



سال دهم، شماره پنجاه و سوم

بهار ۱۳۹۷

ISSN: ۱۷۲۵-۳۲۵۱

« با درجه علمی ترویجی »

صاحب امتیاز: انجمن سرامیک ایران

مدیر مسئول: دکتر مسعود محبی

سردبیر: دکتر علیرضا سوری

مدیر اجرایی: سعیده علیشاهی

گردآوری مطالب: محبوبه پیریایی

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@jicra.ir

نشانی سایت اینترنتی: www.jicra.ir

طراحی، گرافیک و صفحه آرای: تمام طرح ۷۷۲۰۹۲۲۸

هیات تحریریه:

دکتر علیرضا آقایی	پژوهشگاه مواد و انرژی
دکتر محمد رضوانی	دانشگاه تبریز
دکتر رسول صراف ماموری	دانشگاه تربیت مدرس
دکتر پروین عزیزاده	دانشگاه تربیت مدرس
دکتر حسین مولایی	شرکت ایرانا
دکتر علیرضا میرحبیبی	دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر رحیم نقی زاده	دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر علی محمد هادیان	دانشگاه تهران
دکتر عباس یوسفی	شرکت لعاب مشهد

گروه مشاوران:

دکتر علی اصغر بهنام قادر	پژوهشگاه مواد و انرژی
مهندس نادر خلیلی	فرآورده‌های دیرگداز مهر آریان فارس
مهندس سیروس روشنفکر فلاح	شرکت تجهیز مواد پیشگام
مهندس محمد روشنفکر فلاح	انجمن تولید کنندگان کاشی و سرامیک کشور
مهندس میر حسام الدین داعی نیایی	شرکت گل سرخ گستر آمل
مهندس علی زاویه	انجمن صنفی کارفرمایی صنعت مواد نسوز
مهندس حسین زجاجی	انجمن صنفی صنعت شیشه
مهندس محمود سالاریه	شرکت آرمیتاز
دکتر آرمان صدقی	دانشگاه بین الملل امام خمینی
دکتر احمد صفری	دانشگاه ایالتی نیوجرسی
مهندس حسین عزیزیان	صنعت سیمان
دکتر مهران غفاری	شرکت اشکان پارت آفرین
دکتر عباس فاضلی	سازمان زمین شناسی کشور
دکتر کاووس فلامکی	دانشگاه امیرکبیر
مهندس عباسعلی قصابی	شرکت چینی زرین ایران
مهندس حسین قصابی	دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر ابراهیم قاسمی	پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ
دکتر کاظم قنبری	دانشگاه شفیلد انگلستان
دکتر مهرداد کشمیری	دانشگاه بریتیش کلمبیا
دکتر علیرضا گنجی	شرکت معدنی و صنعتی سوراوچین عقیق
دکتر حمیدرضا نعمتی	شرکت لعابیران
دکتر امیر عباس نوربخش	دانشگاه آزاد

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

۱	تازه‌ها
۱	اخبار انجمن سرامیک ایران
۱	گزارش حضور در نمایشگاه سرامیتک مونیخ آلمان
۵	مراسم تقدیر از جناب آقای دکتر سرپولکی
۶	مصاحبه آقای دکتر فرهاد گلستانی فرد (رئیس پیشین انجمن سرامیک ایران)
۸	اخبار شرکت‌ها
۸	کاشی مرجان، عضو حقوقی انجمن سرامیک ایران برنده جایزه ملی تعالی ...
۸	تحول رو به جلوی صنعت کاشی
۹	دست فعالان صنایع کاشی را بسته و به دریا انداخته‌اند.
۱۰	راه اندازی دوباره بزرگ‌ترین کارخانه تولید کننده سرامیک در مرند
۱۱	برای مشارکت در تولید کاشی و سرامیک: سرمایه گذاران ترکیه به قزوین آمدند.
۱۳	اخبار علمی
۱۳	تبدیل پلیمر مایع به محصول سرامیک درجه حرارت بالا
۱۳	کامپوزیت فوق سبک گرافن- سرامیک جدید معرفی شد.
۱۴	طناب و نوارهای سرامیکی
۱۴	با نانوفناوری؛ آب خاکستری کارواش به چرخه مصرف بازگشت.
۱۵	الهام از بال سنجاقک برای تولید سطوح آنتی‌باکتریال
۱۶	سنتز آزمایشگاهی نانوپوشش‌های گالوانیزه با خاصیت ترمیم‌شوندگی نانوالگودهی ...
۱۶	ویرایش جدید مقررات ملی ساختمان؛ نقش فناوری نانو پیرنگ‌تر از قبل
۱۸	مقالات مروری
۱۸	بررسی تاثیر عناصر آلیاژی واسطه و دیرگداز بر قابلیت آمورف شدن شیشه فلزات پایه آهن
۲۸	سرامیک‌های زیستی و الکترورسی پیشرفته
۳۶	مقالات پژوهشی
۳۶	حرارت‌دهی مایکروویو برای سنتز پودر تک فاز بارییم تیتانات
۴۳	اثرات جایگزینی اکسید پتاسیم با اکسید سدیم بر خواص فیزیکی چینی سخت
۵۰	تازه‌های نشر
۵۱	معرفی پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی
۵۳	لیست اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران
۶۱	تقویم رویدادهای سرامیک

اخبار انجمن سرامیک ایران

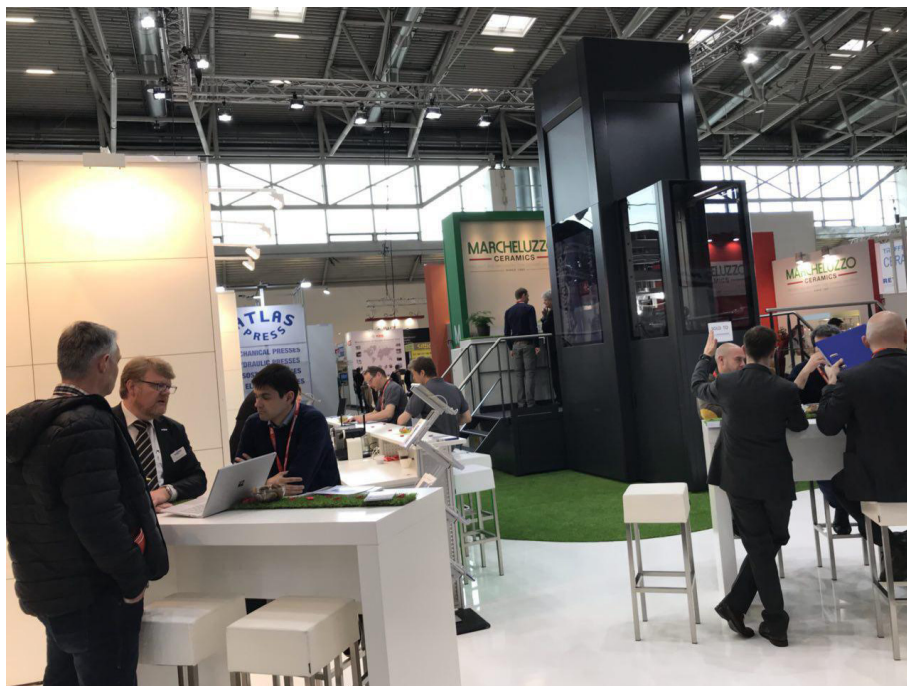
گزارش حضور در نمایشگاه سرامیتک مونیخ آلمان
Cermitec, Munich, April 2018
دکتر فرهاد گلستانی فرد

مقدمه

نمایشگاه سرامیتک شهر مونیخ آلمان (Cermitec) هر سه سال یک بار با حضور تولیدکنندگان و دست اندرکاران زمینه سرامیک برپا می‌گردد. این نمایشگاه بزرگ‌ترین و معتبرترین محل برای عرضه‌ی فناوری، تولید و فعالیت‌های تجاری در زمینه سرامیک می‌باشد. در فروردین سال جاری (۱۳۹۷) اینجانب به نمایندگی از انجمن سرامیک ایران در این نمایشگاه شرکت و سخنرانی در زمینه "توسعه و پژوهش در زمینه سرامیک در ایران" ارائه نمودم. در ادامه اطلاعات مختصری از این رویداد ارائه می‌گردد.

نمایشگاه سرامیتک ۲۰۱۸ در یک نگاه

در آخرین نمایشگاه سرامیتک مونیخ بیش از ۶۳۰ شرکت و یا موسسات مربوط به زمینه‌های تجاری، دانشگاهی و تولیدی به مدت ۴ روز توانمندی‌های خود را ارائه نموده بودند. تقریباً تمام زمینه‌های سرامیکی، از مواد اولیه و فرایندهای شکل‌دهی و پخت گرفته تا طراحی و استراتژی‌های پیشرفته و تخصصات دانشگاهی در این نمایشگاه به چشم می‌خورد. البته زمینه متالورژی پودر هم همجوار با مواد سرامیکی پوشش داده شده بود. حضور بیش از پانزده هزار بازدیدکننده که طبق آمار بیش از ۹۵٪ آنها نمایشگاه را خیلی خوب ارزیابی کرده بودند، نشان دهنده کیفیت خوب سرامیتک سال ۱۳۹۷ بود. علاوه بر شرکت‌های آلمانی بیش از ۴۰ کشور دیگر نیز برای تولیدات خود غرفه گرفته بودند که از آن میان چین، فرانسه، اسپانیا و پرتغال به ترتیب بیشترین غرفه را داشتند. آمار گزارش نهایی نشان می‌دهد که بیش از ۶۰٪ بازدیدکنندگان از خارج از آلمان بودند که از آن میان ایتالیا، چین، ترکیه، اتریش و روسیه بیشترین بازدیدکننده را داشتند. طبق آمار ثبت شده در دفتر مدیریت نمایشگاه بیش از ۴۰ نفر ایرانی نیز از بازدیدکنندگان بودند و البته فقط یک غرفه از ایران حضور داشت که مربوط به خاک چینی و کائولن زنون بود.





کنفرانس انجمن سرامیک آلمان

در جوار نمایشگاه سرامیتک، نود و سومین کنفرانس و نشست انجمن سرامیک آلمان (DKG) برگزار گردید. به نظر بنده سازمان‌دهی سخنرانی‌های تخصصی در زمینه‌های مختلف و برای هر روز می‌تواند راهنمای خوبی برای نمایشگاه‌های ایران باشد. برای نمونه در زمینه‌های سرامیک‌های فنی و مهندسی، متالورژی پودر و وضعیت سرامیک در کشورهای دیگر، آجرهای ساختمانی، توسعه فن آوری Additive Manufacturing هر کدام در یک نصف روز و با تعداد حدود ۱۰-۵ سخنرانی پوشش داده می‌شد و البته پانل بحث و گفتگو نیز پیش‌بینی شده بود. حضور در این سخنرانی‌ها و خصوصاً چند سخنرانی کلیدی این باور را تقویت می‌کرد که سرامیک در آینده‌ای نه چندان دور کاربردهای بیشتری را پوشش داده و پتانسیل بزرگی در توسعه فناوری‌های آینده خواهد داشت. البته مقایسه نمایشگاه سال جاری با نمایشگاه سه سال قبل نشان دهنده تحولات عظیمی در زمینه سرامیک بود. تعداد غرفه‌هایی که سرامیک‌های مهندسی و یا سرامیک‌های پیشرفته را پوشش می‌دادند تقریباً دو برابر دوره قبل شده بود. تمام دستگاه‌های تولید از پرس و کوره گرفته تا مخلوط کن و خرد کننده به شدت به طرف دیجیتال شدن و اتوماسیون، دقت‌ها و سرعت‌های بالاتر رفته بودند. تکنولوژی additive manufacturing توسعه زیادی یافته و به نظر می‌رسد طی ده سال آینده مهم‌ترین روش تولید خواهد بود.



سخنرانی توسعه پژوهش در زمینه سرامیک در ایران

همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، در این سخنرانی که به مدت ۳۰ دقیقه توسط اینجانب در روز دوم همایش ارائه گردید، محل برگزاری تقریباً پر شده بود و استقبال از سخنرانی با اینکه ساعت ۹:۳۰ صبح بود به نظر بنده خوب بود. سخنرانی در محورهای وضعیت صنعت، وضعیت دانشگاه‌ها در تربیت نیروی انسانی، وضعیت پژوهش، نقاط قوت و ضعف تنظیم شده بود. البته در فضای سیاسی که در زمان کنفرانس بر روابط بین‌المللی ایران سایه انداخته بود موجب سؤالات فراوانی گردید. مثلاً تحریم‌های بانکی، سیاست‌های صنعتی دولت و خروج تعداد زیاد فارغ‌التحصیلان ایرانی از کشور و حمایت‌های دولتی از سرمایه‌گذاری زمینه سؤالات را برای خارجیان به وجود آورده بود. به هر حال، پیام اصلی سخنرانی این بود که ایران پتانسیل‌های غیر قابل جدلی در منطقه خاورمیانه داشته و علی‌رغم مشکلات بانکی و نظایر آن، در حال حاضر آینده توسعه سرامیک در ایران بسیار امیدوارکننده است.



لازم به یادآوری است که علی‌رغم شرکت تعداد نسبتاً زیادی از مدیران و متخصصان ایرانی در نمایشگاه، متأسفانه فقط ۵ نفر در هنگام سخنرانی من حضور یافتند که عمدتاً از ایرانیان مقیم خارج بودند. در صورتی که دوستان شرکت کننده از ایران در سخنرانی حضور می‌یافتند شاید به بنده در پاسخگویی به ابهامات سرمایه‌گذاران و متخصصان خارجی کمک می‌کردند.

نتیجه‌گیری

۱- حضور متخصصان ایران به صورت هدفمند و برای آشنایی و یا خرید فناوری‌های نوین در نمایشگاه سرامیتک بعدی بایستی برنامه‌ریزی و تشویق شود.

۲- حضور شرکت‌های ایرانی و سخنرانی از طرف ایرانیان برای ورود کشور به عرصه‌های تجاری اروپا بسیار موثر است.

۳- نمایشگاه اخیر سرامیتک نشان داد که تحولات شگرفی به سرعت در حال اتفاق افتادن در صنعت و فناوری سرامیک است.

۴- تشویق برگزارکنندگان آلمانی برای کمک و حضور در نمایشگاهی مشابه در ایران می‌تواند بسیار مفید باشد.

تشکر و قدردانی

لازم می‌دانم از خانم علیشاهی، خانم قریبیان، خانم شیخ، همکاران محترم در هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران و همچنین انجمن‌های چینی، کاشی و شیشه تشکر نمایم.

مراسم تقدیر از جناب آقای دکتر سرپولکی

مراسم تقدیر و تشکر از جناب آقای دکتر سرپولکی سردبیر مجله علم و مهندسی سرامیک در روز شنبه ۵ خرداد ماه ۱۳۹۷ در جلسه هیات مدیره انجمن سرامیک ایران برگزار شد و جناب آقای دکتر جواد پور به عنوان سردبیر این نشریه انتخاب شدند.



مصاحبه آقای دکتر فرهاد گلستانی فرد (رئیس پیشین انجمن سرامیک ایران)

از طرف انجمن سرامیک ایران با مجله Refractories WORLDFORUM

انجمن سرامیک ایران و موضوع دیرگداز

انجمن سرامیک ایران یک انجمن ملی برای شیشه و سرامیک است که مجوز آن در سال ۱۹۹۵ از طرف وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اعطاء شد و در حال حاضر دارای ۵۰۰ عضو حقیقی و ۱۰۰ عضو حقوقی می‌باشد. این انجمن در برگزاری کنفرانس‌ها، کارگاه‌ها و تحقیقات مشارکتی در زمینه‌های دیرگداز، کاشی، شیشه، چینی بهداشتی آجر و صنایع رسی و الکتروسرامیک‌ها فعالیت می‌کند. اما دیرگداز زمینه فعلیتی است که انجمن سرامیک ایران با انجمن تولیدکنندگان نسوز ایران به صورت ملی و با مجله Refractories WORLDFORUM به صورت بین‌المللی همکاری کرده و همواره جزء علاقه‌مندی‌های اصلی بوده است. توسعه صنایع فولاد، سیمان، فلزات غیر آهنی، سرامیک و پتروشیمی در ایران منجر به تشویق تولیدکنندگان دیرگداز برای تولید سالیانه ۳۰۰۰۰۰ میلیون تن دیرگدازهای پایه و سایر دیرگدازها به دو صورت بی‌شکل و شکل دار شده است. با این حال در تولید دیرگدازها چالش‌هایی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به کمبود برخی از مواد اولیه، مشکلات صادرات و واردات که تحت تأثیر تحریم‌ها و همچنین نبود فناوری پیشرفته به ویژه در مورد مونولیتیک‌ها قرار گرفته‌اند، اشاره کرد. البته نیروی انسانی ماهر در ایران، امکان دسترسی به دولومیت خام ایرانی و همچنین نیازهای بازار در حال رشد عوامل مهمی در راستای توسعه صنعت دیرگداز به شمار می‌آیند.

