به عنوان مواد اولیه، با موفقیت سنتز شد. از روش‌های BET, SEM, FTIR, XRD, DTA/TG برای مطالعه فرآیند سنتز و خصوصیات محصولات به دست آمده استفاده گشت. نتایج به دست آمده نشان دادند که با افزایش PH واکنش‌های حرارتی با مکانیزمی متفاوت روی می‌دهند به طوری که از شدت پیک گرمازا کاسته شده و نمونه‌ها کاهش وزن بیشتری در حین حرارت‌دهی پیدا نموده‌اند. همچنین با افزایش PH گروه‌های کربوکسیلیک بیشتری برای واکنش با یون‌های فلزی وجود دارد و یون‌های فلزی به طور یکنواخت‌تری در محلول آلی پخش شده‌اند. با افزایش PH اندازه بلورک‌های پودرهای سنتز شده کاهش یافته است. بررسی مورفولوژی پودرهای به دست آمده نشان داد که پودر سنتز شده با PH اولیه ساختاری متراکم داشته، در حالیکه پودرهایی با PH بالاتر ساختاری کاملاً متخلخل داشته‌اند. بر اساس نتایج آنالیز BET این نتیجه به دست آمد که سطح ویژه پودر سنتز شده با $PH=10$ تقریباً ۶ برابر سطح ویژه پودرهای سنتز شده در مقالات بوده است.

بر اساس آنالیز FTIR در دماهای مختلف دیده شده است که با حرارت دهی ژل خشک شده، اسیدسیتریک به مشتقات آن مانند اسید آکونیتیک تبدیل شده است. همچنین طبیعت باندهای بین یون‌های فلزی و گروه کربوکسیلیک از کمپلکس‌های تک‌دندانه‌ای به دو دندانه‌ای تغییر یافته است. با افزایش دما پیک‌های مربوط به حضور کمپلکس‌های دو دندانه‌ای کاملاً حذف شده و یون کربنات در نمونه ایجاد شده است. انرژی اکتیواسیون رشد دانه‌های پودر YSZ سنتز شده با $PH=8.5$ در حدود 41272 KJ/mol بوده است.

بهبود خواص مکانیکی شیشه-سرامیک‌های فلورومیکا به

روش تعویض یونی

دانشجو: بهنام گوهری

استادان راهنما: دکتر بیژن افتخاری یکتا، دکتر جعفر جوادپور

دانشگاه علم و صنعت ایران

مهر ۱۳۸۷

چکیده: تمپرینگ شیمیایی از جمله روش‌هایی است که به منظور استحکام دهی شیشه‌ها و شیشه-سرامیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش با ایجاد تنش فشاری در سطح از طریق معاوضه بین یون‌های قلیایی شیشه با کاتیون‌های بزرگ‌تر موجود در حمام نمک مذاب، استحکام شیشه افزایش می‌یابد.

در پژوهش حاضر ابتدا جایگزینی LiO_2 به جای K_2O در رفتار تبلور و فازهای کریستالی تشکیل شده در حین عملیات حرارتی در سیستم $F-K_2O-MgO-SiO_2$ با انجام آزمایش‌های XRD ، DTA و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد. بررسی فازی نشان داد که با افزودن بیش از ۴ درصد وزنی اکسید لیتیم به جای اکسید پتاسیم به ترکیب شیشه، علاوه بر تبلور فاز فلوروفلوگوپیت با ترکیب $(K_4Mg_5Si_8O_{20}F_4)$ ، تبلور نوع دیگری از میکا با عنوان لیتیم پتاسیم منیزیم سیلیکات در دمای بالاتر به وقوع می‌پیوندد. پس از انتخاب ترکیب مناسب، برای انجام تمپر کردن شیمیایی و معاوضه یون‌های لیتیم و پتاسیم در این شیشه - سرامیک بهینه، قطعاتی از نمونه مذکور در داخل حمام نمک نیترات پتاسیم در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. آنگاه الگوی نفوذ پتاسیم در درون قطعات و همچنین تاثیر زمان تعویض یونی بر استحکام و سختی شیشه-سرامیک‌های مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت.

همچنین نتایج حاصله نشان داد که افزایش زمان تعویض یونی تا ۱۰ ساعت منجر به افزایش میکروسختی و یکرز و استحکام نمونه‌ها می‌شود، اما با افزایش بیشتر زمان تعویض یونی تغییر قابل ملاحظه‌ای در این دو پارامتر مشاهده نمی‌شود.

تهیه و بررسی مورفولوژی نانو کامپوزیت‌های

اپوکسی - نانو رس

دانشجو: مهدی خوبی

استادان راهنما: دکتر مرتضی تمیزی‌فر، دکتر سعید بازگیر

استاد مشاور: دکتر کاوه ارزانی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

نیمسال اول ۱۳۷۶-۱۳۸۷

چکیده: رزین‌های اپوکسی به عنوان دسته مهمی از پلیمرها در صنایع مختلف کاربردهای زیادی دارند. از کاربردهای این مواد می‌توان در مدارهای چاپی قطعات الکترونیکی، پوشش دهی، خودروسازی، صنایع هوایی و در کامپوزیت‌های صنایع مختلف نام برد. این ماده به واسطه دارا بودن ساختار شبکه‌ای، از استحکام بسیار بالا، مقاومت در مقابل حرارت و مواد شیمیایی بالا و... برخوردار است. منتها تلاش‌ها در جهت گسترش دامنه مصرف این مواد با کمک گرفتن از نانوتکنولوژی دسته جدیدی از محصولات را ایجاد نموده که علاوه بر خواص مکانیکی بالاتر، از مقاومت حرارتی بالاتری هم برخوردار است. در حیطه نانو تکنولوژی با افزودن نانورس به اپوکسی، محصول بدست آمده نانو کامپوزیتی است که خواص به مراتب بهتر از اپوکسی خالص دارد. نانو کامپوزیت‌های اپوکسی-نانورس اصلاح شده با سیلان در یک فرآیند میان افزایشی

درجا تهیه شدند. برای اینکار ابتدا با استفاده از یک دستگاه هیدروسیکلون رس ناخالص تا حدود زیادی خالص سازی شد. نتایج حاصل از اندازه گیری لیزری اندازه ذرات (LPSA) و تفرق اشعه ایکس (XRD) نشان دادند که طی این فرآیند، ذرات بزرگتر از ۵ میکرون از سیستم خارج شدند. سپس فرآیند اصلاح روی رس خالص شده توسط مواد آلی سیلانی انجام شد. نتایج XRD در این مرحله هم نشان داد که فاصله بین لایه‌های از ۱/۲۴ نانومتر در نانو رس خالص شده به ۲/۰۴ نانومتر در نانو رس اصلاح شده توسط سیلان رسیده است. نانو رس اصلاح شده به همراه اپوکسی ترکیب شده و سپس بعد از اضافه کردن عامل پخت مورد نظر در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت پخت صورت گرفت. ریز ساختار نانو کامپوزیت حاصل توسط تکنیک‌های (XRD) و (TEM) و همچنین (TGA) و (DSC) مورد بررسی قرار گرفت. فاصله بین لایه‌های رس در نمونه‌های نانو کامپوزیت افزایش داده و پیک ۰۰۱ مونت موریلونیت به سمت 2θ های کمتر آمده است. نتایج حاصل از XRD و TEM نشان داد که فاصله لایه‌های نانورس به بیش از ۸/۸ نانومتر افزایش یافته و به ساختار پرپر شده کامل رسیده است. رفتار پخت و خواص حرارتی نانو کامپوزیت هم با کمک تکنیک‌های TGA و DSC مورد بررسی قرار گرفت. این نتایج هم ساختار پرپر شده نانورس را تصدیق نمود.

فرمولاسیون، ساخت و خواص نانو سرامیک‌های

PMN-PZT

دانشجو: پویا معترف

استاد راهنما: دکتر نعمتی

دانشگاه صنعتی شریف

مهر ۱۳۸۵

چکیده: امروزه پیژو الکتریک‌های پایه سرب به دلیل خواص الکتریکی بسیار خوب و هزینه کم تولید بسیار مورد توجه می‌باشند. از جمله این سرامیک‌ها می‌توان به سرامیک‌های PMT با ترکیب $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ و PZT با ترکیب $Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ اشاره کرد. سرامیک PMN یک سرامیک رلکسور و PZT یک پیژوالکتریک نرمال هستند. با ورود PMN با PZT انتظار می‌رود خواص رلکسور وارد سرامیک PZT شود. در این پژوهش جهت سنتز سرامیک PMN روش مخلوط اکسیدهای اصلاح شده (سینترینگ دو مرحله‌ای) طراحی شد و سرامیک PMN تک فاز با دانسیته نسبی و خواص دی الکتریک بسیار بالا (باتابت دی الکتریک تقریباً ۸۱۰۰۰ در دمای کوری) بدست آمد. بنابراین این روش جهت سنتز سرامیک‌های PMN-PZT در نظر گرفته شد. سرامیک PZT به روش سل-ژل تهیه شد و محصول نهایی دانسیته نسبی و ثابت دی الکتریک بالا در حدود ۳۵۰۰۰ در دمای کوری نشان داد. سرامیک‌های $PMN-(1-x)PZT$ (با ترکیب‌های متفاوت $x=0/1 - 0/3 - 0/5 - 0/7 - 0/9$) به دو روش تهیه شدند. در روش اول پودر PZT تک فاز با مواد اولیه مخلوط شده PMN مخلوط گردید و به روش سینترینگ دو مرحله‌ای نمونه‌های نهایی تهیه شدند. در روش دوم، مخلوط مواد اولیه سرامیک PMN در سل PZT دانه‌گذاری شدند و پس از خروج مواد آلی در زیر دمای کلسیناسیون PZT و بدست آمدن پودر، به روش سینترینگ دو مرحله‌ای نمونه‌های نهایی بدست آمدند. در این پژوهش مشخص شد که نمونه‌های تهیه شده به روش دانه‌گذاری از هم‌وزنیته بالاتری برخوردار بوده و در نتیجه خواص الکتریکی بهتری از این مواد بدست آمد. همچنین مشخص شد که با ورود PMN به PZT و PZT به PMN خواص دی الکتریک کاهش یافته و به کمترین مقدار خود در ترکیب 0.5PMN-0.5PZT می‌رسد. همچنین با ورود PMN به PZT پیک ثابت دی الکتریک بهتر شده که نشان دهنده ورود خواص رلکسور به PZT است.

واژه‌های کلیدی: منیزیم نیوبات سرب، زیرکونات تیتانات سرب، سل-ژل، مخلوط اکسیدها، پیژوالکتریک.

پایان نامه های دکتری

بررسی تأثیر اسپینل درجا و غیر استوکیومتری بر ریز ساختار و رفتار خوردگی دیرگدازهای منیزیا - کربن

دانشجو: محمد باوند وندچالی

استادان راهنما: دکتر فرهاد گلستانی فرد، دکتر حسین سرپولکی

استاد مشاور: دکتر حمیدرضا رضایی

دانشگاه علم و صنعت ایران

خرداد ۱۳۸۷

چکیده: هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر اسپینل $MgAl_2O_4$ درجا و غیر استوکیومتری بر ریزساختار و مقاومت به خوردگی دیرگدازهای منیزیا - کربن در برابر سرباره های قلیایی است. بر این اساس نمونه های مختلفی بر پایه فرمولاسیون پایه دیرگدازهای مذکور حاوی 10%WT گرافیت و 1%WT آنتی اکسیدان AL و افزودنی های اسپینل ساخته شد. بمنظور تشکیل اسپینل درجا از 7/2%WT پودر آلومینای فعال به عنوان جایگزین در بخش پودری منیزیا و همچنین از افزودنی های اسپینل غیر استوکیومتری بصورت های اسپینل های غنی از آلومینا و غنی از منیزیا در دو درصد وزنی ۱۰ و ۲۰ در دانه بندی $< 1mm$ استفاده گردید. مکانیزم تشکیل اسپینل درجا در زمینه دیرگدازهای منیزیا - کربن و همچنین نقش اسپینل درجا و غیر استوکیومتری بر ساز و کار خوردگی این دسته از دیرگدازها در برابر دو نوع سرباره با نسبت های CaO/SiO_2 متفاوت به عنوان اهداف اصلی در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که اسپینل درجا در دیرگدازهای منیزیا - کربن، باعث تغییر خواص بویژه افزایش نسبی استحکام خمشی و مقاومت اکسیداسیونی در دیرگدازهای منیزیا - کربن می گردد. در حالیکه در نمونه های دیگر، افزودن اسپینل بصورت غیر استوکیومتری نقش چندانی در تغییر خواص فیزیکی، مکانیکی و مقاومت در برابر اکسیداسیون ایفا نمی نماید. نتایج حاصل از آنالیز فازی نیز بیانگر تشکیل اسپینل درجا در زمینه دیرگدازهای منیزیا - کربن از دماهای کمتر از ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد است. مطالعات صورت گرفته به کمک SEM/EDS و بررسی ریزساختار حاصل از واکنش آلومینای فعال با ذرات منیزیا نشان داد که ناخالصی های موجود در منیزیا اعم از CaO و SiO_2 باعث تشکیل فازهای آلومینات کلسیمی و آلومینو سیلیکات کلسیمی گردیده و در دماهای بالاتر بصورت فازهای CMAS با دمای ذوب پایین در محل مرز دانه های کریستال های اسپینل تجمع می یابند. علاوه بر این به علت میل شدید اگلومراسیونی ذرات آلومینای فعال، مورفولوژی اگریگیت های اسپینل درجا شکل گرفته در زمینه دیرگداز تابع اتمسفر پخت می باشد. نتایج حاصل از آزمون خوردگی نمونه های مختلف نشان داد که افزودن 10%WT اسپینل غنی از منیزیا باعث بهبود نسبی مقاومت به خوردگی دیرگدازهای منیزیا - کربن در برابر هر دو نوع سرباره قلیایی با بازیسته های مختلف می گردد. در حالیکه با افزایش درصد آن، مقاومت به خوردگی شدیداً کاهش می یابد. همچنین حضور اسپینل غنی از آلومینا در فرمولاسیون دیرگدازهای منیزیا - کربن باعث تخریب خواص مقاومت به خوردگی در برابر هر یک از سرباره ها نسبت به نمونه مرجع بدون افزودنی می گردد. افزایش درصد اسپینل غنی از آلومینا برخلاف مقاومت به خوردگی در برابر سرباره های با بازیسته بالاتر، باعث افزایش مقاومت به خوردگی در برابر سرباره های با بازیسته کمتر می گردد. تشکیل اسپینل درجا در زمینه نمونه های حاوی آلومینای فعال علاوه بر افزایش استحکام خمشی باعث حفظ گرافیت در ساختار و کاهش



نقش حالات جزء اکسیدی در هر یک از سرباره‌ها می‌گردد. بگونه‌ای که بواسطه بهبود مقاومت فاز کربنی سیستم، میزان خوردگی در دو نوع سرباره تفاوت چندانی نخواهد داشت. از سوی دیگر مطالعات ترمودینامیکی نشان داد که سرباره با بازیسته بالاتر اشباع از منیزیا بوده و قابلیت انحلال کمتری نسبت به سرباره با بازیسته کمتر دارد. با توجه به نتایج مطالعات ترمودینامیکی و آنالیز فازی/ریزساختاری، مکانیزم انحلال جزء منیزیا بصورت غیرمستقیم و همراه با دیفوزیون یون‌های Fe و Mn از سرباره بدخل آن‌ها و شکل‌گیری لایه منگنومنیویوستیت، محصولات واکنشی شکل گرفته دارای ماهیت متفاوتی هستند. به گونه‌ای که در سرباره با بازیسته پایین‌تر فرآیند خوردگی با دیفوزیون یون‌های Ca و Si باقیمانده در فصل مشترک منیزیا/سرباره و شکل‌گیری فازهای دما ذوب پایین نظیر مروینیت C_3MS_2 و تشکیل فازهای دیگری نظیر ملیبیت، اسپینل کمپلکس، $(Mg, Fe, Mn)(Al, Fe)_2O_4$ و دی کلسیم سیلیکاتی در اثر واکنش میان اجزاء دیگر سرباره ادامه می‌یابد. بررسی‌های ریز ساختاری نمونه‌های خورده شده حاوی آلومینای فعال نشان می‌دهد که انبساط ناشی از شکل‌گیری ساختار اسکلتی و بهم پیوسته اسپینل درجا در زمینه دیرگدازهای منیزیا-کربن باعث حفظ گرافیت در ساختار و افزایش مقاومت فاز کربنی می‌گردد. بنحوی که مکانیزم خوردگی دیرگدازهای منیزیا-کربن حاوی آلومینای فعال تابع حد حلالیت فاز اکسیدی و نوع سرباره نبوده و مقاومت یکسانی در برابر سرباره‌های با ترکیب‌های شیمیایی مختلف حاصل می‌آید. همچنین به علت تشکیل اسپینل غنی از آلومینا در زمینه نمونه حاوی آلومینای فعال امکان جذب یون‌های Fe و Mn فراهم آمده که این امر باعث کاهش پتانسیل خوردگی فاز اکسیدی منیزیا و اکسیداسیون گرافیت می‌گردد. از سوی دیگر جذب یون‌های Fe و Mn در ساختار زمینه اسپینلی باعث تشکیل ترکیب اسپینل کمپلکس در فصل مشترک واکنشی میان سرباره و نمونه دیرگداز و تغییر مکانیزم خوردگی ذرات اکسیدی سیستم می‌گردد. به گونه‌ای که با انحلال اسپینل و افزایش درصد Al_2O_3 سرباره و کاهش نسبت CaO/SiO_2 در سرباره نفوذ یافته، خوردگی منیزیا در سرباره عاری از FeO و MnO بصورت غیر مستقیم و با شکل‌گیری لایه اسپینل در سطح اگر یگیت‌های منیزیا همراه است.