دکتر فرهاد گلستانی فرد (رئیس پیشین انجمن سرامیک ایران) از طرف انجمن سرامیک ایران مصاحبه‌ای با مجله Refractories WORLDFORUM انجام داده‌اند که در ادامه آمده است.

• وضعیت صنعت دیرگداز ایران در دهه گذشته چگونه بوده است؟

دهه گذشته شاهد کاهش مصرف ویژه دیرگداز در کارخانجات فولاد به مقادیر ۹-۱۳kg/t بوده است که می‌توان علت را به تحقیقات گسترده در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیق و توسعه دیرگداز نسبت داد. در صنعت سیمان نیز مصرف ویژه به مقادیر ۰/۲-۰/۵kg/t کاهش یافته است که این کاهش نیز ناشی از همکاری مشترک مصرف‌کنندگان/تولیدکنندگان و مراکز تحقیقاتی می‌باشد. همچنین در طی دهه گذشته در بین مصرف‌کنندگان دیرگداز، علاقه به دیرگدازهای مونولیتیک افزایش یافته است و بنابراین تولیدات مونولیتیک‌ها به میزان ۴۰-۳۵٪ افزایش پیدا کرده است. اما بیشتر مونولیتیک‌ها در صنایع سیمان و پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالی که میزان مصرف آنها در صنایع فولاد در حد قابل قبولی نمی‌باشد و تلاش‌هایی در راستای دستیابی به مقدار مصرف رضایت بخش در حال انجام است. البته به طور کلی، تأسیس کارخانجات جدید فلزات غیر آهنی و فولاد، باعث افزایش تقاضا برای تولید مازاد دیرگداز شده است. اما چالش بزرگ، افزایش قیمت مواد اولیه چینی مانند مگنیزیا و گرافیت بوده که روند توسعه را کند کرده است.

• آیا انتظارات مصرف‌کننده ایرانی تغییر کرده است؟

تمام صنایع مصرف‌کننده اعم از فولاد، فلزات غیر آهنی، سیمان و ... انتظاراتی دارند که شامل عملکرد بهتر، هزینه کمتر و ثبات محصول در مواد دیرگدازی که خریداری می‌کنند، می‌باشد. صنایع فولاد در ایران انتظار دارند تولیدات تا سال ۲۰۲۵ تا ۴۵ میلیون تن افزایش یابد که این امر بیش از هر زمان دیگری به تولید دیرگدازهایی با کیفیت بالاتر وابسته است. تقریباً همه آنها انتظار دارند که در طی چند سال آینده میزان مصرف ویژه را به زیر ۱۰ کیلوگرم در تن کاهش دهند. کاهش میزان آلودگی و به همین ترتیب بازیافت دیرگدازهای مصرف شده نیز در بسیاری از کارخانجات دما بالا مورد علاقه و توجه است. برخی از مصرف‌کنندگان نیز در زمینه مدیریت کل دیرگدازها علاقه نشان می‌دهند و آماده‌اند که در این زمینه با تولیدکنندگان داخلی و بین‌المللی مباحثه کنند. گزارش جامعی در مورد انتظارات مصرف‌کنندگان دیرگداز توسط جناب آقای مهندس سیروس روشنفکر در آخرین کنفرانس دوسالانه دیرگداز ایران در تهران در آبان ۱۳۹۶ ارائه شد.

• نشریه‌ای مانند Refractories WORLDFORUM چه نقشی را می‌تواند در صنعت دیرگداز ایران ایفا کند؟

Refractories WORLDFORUM برای فعالان حوزه دیرگداز ایران بسیار شناخته شده است و لذا می‌تواند نقش مهمی را در معرفی تولیدکنندگان و مصرف کنندگان دیرگداز ایران به جوامع بین‌المللی ایفا کند. همچنین این مجله می‌تواند برای جامعه ایرانی نقش پنجره‌ای را داشته باشد که از طریق آن بتوان به جهان بیرون نگاه کرد که این نقش پس از یک دوره طولانی انزوای ایران می‌تواند حیاتی باشد. انجمن سرامیک ایران از اینکه تا کنون با مجله Refractories WORLDFORUM همکاری پربراری را داشته است بسیار خرسند بوده و مایل است که این همکاری را از طریق تبادلات دائمی گزارش‌ها و مقالات تقویت نماید. انجمن سرامیک ایران مفتخر است که به عنوان یکی از اعضای حقوقی مجله Refractories WORLDFORUM فعالیت می‌کند و امیدوار است که در آینده نیز شاهد همکاری‌های بیشتری باشد.

انا لله و انا اليه راجعون



فصلنامه سرامیک ایران درگذشت دکتر شهرام خیر اندیش استاد دانشگاه علم و صنعت ایران را به خانواده محترم ایشان و جامعه مهندسين مواد و متالورژی تسلیت عرض می‌نماید.

اخبار شرکت‌ها

کاشی مرجان، عضو حقوقی انجمن سرامیک ایران برنده جایزه ملی تعالی سازمانی در سال ۹۶ شد.



منبع: www.icers.ir

تحول رو به جلوی صنعت کاشی



سید محمد مهدی نور بخش در برنامه «روز از نو» رادیو اقتصاد گفت: کاشی و سرامیک از جمله صنایع مهم در ایران است که به صورت جهشی در حوزه کمی و کیفی با شتاب هرچه تمام‌تر به سمت جلو در حال حرکت می‌باشد. وی همچنین ظرفیت منصوبه تولید کارخانجات کاشی و سرامیک ایران را خیلی بیشتر از نیاز داخلی عنوان کرد و اظهار داشت: این صنعت در حوزه‌های مختلف از قبیل اشتغال‌افزایی، پویایی تولید، رشد اقتصادی، صادرات، ارزآوری و بسیاری موارد دیگر در کشور نقش آفرین است.

این فعال در صنعت کاشی و سرامیک گفت: حمایت مردم از کالای ایرانی اصل و اساسی و مهم برای پیشرفت و رشد اقتصاد است.

وی افزود: ایران در تولید بسیاری از محصولات نه در داخل بلکه در سطح کشورهای جهان حرف زیادی برای گفتن دارد.

نوربخش در ادامه با بیان اینکه عدم حمایت از کالای ایرانی ریشه در مباحث فرهنگی جامعه دارد، اظهار داشت: متأسفانه مشکل اصلی کشور در بحث اقتصاد و تولید به مسائل فرهنگی و تفکر بهتر بودن کالای خارجی برمی‌گردد. وی اذعان داشت: برای تحقق شعار سال ضمن ارتقای کیفیت و کاهش هزینه تمام شده کالاها باید عرق ملی مردمان این مرز و بوم را بیدار کرد.

این فعال در صنعت کاشی و سرامیک گفت: حمایت از کالای ایرانی در کشور ضمن وابستگی کمتر به خارج منجر به افزایش تولید، بهبود اوضاع اشتغال و کاهش نرخ بیکاری در جامعه خواهد شد.

وی در ادامه این مصاحبه رادیویی با بیان اینکه جاده تولید مشکلات و پیچ و خم‌ها زیادی دارد، افزود: هزینه‌های بالای تولید یکی از موانع جدی در این مسیر است.

نوربخش با بیان اینکه تولیدکنندگان داخلی با وجود قیمت تمام شده بالا در کورس رقابت عقب خواهد ماند، اذعان داشت: دولت برای کاهش هزینه‌های تولید باید بصورت همه جانبه از تولیدکنندگان و کارآفرینان حمایت کند.

وی در مصاحبه با رادیو اقتصاد ضمن تأکید بر اینکه مسئولان باید در عمل نشان دهند که حامی واقعی کالای ایرانی هستند، یادآور شد: حمایت از تولید داخلی باید از حالت شعار تبدیل شود.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

دست فعالان صنایع کاشی را بسته و به دریا انداخته‌اند.



با وجود اینکه توسعه صنعت کاشی و سرامیک استان یزد باید مورد اهتمام بیشتری قرار گیرد، نبود زیرساخت‌های مناسب برای صادرات محصولات از مشکلات این صنعت است چرا که توجه نکردن به این مهم می‌تواند امنیت شغلی ۳۰۰ هزار یزدی که از طریق کاشی و صنایع وابسته به آن امرار معاش می‌کنند را با مشکل جدی روبرو کند. به گزارش ایسنا، نصرالله شریف‌فرد، نایب رییس انجمن کاشی و سرامیک کشور می‌گوید: در حال حاضر میزان تولید کاشی و سرامیک کشور ۵۵۰ میلیون متر مکعب است که بیش از ۵۰ درصد آن متعلق به استان یزد است.

وی با بیان این که در بهترین شرایط اقتصادی سرانه مصرف کاشی در کشور در حدود چهار متر مربع است، اظهار می‌کند: البته با توجه به رکود اقتصادی مصرف داخلی به شدت کاهش یافته است که توقف ساخت و ساز خصوصاً در بخش مسکن

مهر نیز مزید بر علت شده به طوری که کارخانجات به اجبار ظرفیت تولید خود را کاهش داده‌اند.

وی خاطر نشان می‌کند: البته زمانی که در رکود به سر نمی‌برسیم نیز حدود ۴۰ درصد تولیدات این صنعت به صادرات اختصاص پیدا می‌کرد.

شریف‌فرد به تأثیر تحریم‌های موجود بر بازار صادراتی این محصول کشورمان اشاره می‌کند و می‌گوید: هر چند تحریم‌ها در امر صادرات اثرگذار بوده است اما از سوی دولت هم برنامه‌ریزی اساسی و درستی برای صادرات وجود نداشته است.

به گفته وی، نبود رایزن اقتصادی در بسیاری از کشورهای جهان از مهمترین معضلات صنعت کاشی و سرامیک است و با وجود تلاش‌های انجام شده در بدنه صنعت کاشی و سرامیک کشور برای توسعه صادرات، به دلیل نبود رایزن اقتصادی و نبود زیرساخت‌های مناسب، به اندازه کافی اهداف ایده‌آل در بحث توسعه صادرات کاشی و سرامیک محقق نشده است.

وی اضافه می‌کند: نداشتن تفاهم‌نامه معادلات تجاری با کشورهای همسایه که باید از اقدامات دولت باشد باعث شده حقوق و عوارض گمرکی برای ایران نسبت به کشورهای دیگر حتی در صادرات برای کشورهای هم‌چون عراق و سوریه افزایش یابد.

شریف‌فرد ادامه می‌دهد: از طرفی عراق و سوریه نیاز به بازسازی کامل دارد و با برنامه‌ریزی می‌توان بازار این کشورها را تصاحب کرد و تمام مشکل کاشی و سرامیک کشور را حل کرد ولی متأسفانه با وجود جلساتی که با دولتی‌ها در این زمینه داشتیم تاکنون کار خاصی انجام نشده است.

وی با بیان این که از دیگر مشکلات این صنعت هزینه‌های بالای حمل و نقل است، می‌گوید: این موضوع قدرت رقابت با دیگر رقبای خارجی را از صنایع کاشی کشورمان گرفته است.

به گفته نایب رییس انجمن کاشی و سرامیک کشور، همچنین در گذشته دولت مشوق های صادراتی برای تولیدکنندگان در نظر می‌گرفت که برای اهالی صنعت و تولید دلگرم‌کننده بود ولی در حال حاضر نه تنها از مشوق‌ها خبری نیست بلکه بخشنامه‌هایی به تولیدکنندگان زده می‌شود که عملاً موجب دلسردی آنها می‌شود و به عوامل بازدارنده صادرات تبدیل شده‌اند. این مسئول در این مورد به عنوان مثال می‌گوید: هنوز اقدامی برای همکاری بین بانک‌های ایرانی و کشورهای همسایه در زمینه گشایش اعتبار صورت نگرفته است و در صورتی که صادرکنندگان اجناس خود را با ارز خارجی بفروشند، امکان انتقال وجه وجود ندارد.

وی در مورد دیگر مشکلات این صنعت در کشور تصریح می‌کند: مشکلات بانکی، مالیاتی، آب، برق، گاز و تامین اجتماعی از جمله مهمترین و جدی‌ترین مشکلاتی هستند که با آن دست و پنجه نرم می‌کنیم و دولت در شرایط بحرانی کنونی از خود نرمشی در این زمینه‌ها برای بهبود شرایط صنایع انجام نمی‌دهد.

شریف‌فرد بیان کرد: فعالان صنایع کاشی را به کسی مانند می‌کند که دست او را بسته‌اند و به دریا انداخته‌اند و می‌گویند شنا کن. نرخ سود بانکی در ترکیه بین ۴ تا ۶ درصد و تعداد رایزن‌های اقتصادی آن در برخی از کشورها قابل قیاس با رایزن‌های اقتصادی ایران نیست ولی بعد از ما انتظار رقابت با این کارخانه‌ها که در این سطح حمایت دولتی می‌شوند را دارند.

وی در بخش دیگری از سخنانش متذکر می‌شود: بر اساس بررسی‌های صورت گرفته‌ی اقتصادی، حداقل ۳۰ درصد از یزدی‌ها با صنعت کاشی و سرامیک گره خورده است که جمعیتی بالغ بر ۳۰۰ هزار نفر می‌شود.

شریف‌فرد می‌گوید: معادن خاک استان، صنایع جانبی از قبیل صنایع بسته‌بندی، لعاب‌سازی، گلوله‌های سرامیکی و صنعت حمل و نقل از جمله مواردی هستند که به صورت غیر مستقیم با صنعت کاشی و سرامیک در ارتباط هستند و در صورت تعطیلی این صنعت، تمامی آنها نیز تعطیل خواهند شد.

وی با بیان این که به صورت میانگین کارخانه‌های کاشی یزد با ۷۰ درصد ظرفیت خود کار می‌کنند، اظهار می‌کند: کارخانه‌هایی داریم که با ۵۰ درصد کار می‌کنند و کارخانه‌هایی هم هستند که با ۱۰۰ درصد ظرفیت خود کار می‌کنند.

نایب رییس انجمن کاشی و سرامیک کشور از فعالیت ۷۶ واحد تولیدی استان در این صنعت خبر می‌دهد و می‌گوید: البته در حال حاضر سه واحد با مشکلات قابل توجه روبرو هستند که امیدواریم مشکلاتشان حل شود ولی در نهایت آینده این صنعت بستگی به حمایت یا عدم حمایت جدی دولت دارد و با مدیریتی که در بخش خصوصی وجود دارد امیدوارم بر این مشکلات غلبه کنیم.

وی یکی از این مشکلات را قیمت ارز می‌داند و می‌گوید: در چند ماه اخیر بسیاری از کارخانه‌ها برخی مواد اولیه و دستگاه‌های خود را به صورت چک از خارج خریداری کردند و این تفاوت قیمت اخیر باعث ایجاد مشکلات عظیمی برای آنها شده است. برای مثال نرخ یورو در ابتدای سال ۹۶، ۴۱۱۰ تومان بود اما نرخ آن در ابتدای سال ۹۷ به ۶۰۲۰ تومان رسید و این ۴۵ درصد افزایش قیمت به معنی ضرر ۴۵ درصدی تولیدکنندگان است.

صنعت کاشی و سرامیک استان یزد نه تنها به صورت مستقیم موجب اشتغال تعداد زیادی از یزدی‌ها شده بلکه قطب این صنعت در کشور را نیز به خود اختصاص داده و با ۷۶ واحد فعال، پیش‌تاز این صنعت در کشور است.

منبع: <https://www.isna.ir/news/97021910720>

راه اندازی دوباره بزرگ‌ترین کارخانه تولیدکننده سرامیک در مرنند

بزرگ‌ترین کارخانه تولیدکننده انواع سرامیک پس از ۵ سال تعطیلی در شهرستان مرنند امروز آغاز به کار کرد. راه اندازی دوباره بزرگ‌ترین کارخانه تولیدکننده سرامیک در مرنند به گزارش خبرنگار گروه استان‌های باشگاه خبرنگاران جوان از تبریز؛ رییس کل دادگستری استان در مراسم افتتاح مجدد این کارخانه گفت: این واحد راه اندازی دوباره بزرگ‌ترین کارخانه تولیدکننده سرامیک در مرنند تولیدی به دلیل سوء مدیریت و بی‌تدبیری مجموعه مدیریتی از سال ۹۰ به تدریج در حال تعطیلی بود که در سال ۹۵ به طور کامل تعطیل شد.



حجت الاسلام مظفری افزود: با وجود تلاش‌های مسئولان برای جلوگیری از تعطیلی این کارخانه و اعطای تسهیلات برای ادامه فعالیت آن، مدیر این کارخانه با بیان نداشتن تمایل فروش و وجود بدهی‌های فراوان، طی حکمی ورشکستگی این کارخانه از سوی قوه قضاییه اعلام شد و مدیریت این کارخانه به مجموعه اداره کل امور تصفیه ورشکستگی قوه قضاییه تحویل داده شد.

فرماندار شهرستان ویژه مرند هم در این مراسم گفت: این کارخانه با تولید انواع کاشی دیواره، سرامیک و کف از قدیمی‌ترین تولیدکنندگان کاشی در ایران است. راستگو افزود: هم اکنون این واحد تولیدی در زمینی به مساحت ۲۰ هکتار با ۱۱۰ نفر نیروی کار و با تولید روزانه ۵ هزار مترمربع انواع کاشی به چرخه فعالیت بازگشته است. وی گفت: از سه خط تولید این کارخانه، دو خط در حال فعالیت است و در سال آینده با به روز رسانی تجهیزات کارخانه و راه‌اندازی خط تولید سوم، این میزان تولید به ۹ هزار مترمربع در روز خواهد رسید.

منبع: <https://www.yjc.ir/00PT2f>

برای مشارکت در تولید کاشی و سرامیک: سرمایه‌گذاران ترکیه به قزوین آمدند.



قزوین سرمایه‌گذاران ترکیه در سفر به قزوین برای خرید یک واحد بزرگ کاشی و سرامیک و تولید محصول با محور صادرات به کشورهای اروپایی در استان قزوین اعلام آمادگی کرد. به گزارش خبرنگار مهر، دو تن از سرمایه‌گذاران کشور ترکیه عصر سه شنبه ضمن دیدار و گفتگو با استاندار قزوین برای سرمایه‌گذاری در بخش تولید و صنعت در این استان اعلام آمادگی کردند.

حسن تانیش عضو هیئت مدیره یک گروه تولید کاشی از کشور ترکیه در این دیدار گفت: ما از هلدینگ‌های توانمند ترکیه

هستیم و به اخلاق مداری و پایبندی به تعهدات دیتی معروفیم به همین دلیل علاقمندیم در ایران فعالیت کنیم.

وی افزود: هر چند در کشورهای چین و هند هم فرصت سرمایه‌گذاری داشته‌ایم و با درخواست‌هایی مواجهیم اما به دلیل



اشتراکات دینی و فرهنگی و نیز مسافت زیاد کشورهای متقاضی مایلیم در ایران سرمایه‌گذاری کنیم.

تانیش تصریح کرد: در بازدید از یکی از کارخانه‌های کاشی و سرامیک قزوین که تنها دو خط از ۱۸ خط آن کار می‌کند ما برای خرید یک جای این واحد، مشارکت ۵۰ درصدی در آن و نیز روش دیگری که طرف ایرانی ارائه کند آماده سرمایه‌گذاری هستیم.

وی بیان کرد: البته این واحد از بازار صادرات دور است اما به دلیل داشتن شبکه ریلی می‌تواند ظرفیت خوبی برای صادرات داشته باشد.



تائیش گفت: به دلیل فروش محصولات خود در ترکیه به کشورهای اروپایی قادریم محصولات تولیدی این واحد را نیز به کشورهای دیگر صادر کنیم و برای اشتغال ایرانی‌ها و سود دو طرفه گام برداریم.

وی اظهارداشت: آنچه در برنامه پیش بینی کرده‌ایم فروش روزانه ۱۰۰ کامیون محصول کاشی و سرامیک این واحد است و این کار با یک برنامه ریزی منطقی قابل دسترس است.

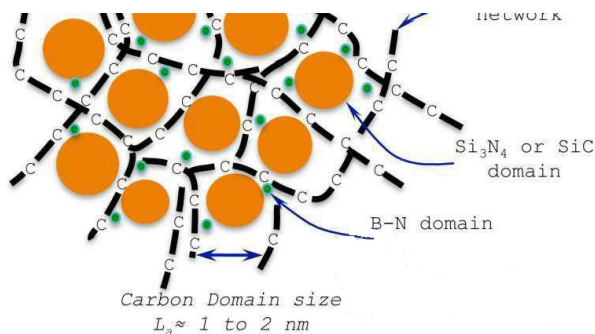
این سرمایه‌گذار کشور ترکیه اضافه کرد: با بیش از ۲۰ سال سابقه فعالیت تولیدی و تجاری و ارتباط با مسئولان عالی‌رتبه کشور ترکیه هیچ نگرانی از تضمین کاری نداریم و منتظر اعلام نظر استان قزوین هستیم.

منبع: <https://www.mehrnews.com/news/4280338/>

اخبار علمی

تبدیل پلیمر مایع به محصول سرامیک درجه حرارت بالا

با استفاده از پنج عنصر سیلیسیم، بور، کربن، نیتروژن و هیدروژن و هیدروژن در یک پلیمر مایع می‌توان یک سرامیک با ارزش و دارای خواص حرارتی، نوری و یا خواص الکترونیکی تولید کرد. ویژگی‌های این پلیمر مانند آب است و گرانبوی آن، بر خلاف برخی دیگر پلیمرهای سیلیکون و بور، شبیه آب می‌باشد.

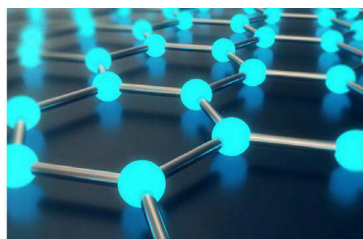


سینگ محقق این تحقیق گفت: "ما یک مایع (SIBNC) که در دمای اتاق مایع باقی می‌ماند و دارای عمر مفید طولانی‌تر از دیگر پلیمرها است ایجاد کرده‌ایم، اما زمانی که شما پلیمر را گرم می‌کنید، این مایع شفاف پلیمری با انتقال به جامد می‌تواند به یک سرامیک سیاه شبیه شیشه تبدیل می‌شود". محصول سرامیکی تولید شده بسیار ارزشمند است زیرا مقاومت

مناسبی در دماهای بسیار بالا از خود نشان می‌دهد و در انواع کاربردها از جمله محافظ‌های جرقه زن، فرآورده‌های مورد مصرف در موتورهای جت، کوره‌های دما بالا و یا حتی مواد مصرفی در فعالیت‌های فضایی استفاده می‌شود.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

کامپوزیت فوق سبک گرافن - سرامیک جدید معرفی شد.



دانشگاه پردو در ایندیانا در ایالات متحده به تازگی یک کامپوزیت با مواد سبک وزن جدید که ترکیبی از نانولوله‌های اکسید آلومینیوم با گرافن است توسعه داده است. این به معنی نسبت قدرت به وزن بسیار بالا و تراکم بسیار کم است. چشم‌انداز کاربرد این محصول بطور بالقوه صنعت هوا فضا می‌باشد.

این مواد دارای یک میکروارگانیسم لانه زنبوری هستند، بنابراین هرچند که سرامیک و گرافن شکننده‌اند اما از لحاظ ساختاری قوی و فوق‌العاده الاستیک هستند. همچنین دارای عایق حرارتی، هدایت الکتریکی و استحکام بالا است، بنابراین کاربردهای پیشرفته مختلفی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. به طور معمول، گرافن در دماهای بالا تخریب می‌شود، اما سرامیک، مواد معدنی را با تحمل گرما و مقاومت در برابر شعله از بین می‌برد، بنابراین می‌توان از این نوع کامپوزیت به عنوان یک سپر گرما برای هواپیما استفاده کرد.

همچنین این محصول می‌تواند به عنوان یک ماده اساسی در ابزارهای الکترونیکی انعطاف‌پذیر به لطف طبیعت سبک وزن و قدرت بالا و خواص جذب شوک آن استفاده شود.

گری چنگ، دانشیار مهندسی صنایع، گفت "ویژگی‌های برجسته از اجزای مبتنی بر سرامیک امروزه برای استفاده از بسیاری از کاربردهای چند منظوره از جمله پوست محافظ حرارتی، سنسورهای هوشمند، جذب موج الکترومغناطیسی و پوشش‌های ضد خوردگی استفاده شده است. این مواد به طور همزمان یک توالی خواص چند منظوره‌ای را نشان می‌دهند که برای ساختارهای کامپوزیت سرامیکی و یا زمینه سرامیک گزارش نشده است."

برای انجام کارهای آینده، به منظور بهبود خواص مواد، با کنترل ریزساختار برای تنظیم مواد، مقیاس روند تولید و با تغییر ساختار بلوری آن، مد نظر قرار گرفته است.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

طناب و نوارهای سرامیکی

طناب‌های سرامیکی از مواد مختلف سرامیکی و برای دماهای مختلفی ساخته می‌شوند که دماهای ۱۲۶۰، ۱۴۵۰، ۱۷۰۰ درجه از انواع متداول ساخته شده و موجود در بازار است.

این طناب بصورت گرد یا مدور، چارگوش یا تخت و در ضخامت‌های مختلفی تولید می‌شوند. طناب‌ها و نوار سرامیکی برای آب‌بندی کوره‌ها و سازه‌ها بکار می‌روند.

نوار کربنی باریک از پارچه‌های بافته شده کربنی است که عموماً از پارچه K۳ کربن بافته شده است. در ساخت نوار کربنی عموماً از الیاف کربن به عنوان تقویت کننده استفاده شده است و کاربردهای مختلفی از جمله در میکروسکوپ‌های الکترونی بعنوان پایه هادی دارند.



طناب سرامیکی چهارگوش



طناب سرامیکی مدور

منبع: <https://t.me/IrCeC>

با نانوفناوری؛

آب خاکستری کارواش به چرخه مصرف بازگشت

یکی از کارواش‌های تهران با فناوری نانو برای تصفیه آب خاکستری، ۷۰ درصد از پساب خود را دوباره به چرخه مصرف باز می‌گرداند.

به گزارش خبرگزاری مهر به نقل از ستاد توسعه فناوری نانو، «آب هست، ولی کم است»، این جمله را می‌توان در گوشه و کنار شهر دید که نشان از بحرانی دارد که بیشتر کشورهای جهان به‌ویژه منطقه‌ی خشک خاورمیانه را در بر گرفته است. طبق پیش‌بینی‌ها، ایران تا ۲۰ سال آینده با خشکسالی شدیدی روبرو خواهد شد که اگر برای آن تدابیری اتخاذ نشود، بحرانی بسیار جدی به‌وجود خواهد آمد.



یکی از راهکارهای مورد استفاده برای مقابله با این بحران، تصفیه آب‌های خاکستری است. آب خاکستری به پساب‌های خانگی، به استثنای خروجی فاضلاب سرویس‌های بهداشتی، گفته می‌شود که هنگام حمام کردن، ظرف شستن یا رخت‌شویی ایجاد می‌شود. در همین راستا یک شرکت دانش‌بنیان فناوری جدیدی ارائه کرده‌است که می‌توان با استفاده از آن، آب‌های خاکستری را دوباره به چرخه مصرف باز گرداند.

این سامانه مبتنی بر میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون می‌تواند با تصفیه آب‌های خاکستری، ۷۰ درصد از آب مصرفی را بازیافت کند.

دکتر بابالو، مدیر این پروژه، درباره مزیت‌های این فناوری گفت: کارواش‌ها، سنگبری‌ها و قالی‌شویی‌ها از جمله صنایعی هستند که به میزان قابل توجهی آب نیاز دارند که این آب بعد از مصرف، آلوده شده و به آب خاکستری تبدیل می‌شود. ما با استفاده از فیلترهای مبتنی بر فناوری نانو موفق به تصفیه‌ی این آب شده‌ایم.

بابالو خاطر نشان کرد: اگر کارواشی از این فناوری برای تصفیه پساب‌های خود استفاده کند، مبلغی که سرمایه‌گذاری کرده در مدت یکسال بازمی‌گردد.

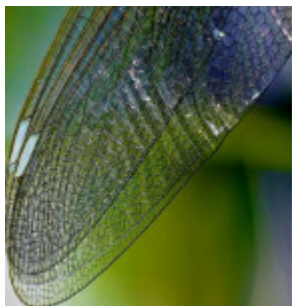
وی در خصوص روند این اقدام عنوان کرد: در این سامانه، آب خاکستری به‌صورت هیبریدی با استفاده از غشاهای نانو ساختار سرامیکی چند کاناله تصفیه و گندزدایی می‌شود. جنس غشاهای به‌کار رفته در این دستگاه، سرامیکی بوده که اندازه حفرات این غشاها توسط مهندسان و متخصصان این شرکت با استفاده از فناوری نانو مهندسی شده‌است.

این سامانه در دو مرحله میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون، پساب ورودی را تصفیه و آب را برای استفاده‌ی مجدد به سیستم باز می‌گرداند. در مرحله میکروفیلتراسیون چربی‌ها، شوینده‌ها و دیگر درشت مولکول‌ها و همچنین تا حدود زیادی میکروب‌ها و میکروارگانیسم‌ها و در مرحله‌ی اولترافیلتراسیون تمامی میکروارگانیسم‌ها و حتی لاشه‌ی میکروارگانیسم‌ها از آب ورودی حذف می‌شود.

محصول نهایی، آب با کیفیتی خواهد بود که دارای استانداردهای داخلی و جهانی است. همچنین فیلترهای این دستگاه را می‌توان با جریان معکوس آب تمیزی که تولید می‌شود، شستشو داد تا بدین ترتیب از گرفتگی غشاها جلوگیری شود؛ به این شکل که آب تمیز با فشار معینی در خلاف جهت جریان، از فیلتر عبور داده شده و باعث باز شدن حفره‌ها می‌شود. در نتیجه عمر غشاهای مورد استفاده در این دستگاه بسته به نوع پساب مورد استفاده، بین ۵ تا ۱۰ سال است.

منبع: <https://www.mehrnews.com/news/4284602>

الهام از بال سنجاقک برای تولید سطوح آنتی‌باکتریال



پژوهشگران سنگاپوری با الهام از بال سنجاقک، نانوپوشش آنتی‌باکتریال ساختند که می‌تواند با هزینه کم و اثربخشی بالا، باکتری‌ها را از بین ببرد. این پوشش حاوی نانوستون‌هایی است که غشای سلولی باکتری را از بین می‌برد.

محققان مؤسسه آستار در سنگاپور با الهام از بال سنجاقک موفق به ابداع نانوپوشش آنتی‌باکتریال شدند که قادر است بدون ایجاد مقاومت ضد میکروبی، آن‌ها را از بین ببرد. ۸۰ درصد از عفونت‌ها از طریق دست گسترش می‌یابد؛ بنابراین ضد عفونی کردن دست می‌تواند در کاهش توسعه بیماری‌های عفونی مؤثر باشد. مواد آنتی‌باکتریال رایج معمولاً حاوی

مواد شیمیایی نظیر تریکلوسان است که خود مشکلات و خطراتی برای سلامتی دارد. از سوی دیگر بیشتر مواد آنتی‌باکتریال به مرور زمان منجر به مقاومت در باکتری‌ها می‌شود.

یافته‌های این گروه تحقیقاتی نشان می‌دهد که بال سنجاقک به دلیل ساختار منحصر به فرد خود، به صورت طبیعی ضد میکروب است. سطح بال سنجاقک از نانوستون‌هایی تشکیل شده که در صورت نزدیک شدن میکروب‌ها، غشای سلولی آن‌ها تخریب می‌شود و به سرعت از بین می‌روند.

با الهام از این ویژگی ساختاری، محققان سنگاپوری اقدام به تولید نانوپوششی کردند که خواص آنتی‌باکتریال داشته و می‌توان آن را روی سطوح مختلف نظیر دستگیره در، میز یا دکمه آسانسور قرار داد. این نانوپوشش حاوی نانوستون‌هایی از جنس اکسید روی است که می‌توان آن را روی سطوح مختلف قرار داد. این نانوستون‌ها روی زیرلایه‌های سرامیکی، شیشه‌ای و تیتانیوم قرار داده شده است و محققان نشان دادند که این نانوپوشش موجب از بین بردن ۹۹٫۹ درصد باکتری‌هایی نظیر ایکولا می‌شود.

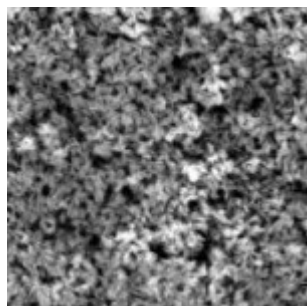
از آنجایی که باکتری‌ها به روش فیزیکی از بین می‌روند نه شیمیایی، تأثیر منفی روی محیط زیست ندارند. همچنین ساز و کار این روش به گونه‌ای است که ایجاد مقاومت باکتریایی نمی‌کند. یافته‌های این گروه نشان داد که این نانوپوشش زمانی که روی زیرلایه‌ای از جنس روی (Zn) قرار می‌گیرد، بهترین اثربخشی را دارد.