تأثیر شرایط سنتز بر ساختار و خواص مغناطیسی نانو کامپوزیت‌های آهن- فریت کبالت به روش فعال سازی مکانیکی - عملیات حرارتی

دانشجو: راضیه ثانی

استادان راهنما: دکتر علی بیت اللهی، دکتر محمد بافقی

دانشگاه علم و صنعت ایران

مهر ۱۳۸۷

چکیده: در پژوهش حاضر تأثیر شرایط سنتز بر ساختار و خواص مغناطیسی نانوکامپوزیت‌های سیستم آهن - فریت کبالت تهیه شده به روش فعال سازی مکانیکی و سپس عملیات حرارتی مورد بررسی قرار گرفته است. مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق شامل اکسید آهن ($\alpha-Fe_2O_3$) و کبالت فلزی (هر دو دارای خلوص بالاتر از ۹۹/۸٪) با نسبت‌های مولی ۱:۱، ۱:۱/۳ و ۱:۰/۷ (۱: ۱: ۱/۳، ۱: ۰/۷، ۱: ۱) بودند که مورد عملیات آسیاکاری پرنانرژی (نسبت گلوله به پودر ۱۰) قرار گرفتند. نمونه‌های سنتز شده پس از ۱، ۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۰ ساعت به منظور انجام بررسی‌های ساختاری و مغناطیسی جمع‌آوری گردیدند. بعلاوه این بررسی‌ها در مورد نمونه‌های عملیات حرارتی شده نیز صورت پذیرفت. همچنین به منظور تهیه نمونه‌های کامپوزیتی تعدادی از نمونه‌های تهیه شده در اتمسفر مخلوط گازهای آرگن - هیدروژن

مورد عملیات احیا قرار گرفتند. نمونه‌های تهیه شده در هر مرحله بطور جداگانه توسط آنالیزهای مختلف مانند VSM, XRD, SEM, TEM DSC-TG, Mossbauer Spectroscopy, SQUID مورد ارزیابی قرار گرفتند. انجام ۱۵ ساعت کار مکانیکی بر مخلوط پودرهای کبالت فلزی و هماتیت با نسبت مولی یک به یک، امکان سنتز نانو پودر تک فاز فریت کبالت را بدون اعمال هیچ نوع عملیات حرارتی میسر نمود. البته تشکیل فاز فریت کبالت برای نمونه‌های کار مکانیکی شده به مدت زمان‌های ۱ و ۵ ساعت در نسبت مولی ۱:۰/۷ نیز بوسیله آنالیز اشعه X و مازباور اسپکتروسکوپی ثابت گردید. شایان ذکر است که در این نسبت مولی نتایج آنالیز اشعه X و مازباور اسپکتروسکوپی برای نمونه‌هایی که بیش از ۵ ساعت کار مکانیکی شده بودند، هیچ اثری از وجود فاز فریت کبالت نشان نداد. نتایج آنالیزهای مختلف بر روی این سری از نمونه‌ها (نمونه‌های کار مکانیکی شده بیش از ۵ ساعت) وجود فازهای اکسیدی آهن و کبالت با ساختار وستیت را نشان داد. علاوه بر آن، اثراتی از فاز و یا فازهای فلزی $Fe/Fe_{1-x}Co_x$ نیز دیده شد که وجود آنها وابسته به فرآیند احیاء مکانوشیمی است. آنالیز اشعه X و مازباور اسپکتروسکوپی برای نمونه‌های آسیا شده به مدت زمان‌های ۱۵، ۲۵ و ۳۰ ساعت با مخلوط پودرهای کبالت فلزی و هماتیت با نسبت مولی ۱:۱/۳ وجود مقدار کمی فاز و یا فازهای فلزی $Fe/Fe_{1-x}Co_x$ را در کنار مقدار زیادی فاز فریت کبالت نشان داد. همچنین برای این نمونه‌ها اثراتی از وجود فازهای اکسیدی آهن و کبالت با ساختار وستیت تشخیص داده شد. بررسی خواص مغناطیسی نمونه‌های تهیه شده از روش مخلوط اکسیدها و نمونه‌های تهیه شده از روش آلیاژسازی مکانیکی که هر دو در دماهای یکسان عملیات حرارتی شده بودند، بیانگر این نکته بود که نمونه‌های کار مکانیکی شده به روش مخلوط اکسیدها است. افزایش آهنربایی اشباع و وادارندگی مغناطیسی نمونه‌های کار مکانیکی شده نسبت به نمونه‌های تهیه شده به روش مخلوط اکسیدها به دلیل بالاتر بودن درصد تکمیل تشکیل فاز فریت کبالت و تغییر در نحوه جاگیری کاتیون‌ها در مکان‌های بین نشین می‌باشد. نتایج انجام HT-XRD بر نمونه‌هایی که با نسبت‌های مولی متفاوت به مدت زمان ۳۰ ساعت کار مکانیکی شده و سپس بر آنها عملیات احیا صورت گرفته بود، نشان‌دهنده این مطلب بود که با کنترل دما و مدت زمان احیا، امکان ایجاد سیستم نانوکامپوزیتی آهن - فریت کبالت وجود دارد. مقادیر آهنربایی ماکزیمم و وادارندگی مغناطیسی در نمونه احیا شده در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۱۵ دقیقه به ترتیب معادل ۵۹ emu/g و ۱/۲۸ KOe بدست آمدند. اندازه بزرگی آهنربایی ماکزیمم و وادارندگی مغناطیسی بدست آمده در نمونه مذکور نسبت به مقادیر مربوط به نمونه‌های احیا شده، بزرگتر بودند. بهبود خواص مغناطیسی در این نمونه احتمالاً حاکی از برقراری کوپلاژ تبادل‌اتی بین فازهای نرم مغناطیس آهن فلزی و سخت مغناطیس فریت کبالت می‌باشد. نتایج انجام آنالیز اشعه ایکس بر این نمونه نیز نشان دهنده وجود دو فاز نانو مقیاس آهن فلزی و فریت کبالت در کنار یکدیگر بود. در نهایت با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق می‌توان اذعان نمود که برای هر یک از ترکیبات تهیه شده با نسبت‌های مولی مختلف Fe_2O_3/Co تحولات فازی و رفتارهای مغناطیسی متفاوتی حاصل گردید.

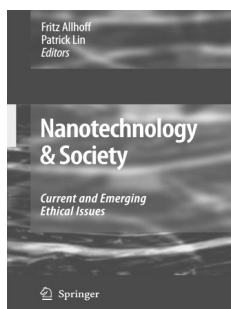


تازه‌های نشر

Nanotechnology & Society: Current and Emerging Ethical Issues (Kindle Edition)

By: Fritz Allhoff, Patrick Lin

Published by: Springer; 1 edition (February 22, 2009)



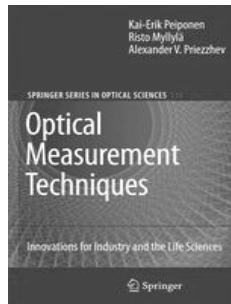
این کتاب مجموعه شصت مقاله متمرکز بر مهمترین مباحث به وجود آمده از نانو تکنولوژی در امروز و آینده نزدیک می‌باشد که توسط محققان برجسته، متخصصان و دانش پژوهان خواص و رفتارهای نانو سراسر جهان نوشته شده است. این کتاب به ۵ بخش تقسیم شده است که عبارتند از: مباحث پایه‌ای، قواعد و خطرات، صنعت و سیاست، شرایط انسانی و مباحث جهانی منتخب، مقالات شامل موضوعاتی مانند تأثیرات محیط زیستی، منافع دارویی و موارد دیگر می‌باشد.

دکتر فریتز آلهوف، استادیار فلسفه در دانشگاه میشیگان غربی و دستیار تحقیقاتی در مرکز فلسفه کاربردی و رفتار عمومی در دانشگاه ملی استرالیا و دکتر پاتریک لین استادیار دانشگاه میشیگان، ویراستارها و نیز موسسان گروه رفتارهای نانو هستند.

Optical Measurement Techniques: Innovations for Industry and the Life Sciences (Springer Series in Optical Sciences)

By: Kai-Erik Peiponen, Risto Myllylä, Alexander V. Priezzhev

Published by: Springer; 1 edition (February 19, 2009)



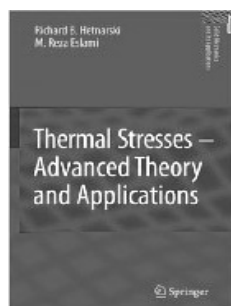
این کتاب به تکنیک‌های اندازه گیری اپتیکی جدید که در صنعت و علوم زندگی کاربرد دارد، اختصاص داشته و چشم‌انداز تازه‌ای از پیشرفت سنسورهای اپتیکی مدرن ارائه می‌دهد. این سنسورها اغلب در تشخیص و کنترل پارامترهایی که برای صنعت و کاربردهای بیومدیکال مهم هستند، ضروری می‌باشند. این کتاب برای تازه کارهایی که خواستار آشنایی با ابداعات اپتیک‌های پیشرفته می‌باشند، منبعی بسیار عالی می‌باشد.