این فناوری می‌تواند برای تصفیه آب به کار رود. یکی از مزیت‌های این روش، هزینه پایین و ایمنی بالای آن است که موجب رقابت‌پذیر شدن آن در مقایسه با دیگر روش‌ها می‌شود.

نتایج این پروژه در قالب مقاله‌ای با عنوان Nanopillar Coated Surfaces with Substrate-Dependent Superbactericidal Property در نشریه Small به چاپ رسیده است.

منبع: www.nano.ir

نانوالگودهی در سطح پروتز برای تسریع رشد استخوان



شرکت تیتان اسپین (Titan Spine) نوعی الگوی نانومقیاس سطح را به بازار عرضه کرده است که می‌تواند عملکرد پروتزهای قابل کاشت در بدن را بهبود دهد. این نانوالگوها در نهایت منجر به تسریع رشد استخوان در اطراف پروتز می‌شوند.

شرکت تیتان اسپین (Titan Spine) در حوزه تولید ادوات پزشکی و به صورت ویژه در بخش قطعات قابل کاشت در ستون فقرات فعالیت دارد. این شرکت چندی قبل نانوپوششی به بازار عرضه کرد که می‌توان آن را روی سطوح تیتانیوم قرار داد و در ادوات پروتز استفاده کرد. تیتانیوم فلزی سبک و بادوام است که می‌تواند موجب تحریک تشکیل استخوان در بدن شود.

این نانوپوشش در واقع نوعی الگوهای نانومقیاس در سطح است که می‌تواند عملکرد پروتزها را بهبود دهد. در اینجا ۵ نکته مهم درباره این فناوری نانوالگودهی سطحی ارائه می‌شود:

- ۱- شرکت تیتان اسپین از عملیات سطحی منحصر به فردی استفاده می‌کند که در نهایت منجر به تولید میکرو، ماکرو و نانو الگوهایی در سطح می‌شود. این الگوها منجر به تسریع رشد استخوان در بدن می‌شوند.
- ۲- در حال حاضر برخی ترکیبات مورد استفاده در ادوات پروتز نظیر سرامیک‌ها موجب صاف شدن سلول‌های بنیادی می‌شوند، در حالی که این نانوالگوهای سطحی تخصصی شدن اوستئوبلاست را تسریع کرده و تولید استخوان در اطراف سایت پروتز را افزایش می‌دهند.
- ۳- نانوالگوهای سطحی شرکت تیتان اسپین می‌تواند بلوغ اوستئوبلاست را تسریع کند و در ادامه بدن را وادار کند تا پروتئین مورفوژنتیک استخوان و دیگر فاکتورهای حیاتی رشد استخوان را تولید کند. این فعالیت‌ها منجر به رشد استخوان می‌شود؛ بدون این که نیاز به دخالت دیگری از سوی پزشک باشد.
- ۴- داده‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که پاسخ تشکیل استخوان در اطراف سطح حاوی نانوالگوی شرکت تیتان اسپین در مقایسه با دیگر مواد نظیر تیتانیوم صاف یا PEEK بیشتر است.
- ۵- در مقیاس ماکرو، زبری سطح پروتز به گونه‌ای است که تثبیت مکانیکی آن به سرعت اتفاق افتاده و ریسک حرکت آن به حداقل می‌رسد؛ بنابراین بخش پروتز در محل مورد نظر به خوبی جاگیری می‌کند. این ویژگی‌ها موجب شده تا این فناوری بتواند گزینه مناسبی برای ساخت پروتزهای قابل کاشت در بدن باشد.

منبع: www.nano.ir

ویرایش جدید مقررات ملی ساختمان؛ نقش فناوری نانو پررنگ‌تر از قبل

به تازگی ویرایش جدیدی از مقررات ملی ساختمان منتشر شده که در آن نقش فناوری نانو پررنگ‌تر از قبل مشاهده می‌شود. در این ویرایش، موضوع نانومواد و کاربردهای آن در مصالح ساختمانی به ویژه شیشه‌ها، سرامیک‌ها، لوله‌ها و رنگ برای مهندسان و فعالان صنعت ساختمان تشریح شده است.

مقررات ملی ساختمان مجموعه‌ای از ضوابط فنی، اجرایی و حقوقی در طراحی، نظارت و اجرای عملیات ساختمانی اعم از تخریب، نوسازی، توسعه بنا، تعمیر و مرمت اساسی، تغییر کاربری و بهره‌برداری از ساختمان است که به منظور تامین ایمنی، بهره‌دهی مناسب، آسایش، بهداشت و صرفه اقتصادی فرد و جامعه وضع می‌گردد. وزارت مسکن و شهرسازی با تشکیل شورایی تحت

عنوان «شورای تدوین مقررات ملی ساختمان وظیفه تدوین مقررات ملی ساختمان را بر عهده دارد. مقررات ملی ساختمان در تمام کشورها قواعدی هستند که اجرای آن توسط شهروندان الزام قانونی دارد. از سال ۱۳۶۶ مقررات حاکم بر جنبه‌های مهندسی و فنی ساختمان توسط وزارت راه و شهرسازی بتدریج وضع و استفاده از آن الزامی شده است. در ویرایش جدید در سال ۱۳۹۶ این مقررات که با رویکردی نو تدوین و به دستگاه‌های ذیربط و مهندسان کشور ابلاغ شده است؛ از دیگر سو، به نقش فناوری‌های نو نظیر فناوری نانو در بهبود خواص مصالح بیش از پیش پرداخته شده است.

مقررات ملی ساختمان مشتمل بر ۲۲ مبحث است که در آن، کاربرد فناوری نانو، در مبحث پنجم با عنوان مصالح و فرآورده‌های ساختمانی گنجانده شده است. در این مبحث، مشخصات فنی مواد، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با توجه به کاربرد گسترده و روزافزون فناوری نانو در جهان، استفاده از نانومواد جهت بهبود خواص مصالح ساختمانی، در بخشی جداگانه به تعریف و معرفی انواع نانومواد پرداخته شده است. همچنین در رابطه با ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست محیطی مربوط به استفاده از نانومواد و بسته‌بندی، حمل و نگهداری آنها نیز صحبت شده است.

ویرایش جدید مبحث پنجم پیوستی با عنوان مصالح نوین دارد که شامل نانوذرات مختلف پرکاربرد نظیر نانولوله کربنی، نانوسیلیس و نانورس به اختصار معرفی شده‌اند. در بخش‌های دیگر این پیوست، مصالح نانویی مورد استفاده در صنعت ساختمان همچون رنگ‌های نانویی، شیشه‌های نانویی، کاشی و سرامیک نانویی، قیر و آسفالت نانویی، گچ اصلاح شده با نانومواد، محصولات چوبی اصلاح شده با نانو مواد و سیمان نانویی جهت استفاده معرفی و توصیه شده‌اند.

در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به ضوابط و مقررات صرفه‌جویی در مصرف انرژی پرداخته شده است. معیارهای مشخص شده در این مبحث حاکی از اهمیت استفاده از فناوری نانو به منظور اطمینان از بهره‌دهی مناسب، آسایش و صرفه اقتصادی است و اجراء و کنترل آن در جهت حمایت از مردم به عنوان بهره‌برداران از ساختمانها و فضاهای شهری و ابنیه و ساختمان‌های عمومی همچنین حفظ و افزایش بهره‌وری منابع انرژی و سرمایه‌های ملی است.

منبع: www.nano.ir

بررسی تاثیر عناصر آلیاژی واسطه و دیرگداز بر قابلیت آمورف شدن شیشه فلزات پایه آهن

مریم رحیمی^۱، علی رضا میرک^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی نانومواد، دانشگاه مالک اشتر، تهران
^۲ عضو هیات علمی مجتمع مواد و فن‌آوری‌های ساخت دانشگاه صنعتی مالک اشتر



مهندس مریم رحیمی، نویسنده‌ی اول مقاله، دانشگاه مالک اشتر، تهران

m_rahimi1371@yahoo.com

چکیده: در این مقاله با رویکرد اقتصادی تر کردن فرآیند تولید شیشه فلزات پایه آهن از طریق ارتقا قابلیت شیشه سازی از مواد اولیه با خلوص کم تر، ابتدا شروط و قوانین شیشه سازی از آلیاژهای پایه آهن و طبقه بندی‌های مختلف این مواد طبق نتایج کار محققان این بخش مورد توجه قرار گرفت. عناصر آلیاژی مرسوم مورد استفاده در شیشه فلزات پایه آهن در سه دسته فلزات واسطه، فلزات دیرگداز و شبه فلزات طبقه بندی شدند سپس تاثیر عناصر هر دسته بر قابلیت شیشه سازی تعدادی از ترکیبات آلیاژی و همچنین تاثیر این عناصر بر خواص فرومغناطیسی و استحکام شیشه فلزها بررسی شد. به جز مشخصه‌های شیشه سازی سایر عوامل موثر بر شیشه سازی آسان نیز مورد بررسی قرار گرفت. در انتها کوشش شد تاثیر هر دسته از عناصر بر قابلیت شیشه سازی و برخی خواص شیشه فلزات پایه آهن با توجه به مدل‌ها و اصول شیشه سازی از این دسته از مواد جمع بندی و تحلیل شود. کلمات کلیدی: شیشه فلز، آهن، قابلیت شیشه سازی، عناصر آلیاژی.

۱- مقدمه

شیشه فلزات^۱ دسته‌ای از آلیاژها هستند که نظم کریستالی بلند دامنه؛ مشابه آلیاژهای معمول؛ ندارند و دانه‌ها و مرز دانه‌ها در آنها دیده نمی‌شود. تاکنون از آلیاژهای مختلف به طور مثال با پایه‌های آلومینیوم، زیرکونیوم، منیزیم، نیکل، کبالت، تیتانیوم، فلزات گرانبها و البته آهن شیشه فلز تولید شده است که اصلی ترین دلیل توسعه شیشه فلزهای پایه آهن (از سال ۱۹۹۵ میلادی تاکنون) خاصیت مغناطیسی نرم آنها می‌باشد. شیشه فلزات پایه آهن دارای ترکیبی از خواص مطلوب مانند استحکام مکانیکی بالا، پایداری گرمایی مناسب، مقاومت به خوردگی، عدم حساسیت مقاومت الکتریکی به دما و خاصیت فرومغناطیسی نرم را دارا هستند[1]. این مواد در هسته ترانسفورمرها، موتورها، حسگرها و باتری‌های با فرکانس بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند[2]. در ساخت استیل‌های آمورف از عناصر ویژه و خالص استفاده می‌شود و اتمسفر ذوب آن نیز غالباً آرگون خالص است و یا ذوب در خلا صورت می‌گیرد. همچنین به دلیل قابلیت شیشه سازی^۲ نه چندان بالا، این مواد در مقیاس میلی متر تولید می‌شوند. لذا قیمت بالا و ضخامت کم قطعات آمورف تولید شده، دو چالش اصلی در تولید این مواد به شمار می‌روند[3]. باید به روش‌هایی قابلیت شیشه سازی را افزایش داد تا تمایل زیاد شیشه سازی سیستم بر وجود ناخالصی‌ها غلبه کند و بتوان با مواد اولیه با خلوص‌های در حد نه چندان بالا نیز شیشه فلز تولید کرد تا فرآیند، اقتصادی تر شود[4]. در این مقاله کوشش شده است اثر عناصر مختلف بر قابلیت شیشه سازی استیل‌های آمورف، و همچنین تاثیر بر خواص مغناطیسی نرم ماده، که موضوع کار تعدادی از محققان این بخش از دانش بوده است، جمع آوری شود.

¹ bulk metallic glasses - BMGs

² glass forming ability

۱-۱- ترکیب آلیاژی شیشه فلزات پایه آهن

در میان تعداد بسیاری از شیشه فلزهایی که در طی دهه‌های اخیر شناخته شده‌اند، شیشه فلزهای پایه آهن به دلیل خواص مغناطیسی ویژه، استحکام بالا، سختی بالا، مقاومت به خوردگی و قیمت کم تر از نظر تجاری بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. اولین شیشه فلز از این نوع Fe-Al-Ga-P-C-B بود که در سال 1995 شناخته شد و از آن تاریخ به بعد چندین دسته از این مواد شناسایی شده و مورد تحقیق قرار گرفته‌اند[5]. کلید دستیابی به قابلیت شیشه سازی بالا، سرعت نفوذ اتمی کم و کاهش تفاوت آنتروپی بین مایع فوق سرمایش یافته و حالت کریستالی است. از سوی دیگر اینکه دمای انجماد کریستال پایین باشد مطلوب است زیرا میزان فوق تبرید لازم جهت شیشه سازی کاهش می‌یابد[6].

اولین مرحله در ساخت یک شیشه فلز انتخاب یک ترکیب آلیاژی مناسب است و هر قدر عناصر انتخاب شده میزان انطباق بیشتری با این قوانین داشته باشند، قابلیت شیشه سازی بالاتر است. برای شیشه سازی از استیل‌های آمورف؛ مخلوط فلز و شبه فلز؛ باید این چند شرط برقرار باشند:

- آلیاژ باید حداقل سه جزئی باشد و حداقل دو جزء آن فلزی باشد. ایگامی^۱ و واسدا^۲ گزارش کردند که وجود کرنش‌ها در ساختار آلیاژ باعث افزایش قابلیت شیشه سازی می‌شود. لذا وجود عناصر متعدد در ترکیب آلیاژ که مواضع جانشین شبکه را اشغال می‌کنند شیشه سازی را بهبود می‌دهند.

- باید تفاوت بین شعاع عناصر اصلی در آلیاژ حداقل ۱۲ درصد باشد[7].

- تفاوت شعاع اتمی اجزای فلزی باید بالا باشد و گرمای انحلال آن‌ها در هم نزدیک صفر (منفی) باشد.

- اجزاء فلزی باید گرمای انحلال منفی با اجزاء شبه فلزی داشته باشند.

- مجموع شبه فلزها بیش از ۲۰ درصد وزنی نباشد.

اگر چه در ساخت استیل‌های آمورف از عناصر با خلوص بسیار بالا استفاده می‌شود اما به هر حال ناخالصی در مقادیر بسیار اندک وجود دارد و باعث جوانه زنی هتروژن می‌شود و قابلیت شیشه سازی را کاهش می‌دهد. لذا در حد امکان باید ناخالصی‌ها کاهش یابند. در نتیجه جوانه زایی مانند اکسید فلزات باید با تخلیص از سیستم خارج گردند یا با حل شدن مجدد در مذاب خنثی گردند[2]. شیشه فلزها از نظر شعاع اتمی به طور کلی در دو گروه دسته بندی می‌شوند:

۱- ۶۰-۵۰٪ اتم با سایز متوسط - ۳۰-۲۰٪ سایز کوچک و حدود ۱۰ درصد اتم با سایز بزرگ

۲- ۷۵-۶۰٪ اتم با سایز بزرگ - ۶۰-۲۵٪ اتم با سایز کوچک

در آلیاژهای دسته اول گرمای اختلاط عناصر منفی است و برای جفت عناصری مثل Cu-Y، B-Ln، Zr-B و Mo-(C,B,P) مقدار گرمای انحلال منفی و بزرگ است. اتم‌های سایز کوچک و بزرگ در این آلیاژها تشکیل یک شبکه شیشه ساز می‌دهند. تشکیل شبکه شیشه ساز در آلیاژهای یاد شده توسط اتم‌های بزرگ و کوچک و جفت عناصری از این دست که گرمای انحلال منفی داشته و برای شیشه سازی مناسب‌اند. به طور مثال جفت عناصر Zr-B، Cu-Y به ترتیب بیشترین گرمای انحلال منفی را دارند که می‌توانند تشکیل یک شبکه شیشه ساز را بدهند. این شبکه شیشه ساز سبب می‌شود پایداری فاز آمورف بیشتر شده و تشکیل فاز کریستالی مطلوب سیستم نباشد. اگر اتم‌های درشت بیشتر از ۱۰ درصد باشند ارتباط و برهم کنش مناسب آن‌ها با اتم‌های سایز کوچک از بین رفته و تمایل به خوشه‌ای شدن (جدایش و کریستالی شدن) پیدا می‌کنند لذا بیشترین مقدار اتم‌های بزرگ در این آلیاژها می‌تواند ۱۰٪ باشد.

در آلیاژهای دسته دوم پایداری شبکه ساز می‌تواند به برهم کنش بین اتم‌های کوچک و بزرگ که به مقدار قابل توجه در ساختار وجود دارند نسبت داده شود. در ترکیب استیل‌های آمورف از عناصر متعددی استفاده می‌شود که در ادامه ذکر خواهند شد. این مواد را بر اساس فرومغناطیس بودن یا پارامغناطیس بودن نیز به دو دسته تقسیم می‌کنند. شیشه فلزهای پایه آهن مغناطیسی در حدود دمای محیط دارای خاصیت فرومغناطیس هستند. اما پارامغناطیس‌ها در دمایی بسیار کمتر از صفر درجه سانتیگراد (گاهی کمی نزدیک به صفر کلونین) خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند و پارامغناطیس می‌شوند[6,8].

¹ Egami
² Waseda

شیشه فلزهای پایه آهن آلیاژهای آمورف چند جزئی معمولاً دارای بیش از ۵۰ تا ۶۰ درصد آهن هستند. بقیه عناصر به کار رفته، مخلوط مناسبی از شبه فلزات گروه B و دیگر فلزات واسطه مانند کروم، کبالت، نیکل و فلزات دیرگدازی مانند لانتانیدها و ... استفاده می‌شود [2,6].

۱-۲- تاثیر فلزات واسطه

Trg، دمای انتقال شیشه‌ای کاسته^۱ که از نسبت دمای شیشه‌ای شدن به دمای ذوب آلیاژ و ΔT_x ، منطقه فوق سرمایش^۲ که از اختلاف دمای کریستالیزاسیون و دمای شیشه‌ای شدن به دست می‌آیند، دو پارامتری هستند که در این مقاله جهت بیان قابلیت شیشه سازی مورد استفاده قرار گرفتند که در جدول ۱ به همراه چند رابطه دیگر از این دست ذکر شده‌اند. وجود آهن بالا در ترکیب شیشه فلز، خواص مغناطیسی نرم را بالا می‌برد، لذا محققان همواره شیشه فلزات با درصد آهن بالا را ترجیح می‌دهند. اما قابلیت شیشه سازی شیشه فلز با درصد آهن بالا کم است [10]. در سیستم سه جزئی $Fe_{72}M_6B_{22}$ افزودن ۶٪ اتمی از عناصر ایتیریم Y یا Sc، Dy، Ho و Er قابلیت شیشه سازی را افزایش می‌دهند [7]. ترکیب $Fe_{80}B_{20}$ که با نرخ سرد کردن‌های ۱۰۶ کلون بر ثانیه می‌توان از آن شیشه ساخت به عنوان پایه در نظر گرفته می‌شود. از فلزاتی مانند کبالت و کروم و مولیبدن و گالیوم و ... که گرمای انحلال کمی با آهن دارند استفاده می‌شود. نقش گالیوم در گسترش فاصله دمایی شیشه سازی و کریستالیزاسیون چشمگیر تر است. دمای انتقال شیشه‌ای کاسته برای این شیشه فلزها ۰/۵۸ تا ۰/۶۰ است که البته چشمگیر نیست [2]. در شیشه فلزات پایه آهن فرومغناطیس $Fe_aM_bB_c$ که M فلزی با اندازه ۱/۳ برابر آهن می‌باشد، $b < 10$ ، $c < 18$ ، $27 < c < 100\%$ ، عناصر Y، Sc، Er و Ho به عنوان عنصر M در حدود ۴ تا ۶ درصد اتمی گستره شیشه سازی را نسبت به سیستم دو تایی Fe-B به میزان چشمگیری افزایش می‌دهند [11].

اثر موثر Y بر شیشه سازی در آلیاژهای پایه آهن در مقالات متعددی گزارش شده است. به عنوان مثال در $Fe_{48}Mo_{14}Cr_{15}Y_2C_{15}B_6$ با آیل کردن در دمایی بالاتر از Tg و از تصاویر TEM مشخص شد نواحی جدایش فاز یافته به میزان کمتری حاوی Y و به میزان بیشتری حاوی کروم و آهن هستند. نواحی که از ایتیریم فقیر هستند، ویسکوزیته پایین‌تری دارند و این مساله سبب تبلور در این نواحی می‌شود. لذا ایتیریم ویسکوزیته شیشه فلز را بالا برده و از این طریق به شیشه سازی کمک می‌کند. رسوب فازهای $(Fe, Cr)_{23}C_6$ با ساختار شبه FCC با پارامتر شبکه در حدود ۱ نانومتر و $(Fe, Cr)_7C_3$ با ساختار هگزاگونال از این سیستم و سیستم‌های مشابه طبق نتایج طیف XRD گزارش شده است [12].

گزارش شده است که در آلیاژهای پایه Fe-Co-Mo-Zr-B و $Fe_{50}Mo_{14}Cr_{15}C_{15}B_6$ لانتانیدها و Y شیشه سازی را سهولت می‌دهند.

لو^۳ گزارش می‌کند که افزودن Y به Fe-Cr-Co-Mn-Mo-C-B قابلیت شیشه سازی را افزایش می‌دهد [7]. به طور کلی Y و Ln (لانتانیدها) به این منظور به ترکیب شیشه فلزها اضافه شد که با حضور اتم‌های با شعاع بزرگتر (به طور متوسط ۱/۴ برابر بزرگتر از اتم آهن) فاز کریستالی ناپایدار تر می‌شوند (عدم تشکیل) و لذا فاز آمورف با سهولت بسیار بیشتری ایجاد می‌شود. لانتانیدهایی مانند Er، Gd، Dy و Yb همان اثر لانتانیم را دارند. با افزودن این عناصر می‌توان قطعات آمورف با ضخامت بیشتر تولید کرد. تاثیرات ناشی از افزودن لانتانیدها یا Y بر روی دمای شیشه‌ای شدن Tg و دمای کریستالیزاسیون Tx کم است. با این حال با افزودن تا دو درصد لانتانیدها دمای ذوب ۳۰ درجه کم می‌شود و دمای انتقال شیشه‌ای کاسته از ۰/۵۷ در حالت بدون ایتیریم به ۰/۵۸ در حالت با دو درصد وزنی ایتیریم افزایش می‌یابد. در مقایسه با آلیاژهای بدون لانتانید، این افزایش در شیشه سازی نمی‌تواند به دمای انتقال شیشه‌ای کاسته (گداز آوری= کاهش دمای ذوب) مربوط باشد زیرا مقدار آن همچنان کم است. مکانیزم‌هایی برای توجیه این رفتار پیش نهاد شده است از جمله اینکه لانتانیدها جلوی ایجاد فاز ناپایدار $Fe_{23}C_6$ (فاز مزاحم) را می‌گیرند و از این طریق باعث سهولت شیشه سازی می‌شوند. همچنین پیشنهاد شده است که ایتیریم Y نقش پاک سازی کننده اکسیژن را در این آلیاژها بازی می‌کند و از جوانه زنی هتروژن جلوگیری میکند و بهبود چشم گیر شیشه سازی در شیشه فلزهای

¹ Reduced Glass Transition Temperature

² Super-Cooled Region

³ Lu

غیر مغناطیسی پایه آهن به این علل است [13]. لاتنانیدهای سنگین تر مانند Gd ، Tm ، Dy و Lu نیز در شیشه سازی در ترکیب آلیاژی نیز موثر هستند و با استفاده از لاتنانیدها میزان اکسیژن موجود در شیشه فلز که باعث جوانه زنی هتروژن و تبلور می‌شود، کاهش می‌یابد. لاتنانیدها اثر قابل توجهی از نظر گداز آوری ندارند. همچنین با افزودن لاتنانیدها به سیستم یاد شده دمای انتقال شیشه‌ای کاسته به میزان $0.1/0$ افزایش می‌یابد که به واقع اثر چشمگیری نیست. ولی چون میزان اکسیژن حل شده در شیشه فلز را کاهش می‌دهند، مانع تبلور شده و از این راه به شیشه سازی کمک می‌کنند. همچنین لاتنانیدها، $Fe_{23}C_6$ که در این سیستم و سیستم‌های مشابه محتمل جهت تبلور است را ناپایدار می‌سازند [14].

بررسی اثر جایگزینی Y به جای آهن در $Fe_{77-x}Nb_6B_{17}Y_x$ از 0 تا 4% مورد بررسی قرار گرفت. Y سبب پایداری گرمایی بیشتر شیشه فلز می‌شود زیرا تراکم^۱ ساختار شیشه‌ای را افزایش می‌دهد. در سیستم یاد شده، T_g و T_x را افزایش می‌دهد اما میزان افزایش T_x به میزان بیشتری است لذا بازه شیشه سازی T_g-T_x وسیع می‌شود. با افزایش Y دمای ذوب نیز کاهش پیدا می‌کند لذا دمای انتقال شیشه‌ای کاسته در مجموع افزایش پیدا می‌کند که نشان می‌دهد قابلیت شیشه سازی افزایش یافته است. دمای ذوب آلیاژ با افزایش Y کم می‌شود. لذا با افزایش T_g و کاهش T_x دمای انتقال شیشه‌ای کاسته سیستم افزایش یافته و شیشه سازی بهتر می‌شود. در سایر شیشه فلزهای پایه آهن نیز اثر Y به همین صورت ذکر شده است جایگزینی 3% درصد ایتربیم به جای آهن در سیستم $Fe_{77-x}Nb_6B_{17}Y_x$ اشباع مغناطیسی سیستم را 10% درصد افزایش می‌دهد. اتم‌های بزرگ ایتربیم باعث می‌شوند فاصله اتمی میان اتم‌های آهن افزایش پیدا کند و از این رو سبب افزایش خاصیت مغناطیسی نرم ماده می‌شوند. با افزایش فاصله اتم‌های آهن نیروهای تبادلاتی^۲ سیستم که منشا موازی شدن ممان‌های مغناطیسی^۳ و خاصیت مغناطیسی نرم است، افزایش می‌یابد [15].

افزودن شبه فلزات و فلزات انتقالی مانند Co و Si ، Ge ، Nb ، Mo ، Cr کم و بیش سبب گسترش ناحیه شیشه سازی (T_x-T_g) می‌شود [9]. در سال 2002 مشخص شد افزودن 2 تا 4% نایوبیوم گستره شیشه سازی را به میزان چشمگیری در سیستم‌های آهن-لاتنانید-شبه فلزات افزایش می‌دهد [7]. افزودن فلزات از حدی بیشتر سبب می‌شود قابلیت شیشه سازی کاهش یافته و استیل آمورف متبلور شود [4].

گزارش شده است در شیشه فلز $Fe_{74-x}Ni_xMoPCB$ که به روش ریخته گری در قالب مسی به دست آمده، با جایگزینی آهن با نیکل به میزان 0 تا 11% درصد اتمی، شیشه سازی تا 5% نیکل بهبود پیدا کرده و بیش از این مقدار افت می‌کند. در حالتی که نیکل داخل سیستم وجود نداشته است حداکثر ضخامت قابل تولید به روش ذکر شده 2 میلی متر بوده است، اما با افزودن نیکل موفق شده‌اند قطعات شیشه‌ای با ضخامت‌های تا 5 میلی متر را نیز استحصال کنند که این امر حاکی از بهبود شیشه سازی با استفاده از عنصر نیکل است. در طیف اشعه ایکس مربوط به این شیشه تا درصدهای بالایی از نیکل نیز پیکی که دلالت بر وجود فاز کریستالین بکند مشاهده نشد. افزودن نیکل و عناصر مشابه موثر در شیشه سازی دمای T_g را از $713^{\circ}K$ به $698^{\circ}K$ و T_x را از 747 به $739^{\circ}K$ کاهش می‌دهد اما چون میزان دمای T_x به میزان کمتری کاهش پیدا می‌کند، گستره شیشه سازی وسیع می‌شود و از این روش به شیشه سازی کمک می‌کند. دمای انتقال شیشه‌ای که یکی دیگر از شاخص‌های سنجش قابلیت شیشه سازی است با افزایش نیکل افزایش پیدا می‌کند. اگر چه با افزایش نیکل تا 4% سبب کاهش T_g می‌شود اما چون دمای ذوب آلیاژ از $1208^{\circ}K$ به $1179^{\circ}K$ کاهش پیدا می‌کند، اثر کاهش T_g بر طرف می‌شود. افزودن نیکل و به طور کلی عناصری که سبب کاهش T_g سیستم می‌شود، استحکام قطعه شیشه‌ای کاهش را نیز کاهش می‌دهد. گرمای انحلال نیکل با آهن به میزان کم تری نسبت به گرمای انحلال آهن با آهن با مولیبدن، کربن، فسفر و بور منفی است و طبق قاعده اینکله هر قدر گرمای انحلال عناصر منفی تر باشد، باید شیشه سازی بهتر شود، انتظار داریم که با جایگزینی نیکل به جای آهن، شیشه سازی خراب شود اما در عمل احتمالاً به دلیل اینکه وجود نیکل سبب ناپایدار کردن فازهای محتمل برای تبلور می‌شود، تاثیر مثبت بر روی قابلیت شیشه سازی دارد. همچنین با جایگزین کردن نیکل به جای آهن، نقطه ذوب آلیاژ افزایش پیدا می‌کند [5, 16, 17].

سه نقطه نظر برای توجیه کاهش استحکام شیشه فلز با افزایش نیکل به آن وجود دارد که می‌تواند به تاثیر سایر عناصر بر

¹ Atomic Packing Density

² Exchange Forces

³ Magnetic Momentum

استحکام شیشه فلزات نیز تعمیم داده شود که با این تئوری‌ها تاثیر عناصر آلیاژی بر استحکام شیشه فلز پیش بینی شود. الف: چن^۱ می‌گوید: پیوند هیبریدی اوربیتال‌های s-d به منتقل شدن یک الکترون از شبه فلزات سیستم به فلزات انتقالی سیستم شکل می‌گیرد. اتم آهن در اوربیتال d خود ۶ الکترون و نیکل ۸ الکترون دارند. لذا با جایگزینی نیکل به جای آهن؛ چون اوربیتال d لایه ظرفیت نیکل پر تر است؛ تمایل کم تری برای ایجاد پیوند وجود دارد و در نتیجه پیوندهای سیستم ضعیف تر هستند. لذا این مساله می‌تواند منشا کاهش استحکام شیشه فلز با افزودن نیکل به آن باشد.

ب: کاهش استحکام با افزودن نیکل به سیستم می‌تواند به گرمای انحلال عناصر نیز مربوط باشد. گرمای انحلال اتم‌های مطرح در این سیستم در جدول ۲ ذکر شده‌اند.

طبق جدول ملاحظه می‌شود که گرمای انحلال شبه فلزات سیستم با آهن به میزان بیشتری نسبت به نیکل، منفی است و هر قدر آنتالپی انحلال عناصر در هم منفی تر باشند پیوندهای سیستم قوی تر هستند. لذا با افزایش نیکل قدرت پیوندی کاهش و از این رو استحکام شیشه فلز پایه آهن کاهش می‌یابد.

ج: کاهش دمای انتقال شیشه‌ای سیستم نیز به معنای کاهش استحکام شیشه فلز است. شیشه فلز با Tg پایین‌تر، طبیعت پیوندی ضعیف تری دارد [16,18].

رابطه‌ای تجربی ۱ بین دمای شیشه‌ای شدن و استحکام شکست شیشه فلزات موید همین امر است. این رابطه نشان می‌دهد که با افزایش Tg، استحکام شیشه فلز افزایش پیدا می‌کند. سطح شیشه فلزات حاصل از ریختگی مذاب در فرآیند انجماد سریع، صیقلی است و حتی در مقیاس نانومتری نیز خراش‌ها در آن‌ها به ندرت مشاهده می‌شود [18]. افزودن اندکی نیکل، خواص مغناطیسی نرم استیل‌آمورف را بهبود می‌دهد بدون آنکه بر روی قابلیت شیشه سازی تاثیر منفی داشته باشد [3].

به طور کلی استیل‌های آمورف استحکام بالایی دارند. استحکام Fe₈₀B₂₀ از سازه‌های فلزهای پایه آهن بیشتر است (۳۶۳۰ MPa). به دلیل ماهیت شبه کووالانسی پیوند بین فلز و شبه فلز در شیشه فلزات آهنی با پایه آهن و شبه فلزات، این مواد نسبتاً ترد هستند. برخی عناصر در ارتقا خواص مکانیکی نقش دارند به طور مثال در ترکیب Fe-Mo- و Fe-Mn-Mo-Cr-C-B و C-B افزودن Er در ازای کاهش Mn سبب بهبود چقرمگی شکست و افزایش مدول یانگ می‌شود. به طور کلی جابجایی بخشی از عناصری که سبب افزایش خاصیت یونی و کووالانسی می‌شوند، با عناصری دیگر چقرمگی شکست این دسته از مواد را افزایش می‌دهد [7].