Thermal Stresses -- Advanced Theory and Applications (Solid Mechanics and Its Applications)

By: Richard B. Hetnarski, M. Reza Eslami

Published by: Springer; 1 edition (December 22, 2008)

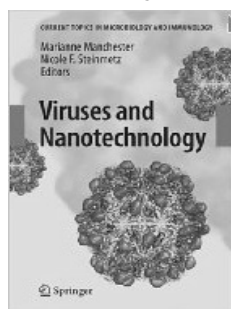


این کتاب به عنوان نوشته‌ای پیشرفته و کتابی مرجع در زمینه شوک‌های حرارتی در دسترس است و می‌تواند به گروه عظیمی از خوانندگان از جمله دانشجویان دکترا، پروفیسورها، دانشمندان، محققان صنعتی و مهندسان مکانیک، عمران، هوا و فضا و مهندسان انرژی اتمی خدمت کند. بنابراین، این کتاب می‌تواند برای آن دسته از افرادی که به زمینه‌های مختلف ریاضی کاربردی، مکانیک کوانتوم، آنالیز تنش و طراحی مکانیکی علاقه‌مند هستند، مفید باشد. این نوشته به قدری کامل است که خوانندگان در هنگام مطالعه آن نیازی به منابع دیگر ندارند و از مفاهیم پایه‌ای آغاز شده و تا سطوح پیشرفته‌تر ادامه می‌یابد.

Viruses and Nanotechnology (Current Topics in Microbiology and Immunology)

By: Marianne Manchester, Nicole F. Steinmetz

Published by: Springer; 1 edition (November 17, 2008)



نانو ذرات ویروسی به عنوان بلوک‌های نانوی بسیار عالی برای طراحی و ساخت مواد به کار می‌روند. مهمترین مزیت آنها، نانو سایز بودن، تمایل طبیعی به شکل گرفتن به صورت نانوذرات متفرق با شکل و اندازه مجزا، میزان تقارن بالا و چند بنیانی بودن، سهولت نسبی در تولید مقادیر زیاد، تعادل استثنایی و زیست سازگاری می‌باشد. آخرین نکته مهم این است که ذرات، واحدهای برنامه پذیری را ارائه می‌دهند که می‌توانند با تغییر ژنتیکی یا روش‌های زیست پیوستگی شیمیایی اصلاح شوند.

Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen Systems (NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security)

By: Bogdan Baranowski, Svetlana Y. Zaginaichenko, Dmitry V. Schur, Valeriy V. Skorokhod, Ayfer Veziroglu

Published by: Springer; 1 edition (December 8, 2008)



هنوز هم منبع اصلی تأمین انرژی در جهان با سوخت‌های فسیلی تأمین می‌گردد، در حالی که خطر تمام شدن آنها وجود دارد. مگر اینکه منابع جدید انرژی در دسترس قرار بگیرند. یکی از مهمترین و در عین حال وسیع‌ترین منابع خالص انرژی، هیدروژن است که به عنوان قلب مهندسی انرژی هیدروژن جایگزینی برای منابع انرژی فسیلی به شمار می‌رود.

شیمی نانو مواد کربنی علم مواد هیدروژن، نقش مهمی در تسریع مباحثات سیستم‌های هیدروژنی انرژی ایفا می‌کنند. در این رابطه، تحقیق و کاربرد مواد

مستعد برای انجام فعل و انفعالات با هیدروژن، بیشترین اهمیت را دارد. این موضوع به خصوص برای ساخت باتری‌های موبایل و تلفن و اتومبیل‌های هیبریدی - الکتریکی که توسط تولیدکنندگان بزرگ اتومبیل در دنیا توسعه یافته‌اند، صدق می‌کند. در این زمینه ظرفیت هیدروژن مواد نانوساختار کربنی مانند نانولوله‌ها، نانو فیبرها و دیگر نانوساختارها، نظر محققان را به خود جلب کرده است. هیدروکسید فلزات، آلیاژها، نانوکربن و مواد کامپوزیتی می‌توانند به راحتی هیدروژن را در دماها و فشارهای نسبتاً کم ذخیره کنند. همچنین

کاربردهای بسیار دیگری، نظیر حرارت دادن و سرد کردن، ذخیره حرارت اتلافی، پمپاژ کردن، تنظیم فشار، پمپاژ حرارت، خالص سازی هیدروژن، جداسازی دوتریم، محصولات الکتریکی و ... نیز قابل تصور است. همچنین هیدروژن به عنوان منبع انرژی پاکیزه، پاسخی دائمی به مشکلاتی مانند اثرات گلخانه‌ای، تغییرات آب و هوایی، باران‌های اسیدی، فرسایش لایه‌ی ازن و آلودگی که در اثر استفاده از سوخت‌های فسیلی ایجاد شده‌اند، می‌باشد.

سیستم‌های بلوری

مؤلف: دکتر عزت اسلامی‌زاده

انتشارات: دانشگاه هرمزگان، ۱۳۸۵

در این کتاب راجع به رده‌های بلوری به طور مفصل بحث شده و همچنین تصاویر مربوطه ارائه گردیده است. ولی برای شناخت آنها بررسی مدل‌های ایده‌آل بلورها در آزمایشگاه ضروری است.

در واقع به نظر می‌رسد بدون صرف وقت کافی برای مطالعه و آزمایش مدل‌های سه بعدی بلوری در آزمایشگاه تشخیص تقارن و رده‌های بلوری تقریباً غیر ممکن است.



علم بلورشناسی هر چند در زمره علوم جدید محسوب می‌شود ولی پیشرفت وسایل آزمایشگاهی جهت تشخیص و بررسی ساختار بلورین مواد مختلف سبب گسترش چشمگیری در حیطه این علم و به تبع آن علم کانی شناسی گردیده است. امروزه بررسی کلیه مواد بلورین اعم از کانی یا غیر کانی در محدوده علم بلور شناسی قرار دارد و با بررسی ساختمان مواد آلی و بیولوژیکی (آنتی بیوتیک‌ها، هورمون‌ها و پروتئین‌ها) شاخه جدیدی به نام بلورشناسی پروتئین‌ها به وجود آمده است. با شناخت بلورهای بسیار ریز به کمک میکروسکوپ و پراش اشعه ایکس (X-ray)، درمی‌یابیم که در جهانی بلورین زندگی می‌کنیم، بر روی بلورها راه می‌رویم، بلورها را می‌خوریم و یا بهتر بگوییم خودمان از جنس بلوریم.

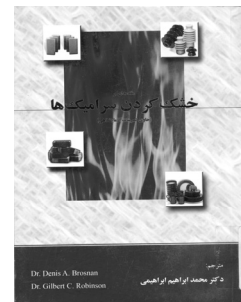
دنیای بلور یعنی دنیای تقارن، دنیای نظم و قاعده، دنیای شکل و فرق بلور با غیر بلور در همین است. شکل در برابر بی‌شکلی یا دنیای بلورها در مقابل دنیای شیشه‌ها و این دو دنیا همیشه در حال تغییر و تحول هستند. گاهی بلوری به صورت شیشه در می‌آید و به جسم بی‌شکلی تبدیل می‌شود و گاه شیشه تحت تأثیر عواملی متبلور می‌شود و اگر همه چیز بر روال طبیعی باشد، دنیای بلور بر دنیای شیشه غلبه دارد. زیرا تقریباً تمام اجسام بی‌شکل از نظر فیزیکی و شیمیایی ناپایدارند و در طول زمان گرایش به حالت تبلور دارند. یعنی هر جسم بی‌شکلی در حال شکل گرفتن است. گویی دنیا نظم و قاعده را می‌پسندد و همه چیز در آرزوی متبلور شدن است.

مقدمه‌ای بر خشک کردن سرامیک‌ها

مترجم: دکتر محمد ابراهیم ابراهیمی

انتشارات: دانش پویان جوان، ۱۳۸۶

خشک کردن بدنه‌های سرامیکی در حصول محصولی عاری از عیوب دارای اهمیت است، زیرا ترک‌های ایجاد شده در مرحله خشک کردن بر روی خواص نهایی بعد از پخت تأثیر بسزایی دارد. همچنین تسریع فرآیند خشک نمودن سرامیک‌ها از آنجاییکه فرآیند نسبتاً آهسته‌ای می‌باشد، می‌تواند بر روی سرعت تولید در صنایع ساخت سرامیک، مهم باشد. آنچه در نگاه اول به نظر می‌رسد، متأسفانه حتی مطالب تدریس شده در زمینه سرامیک‌های سنتی در دانشگاه‌های



کشور از عمق علمی و تکنیکی کافی برخوردار نیست. شاید عقیده بر این باشد که الحاق نام سنتی مبین موضوعاتی می‌شود که به عنوان فن و هنر مطرح است و پایه‌های تجربی و متکی بر سعی و خطا دارد. در صورتیکه ارتباط خوبی بین مباحث تجربی و تئوریک در این زمینه نیز وجود دارد. از طرف دیگر، به خشک کردن سرامیک‌ها که یکی از فرآیندهای ساخت سرامیک می‌باشد توجه کافی مبذول نشده و آن را فرآیندی ساده به حساب می‌آوریم. این از آن جهت است که مطالب فراوانی در سایر فرآیندهای ساخت نظیر آماده سازی مواد اولیه، شکل دادن، پخت و زینتر و اعمال لعاب در متون و مراجع علمی و دروس دانشگاهی به صورت مفصل به چشم می‌خورد و کتب فراوانی به شرح این فرآیندها پرداخته است. در مقابل، کتب و متون کمی به بحث خشک کردن سرامیک‌ها پرداخته‌اند. انتخاب این کتاب از همین منظر و وجود نقصان در منبعی جامع به ویژه به زبان فارسی، صورت گرفته است.

کتاب Introduction to Drying of Ceramic توسط Denis A. Brosnan و Gilbert C. Robinson تألیف و در سال ۲۰۰۳ توسط انجمن سرامیک آمریکا به چاپ رسیده است. از نکات برجسته این کتاب دارا بودن مباحث کاربردی و تئوری در زمینه خشک کردن سرامیک به صورت توأم می‌باشد که آنرا هم برای متخصصین دانشگاهی و هم برای متخصصین صنعتی مناسب می‌نماید. از طرف دیگر اختصاص یک فصل مشروح به آزمون‌ها و تمرینات آزمایشگاهی، همراه با شرح دقیق آزمون‌ها، روابط، جداول و نمودارها که در بعضی موارد آماده سازی، شکل دادن و پخت سرامیک را نیز شامل می‌شود، این کتاب را به منبعی مفید و کاربردی در زمینه مهندسی سرامیک تبدیل نموده است.

در مثال‌ها و مسائل مطرح شده در سراسر این کتاب، عمدتاً از مواد اولیه یا خشک کردن آجرها سخن به میان آورده شده است که از تخصص نگارندگان کتاب در این زمینه ناشی می‌شود. با این وجود، مطالب این کتاب ممکن است برای تمامی بدنه‌های سرامیکی، مورد استفاده قرار گیرند. حتی اصول و مکانیزم‌های ارائه شده و به ویژه تکنیک‌های پیشرفته خشک کردن، قابل کاربرد برای انواع سرامیک‌های سنتی و مهندسی می‌باشند. با توجه به روند ارایه مطالب تئوری همراه با مباحث کاربردی و عملی، این کتاب برای استفاده دانشجویان مهندسی مواد و سرامیک و به ویژه برای استفاده صنایع سرامیک شامل صنایع تولید آجر، کاشی، چینی و سایر سرامیک‌های سنتی و پیشرفته، سودمند می‌باشد.

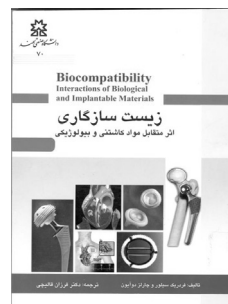
زیست سازگاری (اثر متقابل مواد کاشتنی و بیولوژیکی)

برگردان: دکتر فرزانه قالیچی

انتشارات: دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۸۶

اگرچه انسان‌ها از قرن‌ها پیش، از پوست جانوران و موادی که خاستگاه بیولوژیکی دارند استفاده می‌کرده‌اند، ولی رشته بیومتریال (جایگزینی زیستی) تنها از سه دهه به این سو است که به عنوان زمینه‌ای علمی مطرح شده است. بخش عمده آگاهی‌های ما در مورد اینکه بیومتریال چگونه با سلول‌ها و بافت‌ها رفتار می‌کنند، تنها به وسیله روش‌های آزمون و خطا و با جایگزین کردن بافت‌ها با استفاده از مواد موجود حاصل شده است. این کتاب، به بررسی مکانیزم‌های پاسخ بیولوژیکی و همچنین اثر متقابل مواد پلیمری کاشتنی با محیط بیولوژیکی می‌پردازد. ساختار و ویژگی‌های فلزات، سرامیک‌ها و کامپوزیت‌های مورد استفاده در مواد کاشتنی نیز در جلد دوم مورد مطالعه قرار خواهند گرفت.

با توسعه نگرش ما نسبت به علوم زیستی پایه و پاتوبیولوژیکی قادر خواهیم بود در زمینه نصب و استفاده نمونه‌های با کیفیت مطلوب در بدن انسان اقدام کنیم. اگر چه بسیاری از بیومتریال‌ها که امروزه به کار



می‌روند از طرح ساده‌ای برخوردار هستند، لیکن تأثیر به‌سزایی در تأمین تندرستی انسان دارند. مسلماً آینده دانش بیومتریال محدود به توانایی ما در فهم نوآوری‌ها و دستاوردهای جدید شیمی، زیست‌شناسی و پزشکی است. با وجود این، از آنجا که زمان زیادی برای طراحی و آزمودن ابزارهای نوین پزشکی صرف می‌شود، لازم است مفاهیم علمی پایه در جهت کاربردی متمرکز شوند.

نگرشی بر فناوری کاشی پرسلانی

مولفین: دکتر زیارتعلی نعمتی، مهندس حمیدرضا احمدی موغاری، مهندس سید محمود ربیعی
انتشارات: دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۶

کاشی‌های سرامیکی به‌طور معمول در شهرسازی مدرن امروزی استفاده می‌شوند که در سال‌های اخیر نیز کاربرد آنها به شدت گسترش یافته است. افزایش به‌کارگیری کاشی‌های سرامیکی در طی این سال‌ها نتیجه تلاش گروه زیادی از مهندسان و متخصصان سرامیک، معماران، طراحان و صاحبان مشاغل در بخش‌های مختلف صنعت سرامیک، عمران، معماری، شهرسازی و ساختمان است.



نگاهی به آمارهای جهانی در ابعاد مختلفی از جمله میزان تولید کشورها، تنوع محصولات ارائه شده در بازارهای جهانی، سرانه مصرف خانواده‌ها، پروژه‌های عمرانی و ساختمانی در نقاط مختلف جهان و سرانجام توسعه روزافزون جامعه شهری همراه با افزایش سطح رفاه نسبی مردم همگی بیانگر پیدایش تحولات اساسی در نوع زندگی جوامع انسانی در جهت سازگاری محیط پیرامون خود برای رسیدن به دامنه گسترده‌تری از آسایش و راحتی است.

صنعت سرامیک به مفهوم عام کلمه (که در برگزیده انواع محصولاتی همچون کاشی، چینی، شیشه و لوازم تزئینی سرامیک‌های مهندسی و غیره است)، از دیرباز در تمدن‌های صاحب نام ادوار گذشته نیز جایگاه خاصی داشته است. آثار به جای مانده از تمدن ایران باستان به ویژه پس از ورود اسلام در کالبد فرهنگ غنی ایرانی و اسلامی به خوبی در معماری‌های ارزشمند تاریخی ما بیانگر اهمیت و جایگاه ویژه محصولات سرامیک در زندگی روزگاران قدیم مردم ما بوده است.

معماری‌های جدید زندگی شهری در جوامع پیشرفته نیز رویکرد خاصی را در استفاده از محصولات متنوع کاشی و سرامیک دنبال می‌کنند. در سال‌های اخیر شاهد افزایش فوق‌العاده در حجم تولید محصولات کاشی سرامیکی در سراسر جهان بوده‌ایم که بدون شک حرکت گسترده در این صنعت ناشی از نیاز بازار و وجود مخاطبان مختلف برای استفاده از محصولات متنوع سرامیکی است. این روند تا جایی ادامه یافته است که محصولات سرامیکی از مصارف تزئینی در گنبد و بارگاه مساجد و یا دیوارهای معابد و کلیساها، به درون منزل راه یافته و در ساخت و سازهای امروزی نیز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است.

در این میان تربیت نیروی انسانی به عنوان یکی از پایه‌های اساسی توسعه هر کشور، گسترش و به‌روز نمودن تکنولوژی‌ها و حتی وارد نمودن تکنولوژی‌های نوین ساخت انواع سرامیک به کشور و سعی در بومی نمودن آن توسط متخصصان و سرمایه‌گذاری‌های کلان بخش دولتی و خصوصی، همگی گویای ایجاد بستر مناسب برای افزایش سطح تولید و ایجاد بازار کار مناسب در داخل کشور است. از نمودهای بارز این توسعه در صنایع سرامیک، گسترش صنعت کاشی، چینی، لوازم بهداشتی، شیشه، سیمان و دیرگداز است که در بسیاری از این زمینه‌ها کشور به خودکفایی رسیده و حتی به صادرات روی آورده است.

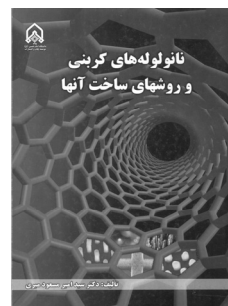
نانولوله‌های کربنی و روش‌های ساخت آن‌ها

مؤلف: دکتر سید امیر مسعود میری

انتشارات: دانشگاه امام حسین، ۱۳۸۵

با مروری به تاریخ علم و فناوری می‌بینیم که هرگاه با کشفی تازه و یا اختراعی نو نقطه عطفی در مسیر پیشرفت فناوری بشر خلق می‌شود و موجی نو به راه می‌افتد، جوامعی که در آن لحظه در خواب نباشند و سوار موج گردند، پیشرفت نموده و به سهم خود از فناوری خواهند رسید.

مثال روشن این موضوع در تاریخ معاصر علم اختراع ترانزیستور نیمه هادی و ظهور علم جدید الکترونیک بود که به سرعت تکامل یافت و با پیدایش کامپیوترهای فوق‌العاده سریع و سایر ادوات الکترونیکی پیشرفته بر تمامی



شاخه‌های دیگر علم تأثیر گذاشت و منجر به فراهم سازی بستر انتقال سریع و بی‌وقفه و پر حجم اطلاعات و بالاخره پیدایش عصر IT گردید که هم اینک شاهد آثار آن در زندگی روزمره مان هستیم.