در آلیاژهای آمورف پایه آهن دو عنصر منگنز و کروم سبب تحت الشعاع قرار دادن خاصیت فرومغناطیسم و از بین بردن آن می‌شوند (دمای کیوری ماده با فاصله‌ی زیادی زیر دمای محیط است و لذا ماده در دما محیط پارامغناطیس است). کوپلاژ ممان مغناطیسی منگنز یا کروم با اتم آهن سبب کاهش مغناطیس سیستم می‌شود. وجود بیش از ۱۰ درصد از این عناصر به آلیاژ سبب می‌شود که خاصیت فرومغناطیسی تا دماهای ۱۰۰- درجه سانتیگراد هم وجود نداشته باشد. همچنین منگنز با افزایش دادن ویسکوزیته مذاب قابلیت شیشه سازی شیشه فلزهای پایه آهن را افزایش می‌دهد. دسته‌ای از شیشه فلزات با دمای انتقال شیشه‌ای کاسته مناسب و بازه ی شیشه سازی ۱۰۰-۶۰ درجه که استیل‌های آمورف Mn-B نامیده می‌شوند به خاطر قابلیت مناسب شیشه سازی در صنعت قادر هستند قطعاتی با ضخامت مناسب از این شیشه فلزها تولید کنند [6,8].

۱-۳- تاثیر فلزات دیر گداز

محققان وجود جفت عناصر Zr-B و Mo-C به عنوان اساس شیشه سازی در شیشه فلزهای پایه آهن مطرح کرده‌اند. این شیشه فلزها دارای دمای انتقال شیشه‌ای کاسته در حدود ۰/۶۳ و بازه شیشه سازی حدود ۱۰۰ کلوین دارند. در بالای دمای ۱۷۰ درجه کلوین خاصیت فرومغناطیسی را از دست داده و لذا در دمای محیط پارامغناطیس هستند (استیل‌های غیر مغناطیسی آمورف). مولیبدن و کروم استحکام شیشه فلز پایه آهن و مقاومت آن به خوردگی را بالا می‌برند. در شیشه فلزهای پایه آهن که دارای شبکه شیشه ساز Zr-B هستند قابلیت ساخت قطعات با خاصیت فرومغناطیسی و بدون آن (پارامغناطیس) وجود دارد. این پایه کم‌ترین میزان دمای انحلال را از خود نشان می‌دهد و در شیشه سازی موثر و طبق قوانین مطلوب است [6].

¹ Chen

در مورد $Fe_{75.5}C_{7.0}Si_{3.3}B_{5.5}P_{8.7}$ که یک شیشه فلز با خاصیت مغناطیسی نرم است، افزودن عنصر نایوبیوم تا ۴ درصد وزنی، اثر مثبتی هم روی افزایش قابلیت شیشه سازی و هم بر روی خاصیت فرومغناطیسی دارد. به دلیل برهم کنش و تمایل ایجاد پیوند بین نایوبیوم و عنصر کربن، فاز Fe_3C و $Fe_{26}C_3$ کریستالی که در استیل‌های آمورف تشکیل آن‌ها محتمل تر است، ایجاد نمی‌شود و شیشه سازی بهبود می‌یابد. تا ۲ درصد نایوبیوم باعث پایداری دمایی استیل آمورف می‌شود. اما بیش از ۴ درصد نایوبیوم مغناطش اشباع (میزان حداکثر خاصیت آهنربایی با اعمال میدان) سیستم را کاهش می‌دهد و لذا بیش از این مقدار مطلوب نیست به طور کلی افزودن فلزات دیر گداز (Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo) باعث می‌شود دمای شیشه‌ای شدن و پایداری فاز آمورف افزایش یابد. همچنین این فلزات با شبه فلزات در شیشه فلز تشکیل یک پیکر بندی می‌دهند و گرانیوی مذاب افزایش می‌یابد و از این راه‌ها به شیشه سازی کمک می‌کنند. با افزودن مناسب عناصر نادر خاکی شیشه فلز پایه آهن به راحتی با روش ریخته‌گری بر قالب مسی در هوا قابل استحصال است [3].

با افزودن مقدار از عناصر با بالا به ترکیب آلیاژ مانند Zr, Nb, Ta, W و Mo (عناصر دیر گداز) شیشه سازی تا ضخامت ۵ میلی‌متر به روش ریخته‌گری بر روی قالب مسی قابل انجام است. Zr, Nb, Mo, Mn باعث کاهش دمای ذوب استیل‌های آمورف غیر مغناطیسی می‌شوند. در نتیجه دمای انتقال شیشه‌ای کاسته افزایش می‌یابد (افزایش T_g) و شیشه سازی بهتر می‌شود [۸]. در سیستم $Fe-Nb-B$ ، مقدار نایوبیوم تعیین کننده‌ی T_c و T_x است. با افزایش میزان نایوبیوم T_x افزایش و دمای کیوری T_c کاهش پیدا می‌کند [19].

۱-۴- تاثیر عناصر بور و سیلیسیم

با افزایش میزان B و Si نیز بازه دمایی کریستالیزاسیون و شیشه سازی ΔT_x وسیع می‌شود. به طور مثال در مورد آلیاژهای $(Fe_{66}Cr_4Mo_4Ga_4P_{12}C_5)_{(100-x)}B_x$ در حد ۵ درصد از B حالت بهینه شیشه سازی گزارش شده است [2]. همچنین افزودن B_2O_3 در برخی از استیل‌های آمورف به عنوان گداز آور سبب می‌شود ضخامت قطعات شیشه‌ای تولید شده افزایش پیدا کند [7]. به طور کلی معمولاً افزودن Si سبب افزایش اشباع مغناطیسی و کاهش میدان پسماند زدا (بهبود خاصیت مواد مغناطیسی نرم) در این مواد، می‌شود [9].

در سیستم $Fe_{76+x}Si_{9-x}B_{10}P_5$ با کاهش ۰ تا ۵ درصدی سیلیسیم، دمای کیوری فرومغناطیسی با کاهش میزان Si از ۶۸۰ به ۶۳۶ کلونین کاهش پیدا می‌کند. طبق منحنی بت-اسلتر^۱ زمانی که میزان شبه فلزات داخل سیستم کمتر از ۲۵٪ اتمی باشد، فاصله میان اتم‌های آهن کاهش پیدا کرده و انرژی تبادل‌اتی که سبب موازی شدن ممان‌های مغناطیسی سیستم می‌شود کم می‌شود. لذا با کاهش میزان شبه فلزات، مغناطش اشباع سیستم کاهش پیدا می‌کند و از نظر خواص مغناطیسی نرم مطلوب نیست. با این میزان کاهش درصد اتمی سیلیسیم، T_x از ۸۲۶ به ۷۷۸ کلونین کاهش پیدا می‌کند. همچنین با کاهش میزان این عنصر، ضخامت قطعات شیشه فلز تولید شده نیز کم می‌شود. در سیستم یاد شده اگر فسفر وجود نداشته باشد شیشه سازی عملاً امکان پذیر نیست با جایگزین کردن بور با فسفر، قابلیت شیشه سازی به طور چشم گیری افزایش یافته و شیشه سازی ممکن می‌شود. گفته شد که الکترون‌های زیر لایه s شبه فلزات با پر کردن زیر لایه d فلزات انتقالی یک پیوند هیبریدی که پایه شبکه شیشه‌ای هست را تشکیل می‌دهند. چون الکترون در زیر لایه $3s$ در فسفر نسبت به الکترون لایه $2s$ در بور، تقید کمتری نسبت به هسته داشته و آزادی عمل بیشتری برای تغییر اسپین و در نتیجه تمایل بیشتر برای شرکت در پیوند هیبریدی دارد، لذا با جایگزینی بور با فسفر گرانیوی مذاب بالاتر رفته و شبکه شیشه ساز در این شیشه فلزات تقویت می‌شود. همچنین فسفر گرمای انحلال منفی تری با عناصر آهن و سیلیسیم دارد که از این نظر نیز استفاده از بور در ترکیب شیمیایی آلیاژ مطلوب است [20]. به طور کلی افزودن شبه فلزات معمولاً باعث ترد تر شدن شیشه فلز پایه آهن می‌شود. افزودن Y, B و C به میزان کم تر از ۵ درصد اتمی در بسیاری از شیشه فلزهای پایه آهن قابلیت شیشه سازی را بالاتر می‌برد [3]. T_g در ترکیب‌های $Fe_{77}Nb_6B_{17}$ ، ۷۹۷ و $Fe_{74}Nb_6B_{20}$ است لذا با جایگزینی B به جای آهن، T_g افزایش پیدا می‌کند. در فرمول اول بازه شیشه سازی ۱۷ و در دومی ۲۴ درجه کلونین است. لذا T_x با افزایش B ، دمای کریستالیزاسیون به میزان بیشتری نسبت به T_g زیاد می‌شود [15].

¹ Bethe-Slater

۲- شکل‌ها، جدول‌ها، نمودارها و روابط

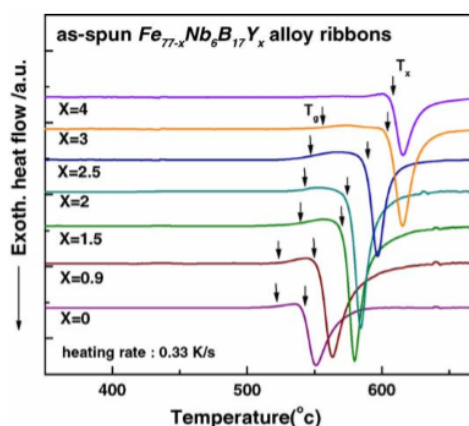
۲-۱- شکل‌ها و جدول‌ها

جدول ۱- روابط ارائه شده جهت کمی کردن قابلیت شیشه سازی آلیاژهای آمورف [7]

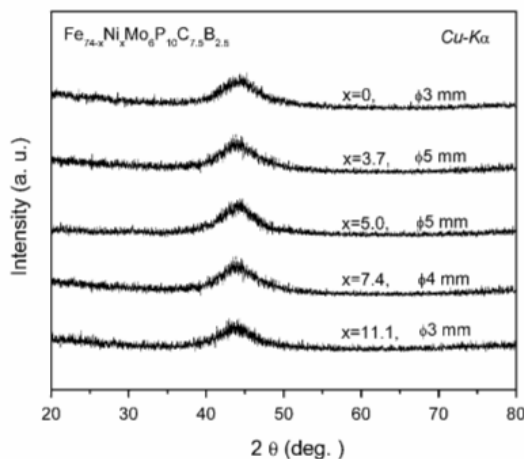
معیار	رابطه
T_{rg}	$T_{rg} = \frac{T_g}{T_l}$
ΔT_X	$\Delta T_X = T_X - T_g$
α	$\alpha = \frac{T_X}{T_l}$
β	$\beta = 1 + \alpha$
δ	$\delta = \frac{T_X}{T_l + T_g}$

جدول ۲- گرمای انحلال عناصر در ترکیب $Fe_{74-x}Ni_xMoPCB$ [16]

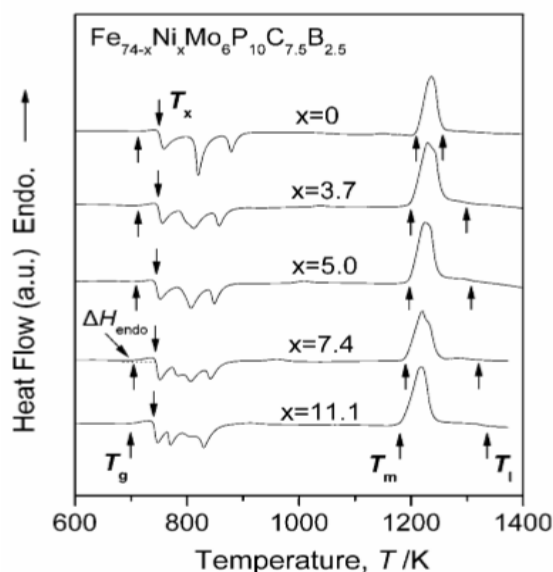
Fe-P	KJ/mol	Fe-B	Fe-C	Ni-P	Ni-B	Ni-C
-41		-11	40	-26	-9	-51



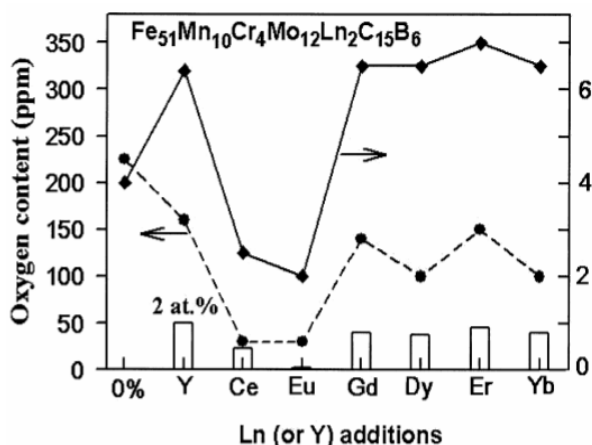
شکل ۱- آزمون DSC از شیشه فلز $Fe_{77-x}Nb_6B_{17}Y_x$ مشاهده می‌شود که با افزایش Y تفاوت T_g و T_x (بازه شیشه سازی) گسترش پیدا کرده است [15].



شکل ۲- آزمون طیف اشعه ایکس $Fe_{74-x}Ni_xCuMo_6P_{10}C_{7.5}B_{2.5}$ به اشکال میله‌ای در ضخامت‌های مختلف [5].



شکل ۳- آزمون DSC از شیشه فلز $Fe_{74-x}Ni_xMo_6P_{10}C_{7.5}B_{2.5}$ با افزایش نیکل تغییر چندانی در T_g و T_x مشاهده نمی‌شود [5].



شکل ۴- میزان اکسیژن محلول شیشه فلز $Fe_{51}Mn_{10}Cr_4Mo_{12}Ln_2C_{15}B_6$ در دو حالت بدون حضور لانتانیدها یا Y (لوزی) - و در حالت دو درصد جایگزینی لانتانیدها یا Y با آهن. مشاهده می‌شود که با اضافه شدن این عناصر به ساختار، اکسیژن محلول که عامل جوانه زنی هتروژن می‌باشد، کاهش پیدا کرده است [14].

۲-۲- روابط و فرمول‌های ریاضی

$$\sigma_F (\text{MPa}) = 7200 + 13.2T_g (^\circ \text{K}) [3]$$

۳- بحث و نتایج

هر قدر دمای انتقال شیشه‌ای کاسته بیشتر باشد، ویسکوزیته مذاب بالاتر و شیشه سازی بهتر است. دمای انتقال شیشه‌ای استیل‌های آمورف که تا کنون شناخته شده‌اند در حدود ۰/۶ است. همچنین این شیشه فلزها گستره شیشه سازی در حدود ۶۰ الی ۱۰۰°C در بهترین حالات را دارا می‌باشند. در ادامه تاثیر عناصر آلیاژی مختلف بر قابلیت شیشه سازی این مواد ارائه می‌شود [7]. مطابق با قوانین شیشه سازی؛ که مطرح شدند؛ با در نظر گرفتن خواص مورد انتظار از قبیل قابلیت شیشه سازی بالا و سهولت تولید، خواص مغناطیسی نرم، استحکام و ...، ترکیبات آلیاژی برای ساخت شیشه فلزهای پایه آهن انتخاب می‌شوند. پارامترهایی برای کمی کردن قابلیت شیشه سازی یک سیستم آلیاژی (جدول ۱) وجود دارند. اما عوامل موثر بر شیشه سازی فراتر از این پارامترها هستند. گاهی ممکن است همه این پارامترهای شیشه سازی با واقعیت تطابق نداشته باشند لذا توجه به نتایج تجربی نیز حائز اهمیت است. به طور مثال با ایجاد تغییری در ترکیب آلیاژی ممکن است در عمل ضخامت قطعات قابل ریختگی از خود

افزایش نشان دهد ولی در روابط مربوط به سنجش قابلیت شیشه سازی تغییر چشم گیری ملاحظه نشود. همانند آنچه در شکل ۳ در مورد جایگزینی نیکل با آهن مشاهده می‌شود که تاثیر محسوسی بر پارامترهای شیشه سازی (Tg و Tx) با افزایش درصد نیکل تقریباً ثابت هستند) مشاهده نشده است اما شیشه سازی سهولت پیدا کرده و ضخامت قطعه تولیدی از ریخته گری بر روی قالب مسی با این روش در عمل بیشتر شده است. به طور مثال در مواردی دیده شده است که گاهی عناصری مانند لاتانیدها سبب کاهش عوامل جوانه زای هتروژن مانند اکسیژن محلول در شیشه فلز می‌شوند یا فازهای محتمل برای تبلور را از جهت ترمودینامیکی ناپایدار می‌سازند. لذا این مواد ممکن است به روش‌های ذکر شده و غیر از تاثیر گذاری مستقیم بر روی روابط مربوط به شیشه سازی مانند Tg و Tx، سبب ارتقاء قابلیت شیشه سازی شوند. به هر حال در هر مورد دلیل علمی وجود دارد. ارائه یک قانون کلی در مورد تاثیر عناصر بر روی قابلیت شیشه سازی با توجه به فرمول‌های شیمیایی مختلفی که وجود دارند و اثرات متقابل عناصر مختلف درون این سیستم‌ها و تعدد آن‌ها برای هر عنصر تقریباً غیر ممکن است اما با توجه به آنچه مورد مطالعه قرار گرفت می‌توان گفت شیشه سازی نیازمند ایجاد یک شبکه شیشه ساز است تا در فرآیند انجماد سریع یک آلیاژ مذاب با گرانشی مطلوب و بالا ایجاد شود. این شبکه از پیوند هیبریدی شبه فلزات و فلزات واسطه منتج می‌شود. یک الکترون از اوربیتال s لایه ظرفیت شبه فلز به اوربیتال d لایه ظرفیت فلز (آهن) منتقل می‌شود و این پیوند مبنای شیشه سازی است. هر قدر تمایل برای ایجاد پیوند با آهن از سوی شبه فلز بالاتر باشد قابلیت شیشه سازی نیز بیشتر است. البته حتماً اثر سایر عناصر نیز مطرح است. اثر عناصر آلیاژی مرسوم در ترکیبات مختلفی ارائه شد و از این منظر می‌توان حدود نتیجه عناصر را به سیستم‌های مشابه تا حدی پیش بینی کرد. در طیف اشعه ایکس شیشه فلزات به صورت کلی شبیه شکل ۲ پیک تبلور مشاهده نمی‌شود و طیف عریض است.