پیشرفت الکترونیک با مینیاتوری کردن ترانزیستورها و کاهش اندازه و توان مصرفی آن‌ها و افزایش سرعت، دقت و تراکم آنها بر روی تراشه‌های نیمه هادی حاصل شد. فناوری سنتی میکروالکترونیک با رسیدن به ابعاد چند ده نانومتری نزدیک نقطه پایانی خویش بود که ناگهان زمزمه‌های نانوفناوری به گوش رسید و بشر دریافت که با تکیه بر این فناوری نه تنها می‌تواند نقطه عطفی در الکترونیک را رقم زند، بلکه با توجه به خواص کاملاً جدید و منحصر به فرد ذرات در ابعاد نانومتری این فناوری می‌تواند تحولی بسیار عظیم‌تر، سریع‌تر و فراگیرتر از هر آنچه که تا به حال بشر به آن رسیده بود را ایجاد نماید. فناوری نانو ابعاد گسترده‌ای را شامل می‌گردد که در فصل اول این کتاب به طور خلاصه به توضیح آن پرداخته شده است.

یکی از مهمترین اجزای این فناوری نانولوله‌های کربنی هستند. نانولوله کربنی یک ساختار منحصر به فرد از اتم‌های کربن می‌باشد که به دلیل ویژگی‌های خاص آن به آن کربن جادویی نیز گفته می‌شود. تکیه اصلی این کتاب به روش‌های ساخت و تلخیص نانولوله‌های کربنی می‌باشد، که در نگارش آن سعی شده است از زیاده نگاری خودداری شود و مباحث به طور مختصر و مفید ارائه گردد. همچنین، در استفاده از متون گردآوری شده سعی بر انتقال ساده مفاهیم، شده است. لیست کاملی از مراجع مورد استفاده در انتهای هر فصل ارائه شده که خواننده می‌تواند در صورت نیاز به توضیحات بیشتر به آنها رجوع کند. این کتاب برای بهره‌برداری کلیه علاقه‌مندان و محققین در حوزه نانولوله‌های کربنی تنظیم شده است و با توجه به اینکه این فناوری یک فناوری بین رشته‌ای است، سعی شده است مطالب به طور ساده و قابل درک بیان شود تا بتواند مورد استفاده تمامی علاقه‌مندان از رشته‌های الکترونیک، فیزیک، شیمی، مواد و غیره باشد و مطالعه آن برای دانشجویان و پژوهشگران این رشته، پیشنهاد می‌شود.

تقویم همایش‌ها

Glasspex Index 2009

New Delhi, India
December, 2-4 2009
www.mdna.com

Clean-Tech Investor Summit – Palm Springs

Calif
January, 20–21 2010
www.cleantechsummit.com

Electronics Materials and Applications 2010

Royal Plaza
Hotel, Walt Disney World Plaza Resort, Orlando, Fla.
January, 20–22 2010
www.ceramics.org/ema2010

34th Int'l Conference on Advanced Ceramics and Composites 2010

Hilton Daytona Beach Resort and Ocean Center, Daytona Beach, Fla.
January, 24–29 2010
www.ceramics.org/daytona2010

QUALICER'10 - XI FORUM ON CERAMIC TILE 2010

Castellon, Espana
February, 14-17 2010
www.qualicer.org

Materials Challenges in Alternative & Renewable Energy Sources 2010

Hilton Cocoa Beach Oceanfront, Cocoa Beach, Fla.
February, 21–24 2010
www.ceramics.org/materialschallenges2010

PITTCON Conference and Expo 2010

Orange County Convention Center, Orlando, Fla.
March 5, February 28 2010
www.pittcon.org

St. Louis Section and ACerS Refractory Ceramics Division 46th Annual Symposium, "Innovative Materials for Energy Efficiency" 2010

St. Louis, Mo.
March, 24–25 2010
www.ceramics.org/divisions/refractory-ceramics-division

کنگره بین‌المللی جوش و روش‌های اتصال

مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران، تهران
۱۳۸۸ آذر ۹–۱۲



اولین همایش سراسری نقش علوم پایه در فناوری نانو

دانشگاه امام حسین تهران

۱۸-۱۹ آذر ۱۳۸۸

ششمین همایش دانشجویی فناوری نانو

دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

۱۸-۲۰ آذر ۱۳۸۸

هجدهمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی، سرامیک و چینی بهداشتی

محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران

۱۹-۲۲ آذر ۱۳۸۸

دهمین نمایشگاه هفته پژوهش و فناوری

مصلی بزرگ امام خمینی (ره) تهران

۲۲-۲۶ آذر ۱۳۸۸

نخستین نمایشگاه تخصصی بین‌المللی کاشی و سرامیک

هانوفر، آلمان

۲۶-۲۹ دی ۱۳۸۸

سومین کنفرانس مهندسی معدن ایران

دانشگاه یزد

۷-۹ بهمن ۱۳۸۸

سومین نمایشگاه تخصصی صنعت ساختمان، کاشی و سرامیک

محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی بوشهر

۱۵-۱۸ بهمن ۱۳۸۸

چهارمین کنفرانس ملی خلاء

انجمن خلاء ایران، اصفهان

۴ و ۵ اسفند ۱۳۸۸

سمپوزیوم فولاد ۸۸

شرکت فولاد آلیاژی ایران، یزد

۱۱ و ۱۲ اسفند ۱۳۸۸

نخستین نمایشگاه دستاوردهای زیست فناوری ایران

مصلی بزرگ امام خمینی (ره) تهران

۲۴-۲۶ فروردین ۱۳۸۹

دومین همایش ملی نانو مواد و نانو تکنولوژی

دانشگاه آزد اسلامی واحد نجف آباد

۱۵ و ۱۶ اردیبهشت ۱۳۸۹



انجمن تخصصی انجمن سرامیک ایران

<p>ایران آیمدی مدیر عامل: مهندس یوسف مطلب لو آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان شیراز شمالی، نبش کوچه شهریار، ساختمان ۳۳، واحد ۱۲ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۷۰۷۱ نشانی سایت: www.imdco.net</p>	<p>آپادانا سرام مدیر عامل: مهندس مهران گلچینی آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان توانیر شمالی، کوچه هومان، پلاک ۷، کدپستی: ۱۴۳۵۶۳۳۳۸۱ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۸۶۷۱-۴ نشانی سایت: www.apadanaceram.com</p>
<p>پژوهشگاه مواد و انرژی مدیر عامل: دکتر خطیب الاسلام صدرنژاد آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان آرژانتین، انتهای خیابان الوند، کوچه جوبین، پلاک ۱۶ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۷۱۶۲۶-۲۷ نشانی سایت: www.merc.ac.ir</p>	<p>پژوهشگاه صنایع رنگ مدیر عامل: دکتر علی اکبر یوسفی آدرس دفتر مرکزی: تهران، بزرگراه صیاد شیرازی شمالی، خروجی لویزان، میدان حسین آباد، خیابان وفامنش، نبش کوچه شمس، پلاک ۵۹، کدپستی: ۱۶۶۸۸۱۴۸۱۱ صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴ تلفن: ۰۲۱-۲۲۹۴۴۱۸۴ نشانی سایت: www.icrc.ac.ir</p>
<p>تولیدی و صنعتی سامان کاشی مدیر عامل: سید کمال سیدمحسنی آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد، بین نفت و مدرس، شماره ۲۳۹ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۵۸۸۲۱ نشانی سایت: www.samantile.com</p>	<p>تکافو مدیر عامل: مهندس آرمان روح الامین آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، شهرک صنعتی اشترجان، خیابان ۱۱ تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۵-۳۴۸۲۸۶-۹ نشانی سایت: http://takafou.sme.ir</p>
<p>تهیه و تولید مواد نسوز کشور مدیر عامل: مهندس علیرضا باقری آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان یوسف آباد، خیابان ابن سینا، نبش خیابان ۳۱ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۱۹۷۷ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۱۴۴۵۹ نشانی سایت: www.irrep.com</p>	<p>تهیه و تولید مواد اولیه آریاکانی اسپادانا مدیر عامل: مهندس محمدرضا پویامهر آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان شیخ صدوق شمالی، کوچه شهید مرادی، بن بست دوم، پلاک ۲۵، طبقه ۲، کدپستی: ۸۱۶۴۸-۳۵۳۱۴ صندوق پستی: ۸۱۶۴۸-۱۵۳ تلفن: ۰۳۱۱-۶۶۱۷۵۳۷-۸</p>

چینی اصفهان

مدیر عامل: حسین حقایق خراسانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان محسنی، خیابان وزیر پور، خیابان کاووسی، ساختمان شماره ۳، طبقه ۲، واحد ۶

صندوق پستی: ۸۱۴۶۵-۱۵۶۹

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۲۹۹۶

چینی زرین ایران

مدیر عامل: مهندس عباسعلی قصابی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان ونک، ساختمان شماره ۲۹، کدپستی: ۱۹۹۴۶۱۸۵۱۱

صندوق پستی: ۱۵۱۷۵/۵۳۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۷۰۰۴۴

نشانی سایت: www.zariniran.com

چینی نور

مدیر عامل: محمد بیک وردی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بزرگراه آفریقا، بالاتر از چهارراه جهان کودک، جنب پارک خشایار، ساختمان کوشیار، طبقه ۲، واحد ۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۸۶۵۹۹

نشانی سایت: www.chininour.com

دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا

معاون پژوهشی: دکتر نصیریان

آدرس: شهرضا، کیلومتر ۲ جاده بروجرد

صندوق پستی: ۸۶۱۴۵-۳۱۱

تلفن: ۰۳۲۱-۳۲۴۳۰۰۱-۵

دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد

مدیر گروه سرامیک: مهندس داود قهرمانی

آدرس: میبد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد

صندوق پستی: ۸۹۶۱۵-۱۷۵

تلفن: ۰۳۵۲-۷۷۸۰۱۶۱-۴

نشانی سایت: www.iaumaybod.ir

رنگدانه‌های سرامیکی گهر فام

مدیر عامل: مهندس حامد مهینی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، شهرک صنعتی خضرآباد، بلوار آفاقیا، خیابان زیتون

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۱-۷۲۷۲۴۴۸

سارا لعاب میبد

مدیر عامل: مهندس مصطفی جعفری پور میبدی

آدرس دفتر مرکزی: میبد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار نسترن، انتهای بلوار سمت راست

صندوق پستی: ۸۹۶۱۵-۱۵۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۲-۷۷۷۲۲۲۸

نشانی سایت: www.saralaab.com

سرامیک البرز

مدیر عامل: مهندس داریوش محمودی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، ملاصدرا، شیراز جنوبی، کوچه اتحاد، شماره ۱۹/۲ کد پستی: ۱۴۳۵۸۱۴۳۶۴۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۵۵۸۹۰-۳

نشانی سایت: www.alborzceramic.com

سرامیک‌های صنعتی اردکان

مدیر عامل: مهندس اکبر بصیری

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، میدان آزادی، ابتدای خیابان سعادت آباد، پلاک ۱، طبقه ۴، واحد ۸

صندوق پستی: ۸۱۶۴۵-۴۷۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۱-۶۶۸۷۷۷۲

نشانی سایت: www.aic.ir

سیماب زرین

مدیر عامل: مهندس غلامرضا علیپوریان

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیراز جنوبی، کوچه فلاخی، پلاک ۲۷، طبقه ۳

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۱۵۸۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۲۱۱۲۱۶-۸

نشانی سایت: www.simabresin.com

شرکت اشکان پارت آفرین

مدیر عامل: اشکان غفاری

آدرس دفتر مرکزی: تهران، یوسف‌آباد، خیابان دوم، پلاک ۳، طبقه چهارم کدپستی: ۱۰۴۲۱۷۱۷۱۶

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۹۲۶۱۸

شرکت روشاک تجارت

مدیر عامل: آرش حاجی سیدجوادی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، ساختمان تجاری و اداری فرهاد، طبقه ۳، واحد ۳۰۱ کدپستی: ۱۴۳۵۷۹۳۱۴۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۳۳۶۶-۷

نشانی سایت: www.rooshak.com



شرکت سرمایه گذاری صدرتامین

مدیرعامل: مهندس محمد کاظمی خالدي

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولیعصر، نرسیده به چهارراه پارکوی، خیابان خاکزاد، پلاک ۲۱ کدپستی:

۱۹۶۶۶۴۷۹۱

تلفن: ۰۲۱-۲۶۲۱۰۰۴۴-۹

نشانی سایت: www.stic.ir

شرکت کاشی یزد

مدیرعامل: محمدهادی شیرازی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، بعد از دروازه قرآن، شرکت

کاشی یزد

تلفن: ۰۳۵۱-۵۲۱۰۱۰۱-۴

نشانی سایت: www.yazdtileco.com

شرکت مهندسی بازرگانی درداران سریر

مدیرعامل: مرتضی طهماسبی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولیعصر، خیابان

فتحی شقاقی، میدان سلماس، پلاک ۳، طبقه ۳

کدپستی: ۱۴۳۱۷۵۳۱۱۶

تلفن: ۰۲۱-۸۸۳۳۷۳۶۶-۸

نشانی سایت: www.sarirco.com

صدف لعاب یزد

مدیرعامل: مهندس فرامرز خیبری

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان استاد مطهری،

خیابان فجر(جم)، کوچه مدائن، پلاک ۱۸، طبقه اول

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۳۵۲۱۶

نشانی سایت: www.sadafloadyazd.ir

صنایع کاشی اصفهان

مدیرعامل: مهندس حسینعلی دانش پناه

آدرس دفتر مرکزی: تهران، پاسداران، بوستان دهم،

پلاک ۲

صندوق پستی: ۱۵۸۱۵/۳۱۶۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۵۴۴۱۶۰

نشانی سایت: www.isfahantile.com

صنایع کاشی خزر

مدیرعامل: مهندس محمدجواد برازجانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، ضلع شمال غربی میدان

فردوسی، ساختمان شهید، طبقه ۲؛ کد پستی: ۱۵۹۹۹۴۵۵۱۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۰۸۹۴۵-۷

نشانی سایت: www.khazar-Tile.com

صنایع کاشی نیلوفر

مدیرعامل: مهندس علیرضا ناصری

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار فردوسی، مجتمع

تجاری اسکان، طبقه ۱، واحد ۲ کد پستی: ۹۱۸۷۶۷۵۴۷۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۷۶۲۳۳۳۶

نشانی سایت: www.niloofartile.com

صنعت سرام

مدیرعامل: مهندس علیرضا غفاری

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان فرجام، بین

چهارراه خاور و ولیعصر، پلاک ۱۸۹، واحد ۱۱، کد

پستی: ۱۶۸۴۷۹۵۱۶۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۷۲۳۵۸۹

صنایع کاشی و سرامیک الوند

مدیرعامل: مهندس فرخ سمیعی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولی عصر، خیابان

شهید سعیدی، شماره ۶۰

صندوق پستی: ۱۹۳۹۵-۳۱۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۵۷۸۱۱

نشانی سایت: www.alvancer.com

صنایع کاشی و سرامیک سینا

مدیرعامل: مهندس یحیی ماله میرچگینی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد، بعد از میدان

مادر، پلاک ۲۳

صندوق پستی: ۱۵۷۴۵-۶۹۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۷۳۳۰۱

نشانی سایت: www.Sina-tile.com

فراورده‌های نسوز پارس

مدیرعامل: محمدحسین فهیمی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان گلها، بلوار گلها،

ساختمان شماره ۲۳۲ (میلاد)، طبقه ۴ و ۵، کدپستی:

۱۹۶۷۹-۱۶۹۶۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۳۳۸۱۱۰

نشانی سایت: www.pars-ref.ir

فراورده‌های نسوز سومین هزاره

مدیرعامل: مهندس بهرنگ ترابی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان چهارباغ بالا،

مجتمع تجاری پارک اصفهان، ورودی ۴، پلاک ۵۳۰، طبقه

۲، کد پستی: ۸۱۶۸۶۹۵۵۴۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۱-۶۶۷۰۷۱۷



فصلنامه الماس

مدیریت: رضا سید زاده

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان کارگر شمالی، بین نصرت و بلوار کشاورز، ساختمان ۱۶۹، طبقه ۳، واحد ۲۹، کدپستی: ۱۴۱۷۹-۹۳۳۱۹

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۵۲۰۲۲-۳

نشانی سایت: www.almas-magazine.com**کائولین و خاکهای نسوز خراسان**

مدیر عامل: مرتضی زیارت نیا

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار فلسطین، فلسطین ۱۴، پلاک ۲۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۷۶۷۳۰۳۴-۵

نشانی سایت: www.kaolin-co.com**کاشی ایرانا**

مدیر عامل: مهندس عباس خلیلی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، کیلومتر ۱۳ جاده مخصوص کرج، روبروی کارخانه ایران خودرو
صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۱۱۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۴۴۹۰۵۰۰۱-۵

نشانی سایت: www.irana-tile.com**کاشی تیما**

مدیر عامل: دکتر محمدمهدی ناصری

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، شهرک صنعتی طوس، فاز ۲، بلوار اندیشه، انتهای دانش ۲
کد پستی: ۹۱۸۵۱۱۳۱۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۵۴۱۳۹۹۰

نشانی سایت: www.tima-tile.com**کاشی فیروزه مشهد**

مدیر عامل: حسین سقاء رضوی

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار سجاده، چهارراه خیام، مجتمع تجاری طوس، طبقه پنجم و ششم
تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۷۶۷۰۰۰۱

نشانی سایت: www.firoozehtile.com**کاشی کورد**

مدیر عامل: مسعود ابراهیمی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، سه‌رودی شمالی، هوپزه شرقی، پلاک ۳۴
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۶۵۰۳۰

نشانی سایت: www.cordgroup.com**کاشی مرجان**

مدیر عامل: مهندس فرزاد معصومی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان چهار باغ بالا، کوچه زیتون، پلاک ۲۸، کدپستی: ۸۱۷۳۶۸۷۱۵۵
صندوق پستی: ۸۱۶۵۵-۴۹۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۱-۶۲۴۸۰۱۹