عناصر آلیاژی علاوه بر تغییر قابلیت شیشه سازی، بر خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه نیز موثرند. هر قدر Tg یک شیشه فلز پایه آهن بالاتر باشد، گرمای انحلال عناصر سیستم به صورت دو به دو در هم منفی تر باشد و یا شبکه شیشه ساز قوی تری ایجاد شود استحکام شکست شیشه فلز بالاتر است. رابطه تجربی ۱ که رابطه‌ای خطی بر حسب Tg می‌باشد نیز موید همین امر است. در سیستم‌های پایه Fe-B، لاتانیدهایی مانند Y, Ga, Sc, Dy, Ho, Er, Lu, Tm که شعاعی بزرگتر از آهن دارند، به طور عمده سبب بالا رفتن گرانشی مذاب می‌شوند و به این روش در شیشه سازی موثرند. لاتانیدهای سنگین تر نیز با کاهش اکسیژن محلول به شیشه سازی کمک می‌کنند و مانع از جوانه زنی هتروژن در سیستم می‌شوند (شکل ۴). اتم‌های بزرگ مانند لاتانیدها سبب می‌شوند فاصله بین اتم‌های آهن زیاد شود و در نتیجه انرژی تبادلاتی که منشا موازی شدن ممان‌های مغناطیسی ست، افزایش پیدا کرده و خواص مغناطیسی نرم تشدید شوند. سایر عناصر آلیاژی واسطه مرسوم در این مواد مانند ایتیریم، معمولاً با افزایش گرانشی مذاب و افزایش Trg یا افزایش ناحیه فوق سرمایش (مطابق شکل ۱، کاهش Tg به میزان کمتری نسبت به کاهش Tx اتفاق افتاده است) سبب افزایش قابلیت شیشه سازی این مواد می‌شوند. ممکن است گاهی یک معیار از قابلیت شیشه سازی نشانگر افزایش قابلیت‌های شیشه سازی نباشد، لذا باید به نتایج تجربی و سایر شاخص‌ها نیز توجه شود. بعضی از عناصر پارامغناطیس مانند منگنز و کروم اگر چه قابلیت شیشه سازی را به میزان چشم گیری افزایش می‌دهند اما وجود این عناصر سبب می‌شود دمای کیوری فرومغناطیسی به دماهای بسیار پایین منتقل شود و از این رو ماده خاصیت فرومغناطیسی در دمای اتاق نداشته باشد. عناصر آلیاژی دیگرگاز مانند Mo, Cr, Zr, Nb, Ta و W که استفاده از آن‌ها در شیشه فلزات پایه آهن مرسوم است، بسته به نوع ترکیب به روش‌های مختلفی شیشه سازی را بهبود می‌دهند. اما معمولاً با افزایش دمای شیشه‌ای شدن Tg سیستم به شیشه سازی از شیشه فلزات پایه آهن کمک می‌کنند. همچنین این عناصر با تشکیل یک شبکه دو تایی با شبه فلزات با گرمای انحلال منفی بالا، سبب بهبود شیشه سازی، استحکام و مقاومت به خوردگی می‌شوند و از این نظر باید به نقش شبه فلزات نیز توجه کرد.

۴- نتیجه گیری

شبه فلزاتی مانند P, C و B با تاثیر مستقیم بر روی قابلیت شیشه سازی از طریق بسط ناحیه فوق تبرید در شیشه سازی موثر هستند. بدون این مواد شیشه سازی بسیار مشکل است. با این وجود مطابق آنچه در بخش ۱-۴ ذکر شد، شبه فلزات تاثیر منفی بر خواص مغناطیسی نرم دارند و همچنین تردی شیشه فلز را افزایش می‌دهند.

عناصر آلیاژی مرسوم که شعاعی بیش از ۱,۳ آهن دارند، به طور کلی در قابلیت شیشه سازی و افزایش خواص فرومغناطیس نرم موثر هستند.

نقش شبه فلزات در شیشه فلزات پایه آهن و ایجاد جفت شبه فلز-فلز با گرمای انحلال مناسب، نقشی اساسی از جهت تاثیر گذاری بر قابلیت شیشه سازی است.

بر هم کنش آهن و آن شبه فلزی که پیوند شبه هیبریدی بهتری را با آهن ایجاد کند، استحکام شیشه فلز را به میزان بیشتری افزایش می دهد.

عناصر آلیاژی مرسوم در شیشه فلزات پایه آهن که گرمای انحلال بزرگ منفی با شبه فلزات سیستم دارند به طور قطع شیشه سازی را بهبود می دهند و سبب افزایش استحکام سیستم می شوند.

هر عنصری که سبب افزایش TG شود، استحکام شیشه فلز پایه آهن را افزایش می دهد.

مراجع

- [1] Ashby.M.F, Greer.A.L, Metallic glasses as structural materials, Elsevier, 2005.
- [2] Shen.T.D, Schwars.R.B, Bulk ferromagnetic glasses prepared by flux melting and water quenching, AIP Applied physics letters, 75 49, 1999.
- [3] Jung.H.Y, Yi.S, Enhanced glass forming ability and soft magnetic properties through an optimum Nb addition to a Fe-C-Si-B-P Bulk metallic glass, Elsevier, 2010.
- [4] Yong Ho, Ming Xiang, Pan Lin Lio, synthesis of Fe-Based Bulk metallic glasses with low purity materials by multi-metalloids addition, Materials letters 57(2003) 2698-2701.
- [5] Zhang Tao, Liu Fengjuan, Ductile Fe-Based Bulk metallic glass with good soft magnetic properties, material transactions, Vol 48, No 5, 2007.
- [6] Joseph Poon.S, Shiflet Gary.J, Gua.F.Q, Ponnambalam.V, Glass formability of ferrous and aluminium based structural metallic alloys Nano crystalline Solids, 317(2003)1-9.
- [7] Suryanarayana.C, Inoue.A, Iron-Based Bulk metallic glasses, International materials review, Vol 58, No 3, 2013.
- [8] Ponnambalam.V, Joseph Poon.S, Synthesis of Iron-Based Bulk metallic glasses as non-ferromagnetic amorphous steel alloys, Applied physics letters, 83 1131(2003).
- [9] Wang.W.H, Dong.C, Shek.C.H, Bulk metallic glasses, Material science and engineering, R44 (2004) 45-89.
- [10] Liu, K.F. Yao, H.Y. Ding, Fe-based glassy alloys with high iron content and high saturation magnetization, Elsevier, Intermetallics 19 (2011) 1674e1677.
- [11] Chih.Yuan.Lin, Hung.Yu.Tien, Soft magnetic ternary Iron-Based Bulk metallic glasses, Applied physics letters, 86 162501(2005).
- [12] Shamimi Nouri.A, Liu.Y, Effect of thermal exposure and test temperature on structural evolution and hardness/viscosity of Iron-Based Bulk metallic glasses, Metals and Materials society and ASM International, 2008.
- [13] Ponnambalam.V, Joseph Poon.S, Fe-Based Bulk metallic glasses with diameter thickness larger than one millimeter, department of physics, university of Virginia Charlottesville, 2004.
- [14] V. Ponnambalam and S. Joseph Poon, Fe-Mn-Cr-Mo-(Y,Ln)-C-B (Ln = Lanthanides) bulk metallic glasses as formable amorphous steel alloy, Department of Materials Science and Engineering, University of Virginia, Charlottesville, Virginia 22904-4745,2004.
- [15] D.S. Songa, J.-H. Kima, E. Fleuryb, W.T. Kimc, D.H. Kima, Synthesis of ferromagnetic Fe-based bulk glassy alloys in the Fe-Nb-B-Y system, Journal of Alloys and Compounds 389 (2005) 159-164.
- [16] Fengjuan Liu, Quanwen Yang, Shujie Pang, Chaoli Ma and Tao Zhang, Ductile Fe-Based BMGs with High Glass Forming Ability and High Strength, Materials Transactions, Vol. 49, No. 2 (2008) pp. 231 to 234.
- [17] Chen.Q.J, Fan.H.B, Ye.L, Ringer.S, Sun.J.F, Shen.J, McCartney.D.G, Enhanced glass forming ability of Fe-Co-Zr-Mo-W-B alloys with Ni addition, Material science and engineering A 402(2005) 188-192.
- [18] H. S. Chen, J. T. Krause and E. Coleman, J. Non-Cryst. Solids 18 (1975) 157-171.
- [19] Stoica.M, Hajlaoui.K, LeMoulec.A.A, Yavari.A.R, New ternary Fe-based bulk metallic glass with high boron content, Philosophical Magazine Letters, Vol. 86, No. 4, April 2006, 267-275.
- [20] Jianhua Zhang, Chuntao Chang, Anding Wang, Baolong Shen, Development of quaternary Fe-based bulk metallic glasses with high saturation magnetization above 1.6 T, Journal of Non-Crystalline Solids 358 (2012) 1443-1446.



مهندس پیمان شیخ الاسلامی
کندلوسی، نویسنده‌ی اول مقاله،
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

سرامیک‌های زیستی و الکترونیسی پیشرفته

پیمان شیخ الاسلامی کندلوسی*، سید محمود ربیعی

دانشکده مهندسی مواد و صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

چکیده: در سال‌های اخیر تولید نانوالیاف با استفاده از روش الکتروریسندگی به‌منظور کاربردهای پزشکی و ترمیم بافت آسیب دیده مورد توجه بسیاری از دانشمندان و محققان قرار گرفته است. مهم‌ترین ویژگی نانوالیاف الکترونیسی‌شده، ساختار مشابه آن با ماتریکس خارج سلولی بومی می‌باشد. برای دستیابی به الیاف صاف، یکنواخت و بدون گره باید به انتخاب حلال و ماده پلیمری دقت کرد. طیف وسیعی از مواد زیستی از جمله پلیمر، سرامیک و کامپوزیت آنها برای اهداف مهندسی بافت کاربرد دارد. کامپوزیت سرامیک/پلیمر به دلیل زیست سازگاری، تجزیه پذیری زیستی و خواص مکانیکی مطلوب شرایط مناسبی را برای مهاجرت، چسبندگی، تکثیر سلولی و در نهایت رشد و جایگزینی بافت جدید فراهم می‌کند. هدف از این پژوهش، بررسی سرامیک‌ها، کامپوزیت سرامیک/پلیمر و مروری بر پیشرفت‌های اخیر در حوزه الکتروریسندگی بوده است.

کلمات کلیدی: سرامیک‌ها، الکترونیسی پیشرفته، کامپوزیت، الیاف.

۱- مقدمه

سرامیک‌های زیست فعال همچون هیدروکسی آپاتیت، تری کلسیم فسفات و شیشه‌های زیستی بطور گسترده در ساخت داربست‌های مهندسی بافت استفاده می‌شود. حضور آنها در محیط فیزیولوژیک بدن به علت فعالیت‌های سلولی موجب تشکیل پیوند سخت با بافت می‌گردد. عمدتاً سرامیک‌ها را با توجه به عدم انعطاف و تخریب‌پذیریشان و همچنین بهبود خواص مکانیکی داربست با پلیمرهای مصنوعی و طبیعی کامپوزیت می‌کنند [۱، ۲].

یکی دیگر از موادی که اخیراً در مهندسی بافت کاربرد دارد، نانولوله‌های کربنی است. تعداد مطالعات انجام شده در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ نشان می‌دهد که بکارگیری این ماده در حوزه پزشکی تقریباً به دو برابر رسیده است. تولید نانولوله‌های کربنی معمولاً از طریق رسوب شیمیایی بخار انجام می‌شود. با توجه به اینکه رشد نانولوله‌ها بوسیله کاتالیست‌های فلزی صورت می‌گیرد در نتیجه ممکن است سمیت سلولی ایجاد کند به همین دلیل برای کاربردهای پزشکی نیاز به تصفیه با استفاده از اسید قوی دارند. نانولوله‌های کربنی خواص مکانیکی و الکتریکی مطلوبی دارند اما از نظر واکنش‌پذیری سطح و ترشوندگی ضعیف‌اند. با تصفیه آنها و قرارگیری گروه‌های عاملی مانند کربوکسیل می‌توان این محدودیت را برطرف نمود [۳].

مواد برپایه گرافن بصورت گسترده در زمینه‌های پزشکی مانند استخوان، عصب و غضروف استفاده می‌شود. حضور نانوذرات گرافنی در داربست‌های مهندسی بافت باعث واکنش آن با انواع زیست مولکول‌ها همچون آنزیم‌ها شده و به دلیل خواص مکانیکی بالا و هدایت الکتریکی منجر به تسریع روند ترمیم و بازسازی آسیب دیده می‌گردد [۴].

همچنین از شیشه‌ها و شیشه-سرامیک‌ها نیز در ساخت داربست استفاده می‌کنند. شیشه‌ها جامد آمورفی هستند که از سرد نمودن حالت مایع به وجود می‌آیند. ساختمان اتمی شیشه‌ها دارای نظم و تناوب ساختار بلوری بلند برد نمی‌باشند. شیشه‌های زیستی در مقیاس نانو با ترکیب شیمیایی حاوی سیلیس، سدیم اکسید، کلسیم اکسید و دی فسفر پنتاکسید به علت مساحت سطحی بالای آن،

* Chemical Vapor Deposition

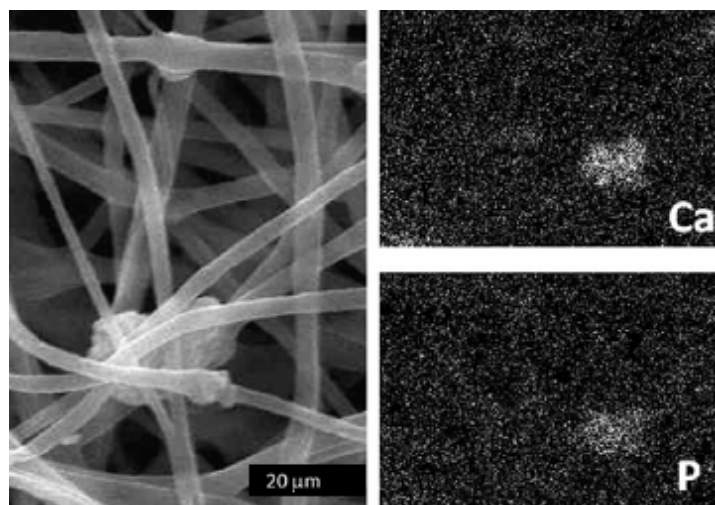
فعالیت زیستی را بهبود می‌بخشند. از این نانوذرات در زمینه ترمیم بافت غضروف استفاده می‌شود [۵].