نشانی سایت: www.marjantileco.com**کاشی مسعود ایران**

مدیر عامل: مهندس محمد حسین فرشادپور

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان آفریقای شمالی، ساختمان مرکز تجارت ایران، طبقه ۹، واحد ۶
کدپستی: ۱۹۶۶۹۴۴۸۷۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۶۲۱۲۶۳۵-۳۷

نشانی سایت: www.masoudtile.com**کاشی نیلو**

مدیر عامل: مهندس فرزاد معصومی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان حکیم نظامی، ابتدای محشم کاشانی، ساختمان کاشی نیلو، کد پستی: ۸۱۷۵۸-۸۹۷۷۱

صندوق پستی: ۸۱۷۳۵-۳۳۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۳۱-۶۲۵۴۱۲۶

نشانی سایت: www.NilouTile.com**گلزار فارس**

مدیر عامل: مهندس جمال شایگان

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار کریم خان زند، خیابان به آفرین، نیش رودسر، ساختمان ۲، طبقه پنجم، کدپستی: ۱۵۹۳۶۶۱۴۵۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۳۹۰۰۱-۳

نشانی سایت: www.golsarfars.com**لعاب مشهد**

مدیر عامل: دکتر عباس یوسفی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیراز جنوبی، کوچه اتحاد، شماره ۱۳، طبقه ۲
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۳۶۹۶

لعاب یاس فارس

مدیر عامل: مهندس اکبر کریمی علویجه

آدرس: شیراز، ۵ کیلومتر بالاتر از پلیس راه شیراز- بوشهر، جاده اختصاصی گاز
صندوق پستی: ۷۱۹۵۵-۴۶۸

تلفکس: ۰۷۱۱-۸۳۰۱۹۹۰

لعابیران

مدیر عامل: مهندس عبدالرضا رجایی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان گاندی
شمالی، کوی شهید صانعی، شماره ۱۰، کدپستی:
۱۹۶۹۹۴۵۳۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۹۵۱۴۱-۲

نشانی سایت: www.loab.iran.com

مجتمع تحقیقاتی جهاد دانشگاهی استان یزد

مدیر عامل: مهندس سیدحسین میرحسینی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، خیابان مهدی، جهاد
دانشگاهی استان یزد

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۲-۸۲۱۲۷۳۰

مجتمع تولیدی چینی مقصود

مدیر عامل: مهندس علی گلکار

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولی عصر، بالاتر از
پارک ساعی، نیش کوچه ۳۴، پلاک ۱۱۵۹، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۸۶۹۸۵

نشانی سایت:

www.maghsoudporcelain.com

مجتمع کارخانجات تولیدی توس چینی

مدیر عامل: مهدی کاملان نجار

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، ضلع غربی میدان احمدآباد،
پلاک ۱۲، کدپستی: ۹۱۸۳۸۱۷۱۹۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۸۴۱۶۸۸۰

نشانی سایت: www.toosporcelain.com

معدنی و صنعتی سوراوجین عقیق

مدیر عامل: مهندس حمیدرضا معصومی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، سعادت آباد، خیابان علامه
شمالی، انتهای کوچه اقبال ملی، شماره ۶۹، طبقه همکف،
واحد ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۸۱۳۷۳

نشانی سایت: www.iranclay.com

مقره سازی صدف گستر زنجان

مدیر عامل: مهندس مهشید امیر مقدمی

آدرس دفتر مرکزی: زنجان، شهرک صنعتی شماره ۱
(علی آباد)، فاز ۳، خیابان سهروردی

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۴۱-۲۲۲۱۷۷۱-۲

نشانی سایت: www.zsginsulator.com



امتیازات عضویت حقوقی انجمن سرامیک ایران

امتیازات عضویت حقوقی انجمن سرامیک ایران (ویژه شرکت‌های عضو)

انجمن سرامیک ایران با هزینه عضویت سالانه ۱/۵۰۰/۰۰۰ ریال امکانات زیر را جهت اعضای حقوقی خود در نظر می‌گیرد:

- ۱- نام اسامی شرکت‌های عضو انجمن سرامیک ایران در مناسبت‌های مختلف در نشریه سرامیک یا در مجامع علمی و تجاری که انجمن سرامیک ایران حضور می‌یابد اعلام می‌گردد.
 - ۲- این شرکت‌ها از تخفیف‌های در نظر گرفته شده جهت اعضا در دوره‌های آموزشی برخوردار می‌گردند.
 - ۳- در صورت تمایل به تبلیغ در کتاب راهنمای سرامیک و فصلنامه سرامیک ایران که تنها مجله علمی ترویجی صنعت سرامیک می‌باشد که با تیراژ ۱۰۰۰ نسخه در مراکز صنعتی و دانشگاهی (کارخانجات سرامیک و مراکز علمی) توزیع می‌گردد از تخفیفات ویژه اعضا استفاده می‌نمایند.
 - ۴- در کنگره‌های سرامیک اسامی اعضای حقوقی در بیلبوردهای تبلیغاتی اعلام گشته و در مجموعه مقالات کنگره‌ها نیز درج می‌گردد.
 - ۵- شرکت‌های عضو می‌توانند سطوح مختلف حمایت را از کنگره‌های انجمن به عهده گرفته و در این همایش‌ها شرکت نمایند.
 - ۶- اعضا حقوقی انجمن سرامیک ایران می‌توانند بعنوان برگزار کننده کنگره‌های سرامیک کشور که با حضور عموم متخصصان و علاقه‌مندان سرامیک برگزار می‌شوند، مشارکت داشته و از مزایای تبلیغاتی آن بهره‌مند شوند.
 - ۷- در نمایشگاه تخصصی سرامیک ایران که همزمان با کنگره سرامیک برگزار می‌گردد تخفیف اعضا به این شرکت‌ها تعلق می‌گیرد.
 - ۸- امکان برگزاری دوره‌های آموزشی اختصاصی جهت شرکت‌های عضو در محل کارخانه
 - ۹- دریافت مستمر مجلات منتشر شده انجمن سرامیک ایران بدون پرداخت هزینه
 - ۱۰- امکان ثبت نام و مشارکت جمعی کارشناسان شرکت‌ها و بهره‌مندی از تخفیف حضور در کنفرانس‌ها
 - ۱۱- ارائه مشاوره‌های تخصصی در صورت درخواست شرکت‌ها
 - ۱۲- بهره‌مندی از تبلیغات رایگان انجمن سرامیک ایران در مناسبت‌های مختلف یا در انتشارات انجمن
 - ۱۳- درج اخبار صنعتی شرکت‌ها در فصلنامه سرامیک ایران بصورت رایگان
- در صورت تمایل به عضویت انجمن خواهشمند ضمن تکمیل فرم عضویت حقوقی مبلغ ۱/۵۰۰/۰۰۰ ریال (معادل یکصد و پنجاه هزار تومان) بابت حق عضویت به شماره حساب ۱۸۵۸۴۶۷۸/۷۱ بانک ملت شعبه دانشگاه علم و صنعت ایران (کد شعبه ۶۸۴۲) به نام انجمن سرامیک ایران واریز نموده و کپی فیش را به همراه فرم به دفتر انجمن سرامیک ارسال نمایید.
- تهران، نارمک، خیابان فرجام، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مواد و متالورژی، دفتر انجمن سرامیک ایران، تلفکس: ۷۷۸۹۹۳۹۹ تهران صندوق پستی: ۱۱۱-۱۶۸۴۵



انجمن سرامیک ایران

فرم درخواست عضویت مؤسسات و شرکتها در انجمن سرامیک ایران

نام کامل مؤسسه:

سال تأسیس:

نام مدیر عامل:

نوع تولید / خدمات:

تعداد کارکنان:

میزان تولید سالانه:

آیا صادرات دارید؟ چقدر و به کدام کشورها؟

نشانی دفتر مرکزی:

کد پستی / صندوق پستی:

دورنگار:

تلفن:

نشانی کارخانه:

دورنگار:

تلفن:

آدرس وب سایت:

پست الکترونیک:

مهر و امضا

تاریخ

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 - 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- مراجع در متن با شماره مربوط به خود مشخص شوند.
 - ۱۲- متن مراجع و منابع به صورت کامل حاوی نام نویسندگان، عنوان و نام مجله یا کتاب و سال انتشار باشد.
1. D. E. Clark and E. C. Ethridge. "Corrosion of glass enamels", J. Am. Ceram. Soc. Bull. 60[6]: 647-649 (1981).
 2. K. A. Maskall and D. White. "Vitreous Enamelling". (Oxford: Pergamon Press, 1986).

۳- شیمی تجزیه پیشرفته، دکتر محمد ادریسی، ۱۳۸۱، انتشارات امید مجد

- ۱۳- انتظار می رود تعداد صفحات مقاله از حداکثر ۱۰ صفحه تجاوز نکند.
- ۱۴- 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.
- ۱۵- نام نویسندگان به صورت کامل اما بدون ذکر القاب و عناوین با نشانی دقیق آورده شود.
- ۱۶- ضمن رعایت نکات ذکر شده خواهشمند است همراه با اصل مقاله، سه کپی از آن بدون مشخصات و نام نویسنده و CD حاوی مقاله و تصاویر به همراه نشانی کامل پستی، شماره تلفن و دورنگار نویسنده ارسال شود.
- ۱۷- 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.