افزودن شیشه‌های فعال زیستی به پلیمرها، زیست فعالی، جذب پروتئین و چسبندگی سلول، زیست پذیری و استحکام مکانیکی داربست را بهبود می‌بخشد و در مقابل با کاهش نرخ متورم شدن، سبب قوام پلیمر شده و مهاجرت سلولی را در پی خواهد داشت [۶]. حضور مواد سرامیکی از جمله شیشه‌های فعال زیستی در بدن از طریق تشکیل لایه کلسیم فسفاتی در سطح موجب بهبود زیست سازگاری و کنترل تخریب پذیری داربست در محیط بدن نیز می‌شود [۷]. مهمترین محدودیت این نوع از سرامیک‌ها، قدرت انحلال پذیری بالا، تردی و شکننده بودن آن است. امروزه به منظور افزایش کارایی و خواص شیشه‌های فعال، عناصر مختلفی همچون نقره، منیزیم، استرانسیوم، زیرکونیا، روی، پتاسیم، فلوراید و آلومینیوم را به آن اضافه می‌کنند. بطورمثال افزودن نقره، به دلیل خواص آنتی باکتریالی، از عفونت ایمپلنت و جراحی مجدد آن جلوگیری می‌کند [۸].

۲- ارزیابی نانوالیاف الکتروریسی شده سرامیک/پلیمر

بیانکو^۱ و همکارانش در سال ۲۰۰۹ نانوالیاف الکتروریسی شده از پلی کاپرولاکتون (PCL) و هیدروکسی آپاتیت ساختند. در این پژوهش ابتدا غلظت‌های مشخصی از نانوذرات سرامیکی بین ۲ تا ۵۵ درصد وزنی و ماده پلیمری را در حلالی مناسب پراکنده کردند. پس از همزدن و انحلال کامل، محلول نهایی تحت الکتروریسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که حضور ماده سرامیکی موجب افزایش گرانیوی و هدایت الکتریکی نمونه‌ها می‌گردد اما در نمونه ۴ و ۶ درصد وزنی، ویسکوزیته کاهش یافت که به دلیل توزیع همگن نانوذرات می‌باشد.

تصاویر SEM نشان داد که افزودن ماده سرامیکی منجر به تشکیل کلوخه در داربست می‌گردد. همچنین تصویر طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) از منطقه کلوخه‌ها بیانگر تجمع عناصر کلسیم و فسفر بود. در داربست حاوی ۲ درصد سرامیک الیاف یکنواخت و فاقد گره مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه ۶ درصد وزنی و نقشه EDS [۹].

آنالیز خواص مکانیکی از طریق تست کشش نشان می‌دهد در نمونه‌های حاوی ۲، ۴ و ۶ درصد استحکام داربست تغییر چشمگیری نداشته است اما با افزایش بیشتر جزء دوم، ساختار ناهمگن و غیر یکنواخت الیاف کاهش پیدا کرد [۹].

هلمس^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۴ سازه الکتروریسی شده به همراه نانومواد کربنی ساختند. گرافن و نانولوله کربنی تک دیواره (SWCNTs) به روش قوس الکتریکی تهیه شدند. سه گروه از داربست برای ارزیابی‌های مختلف شامل گروه کنترل (PCL) که در حلال کلروفرم حل شد، گروه‌های حاوی گرافن/ نانولوله و گرافن/ نانولوله و پلی ال لایزین ساخته شد. بعلاوه آب‌گریزی بالای PCL و بهبود استحکام مکانیکی، به آن نانومواد کربنی و پلی ال لایزین اضافه شد. مورفولوژی الیاف بیانگر آنست که داربست‌ها

¹ Bianco
² Holmes

دارای الیافی با توزیع قطری همگن و بدون گره می‌باشد. بطور کلی بررسی خواص مکانیکی و ارزیابی‌های سلولی نشان داد که داربست حاوی ۱٪ گرافن/ نانولوله در مقایسه با سایر نمونه‌ها مدول یانگ، چسبندگی و تکثیر سلولی بالاتر و مناسب‌تری داشت. در این تحقیق از سلول‌های بنیادی مزانشیمال مغز استخوان انسان استفاده شد [۱۰].

سونگ^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۵ نانو الیاف الکتروریسی از PCL و گرافن اکسید را برای کاربرد مهندسی بافت ساختند. سوسپانسیون PCL و اکسید گرافن با غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی در حلالی مشخص تهیه کردند سپس محلول‌ها برای الکتروریسی در درون سرنگ منتقل شدند. توپوگرافی الیاف به کمک میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) بررسی شد. بطوری که با افزایش مقدار گرافن اکسید به داربست قطر الیاف به علت هدایت الکتریکی بالای آن کاهش یافت. اما آنالیز تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی بیانگر آن است که الیاف در نمونه‌های حاوی ۰/۵ و ۱ درصد وزنی یکپارچگی خود را از دست داده‌اند.

آزمون آنالیز وزنی حرارتی (TGA) به منظور میزان پایداری حرارتی داربست‌های کامپوزیتی انجام شد (شکل ۲). افزایش ثبات حرارتی در اثر ایجاد پیوندی جدید حین پروسه ساخت الیاف ممکن است رخ دهد. تمامی نمونه‌ها تا دمای ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد بدون تغییر در وزن خود بودند. بطور کلی غشاها با مقادیر بالای اکسید نرخ تخریب ساختاری کمتری نسبت به درصد‌های پایین داشتند [۱۱].

آنالیز خواص مکانیکی از طریق تست کشش نشان می‌دهد در نمونه‌های حاوی ۲، ۴ و ۶ درصد استحکام داربست تغییر چشمگیری نداشته است اما با افزایش بیشتر جزء دوم، ساختار ناهمگن و غیر یکنواخت الیاف کاهش پیدا کرد [۹].

هلمس^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۴ سازه الکتروریسی شده به همراه نانومواد کربنی ساختند. گرافن و نانولوله کربنی تک دیواره (SWCNTs) به روش قوس الکتریکی تهیه شدند. سه گروه از داربست برای ارزیابی‌های مختلف شامل گروه کنترل (PCL) که در حلال کلروفرم حل شد، گروه‌های حاوی گرافن/ نانولوله و گرافن/ نانولوله و پلی ال لایزین ساخته شد. بعلاوه آب‌گریزی بالای PCL و بهبود استحکام مکانیکی، به آن نانومواد کربنی و پلی ال لایزین اضافه شد. مورفولوژی الیاف بیانگر آنست که داربست‌ها دارای الیافی با توزیع قطری همگن و بدون گره می‌باشد. بطور کلی بررسی خواص مکانیکی و ارزیابی‌های سلولی نشان داد که داربست حاوی ۱٪ گرافن/ نانولوله در مقایسه با سایر نمونه‌ها مدول یانگ، چسبندگی و تکثیر سلولی بالاتر و مناسب‌تری داشت. در این تحقیق از سلول‌های بنیادی مزانشیمال مغز استخوان انسان استفاده شد [۱۰].

سونگ^۳ و همکاران در سال ۲۰۱۵ نانو الیاف الکتروریسی از PCL و گرافن اکسید را برای کاربرد مهندسی بافت ساختند. سوسپانسیون PCL و اکسید گرافن با غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی در حلالی مشخص تهیه کردند سپس محلول‌ها برای الکتروریسی در درون سرنگ منتقل شدند. توپوگرافی الیاف به کمک میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) بررسی شد. بطوری که با افزایش مقدار گرافن اکسید به داربست قطر الیاف به علت هدایت الکتریکی بالای آن کاهش یافت. اما آنالیز تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی بیانگر آن است که الیاف در نمونه‌های حاوی ۰/۵ و ۱ درصد وزنی یکپارچگی خود را از دست داده‌اند.

آزمون آنالیز وزنی حرارتی (TGA) به منظور میزان پایداری حرارتی داربست‌های کامپوزیتی انجام شد (شکل ۲). افزایش ثبات حرارتی در اثر ایجاد پیوندی جدید حین پروسه ساخت الیاف ممکن است رخ دهد. تمامی نمونه‌ها تا دمای ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد بدون تغییر در وزن خود بودند. بطور کلی غشاها با مقادیر بالای اکسید نرخ تخریب ساختاری کمتری نسبت به درصد‌های پایین داشتند [۱۱].

شالومن^۴ و همکاران در سال ۲۰۱۳ تاثیر افزودن هیدروکسی آپاتیت و شیشه‌های زیستی بر نانوالیاف کیتوسان/PCL را ارزیابی کردند. در این پژوهش از هیدروکسی آپاتیت با ترکیب شیمیایی $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ ، شیشه زیستی حاوی CaO ، SiO_2 و Na_2O و حلال‌های دوگانه شامل فرمیک اسید و استون به دلیل رسانندگی بالا و تولید الیافی یکنواخت و بدون گره استفاده شدند.

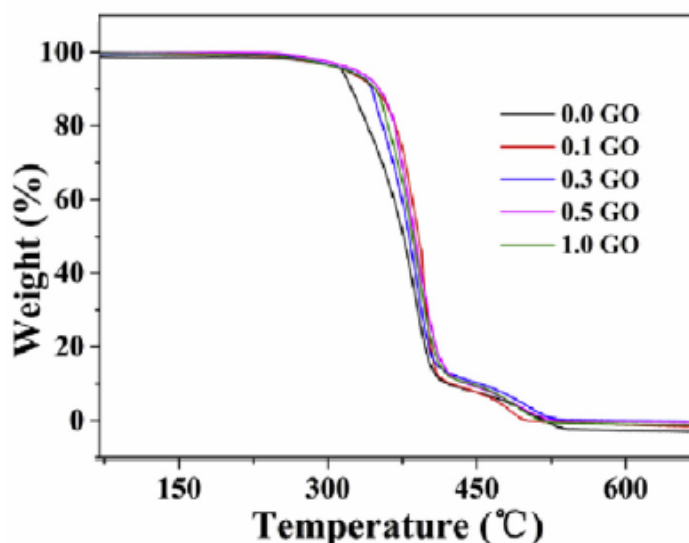
¹ Song

² Holmes

³ Song

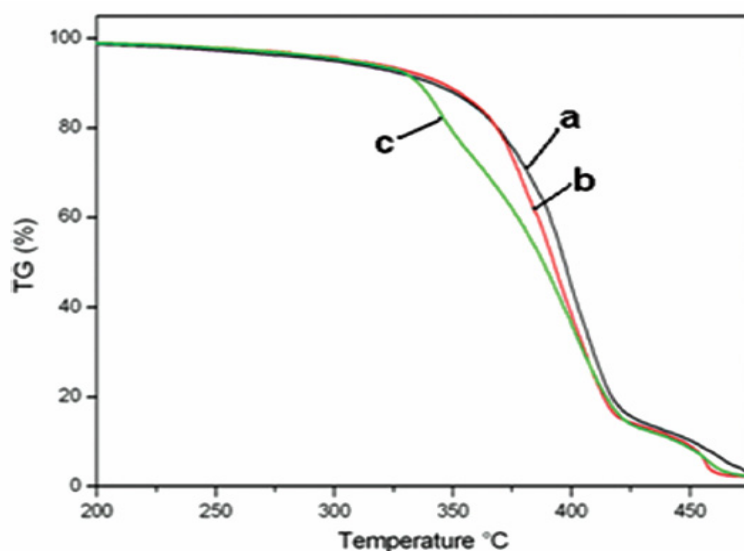
⁴ Shalumon

غلظت‌های مختلفی شامل ۱/۵ و ۳٪ وزنی از سرامیک‌ها به محلول پلیمری اضافه شد. افزودن نانوذرات سرامیکی همچون هیدروکسی آپاتیت و شیشه‌های زیستی با توجه به عایق بودنشان، هدایت محلول را کاهش می‌دهند در نتیجه الیافی با قطر بزرگتر خواهیم داشت.



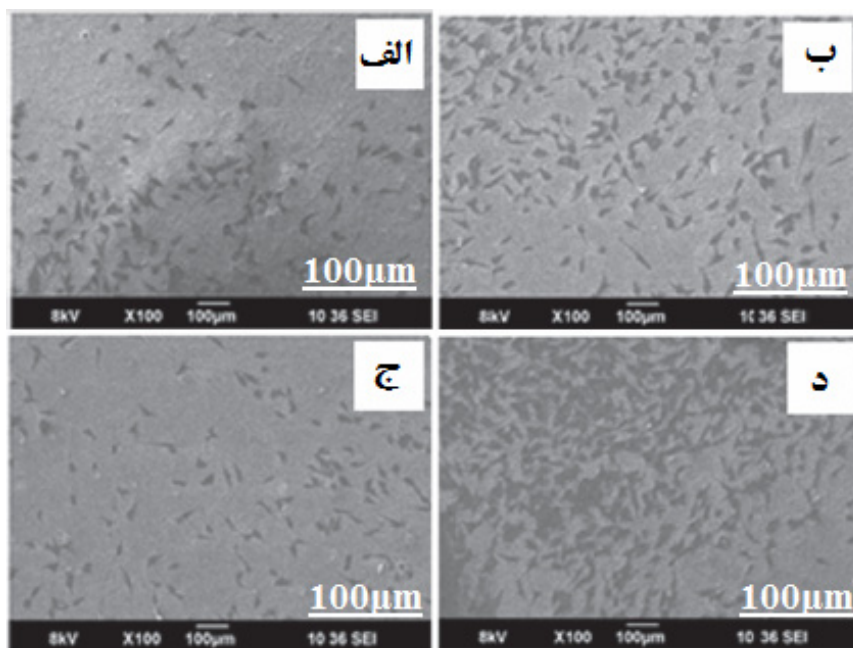
شکل ۲- پروفایل TGA [۱۱].

آنالیز حرارتی با استفاده از روش ترموگراویمتری (TG) اندازه‌گیری شد. افزایش نانوذرات شیشه‌های زیستی موجب کاهش دمای تجزیه می‌گردد بدین معنی که در دمای پایین‌تری دچار تخریب و بی‌ثباتی می‌شود. منحنی TG در شکل (۳) نشان می‌دهد که نمونه‌های کنترل و ۱/۵ درصد وزنی تقریباً مشابه همدیگر به‌علت همگن بودن نانوذرات در داربست و متفاوت با نمونه ۳ درصد وزنی است.



شکل ۳- دیاگرام TG نمونه‌های الف) PCL/CS (ب) PCB1/5 (ج) PCB3 [۱۲].

بر اساس شکل (۴) ارزیابی‌های سلولی نشان می‌دهد که داربست PCL/کیتوسان حاوی ۳٪ وزنی شیشه زیستی تکثیر سلولی مناسب‌تری رخ داده است که برای مهندسی بافت سخت می‌توان آن را بکار برد [۱۲].

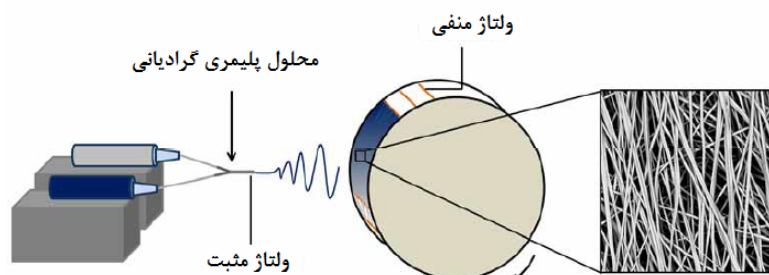


شکل ۴- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از داربست‌های حاوی سلول‌های لانه گزین شده بعد ۹۶ ساعت
الف) PCH1/5 (ب) PCH3 (ج) PCB1/5 (د) PCB3 [۱۲].

۳- مروری بر پیشرفت‌های اخیر در حوزه الکتروریسی

۳-۱- الکتروریسی گرادیدانی

در سال‌های اخیر بزرگترین چالش پیشروی مهندسی بافت، ترمیم بافت بومی با یک داربست سنتزی بوده است. به منظور تقلید زیستی از ساختارهای ناهمگن بافت باید خواص داربست‌ها را متناسب با عملکرد بافت طراحی کرد. در نتیجه الکتروریسی گرادیدانی با هدف شبیه‌سازی بیشتر خواص داربست و بافت هدف روی کار آمد. عمدتاً از روش اختلاط محلول پلیمری برای تهیه کامپوزیت‌های گرادیدانی استفاده می‌شود. طبق شکل (۵) این روش از دو پمپ سرنگ مجزا تشکیل شده که سوزن‌ها به هم متصل‌اند بطوری‌که تنها یک محلول مخلوط از سوزن خارج می‌شود. با اعمال نرخ تغذیه‌های متفاوت می‌توان داربست گرادیدانی بدون تغییر در ضخامت داربست تهیه نمود [۱۳].



شکل ۵- الکتروریسی گرادیدانی [۱۳].

داربست‌های گرادیدانی جهت مهندسی بافت غضروف-استخوان باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

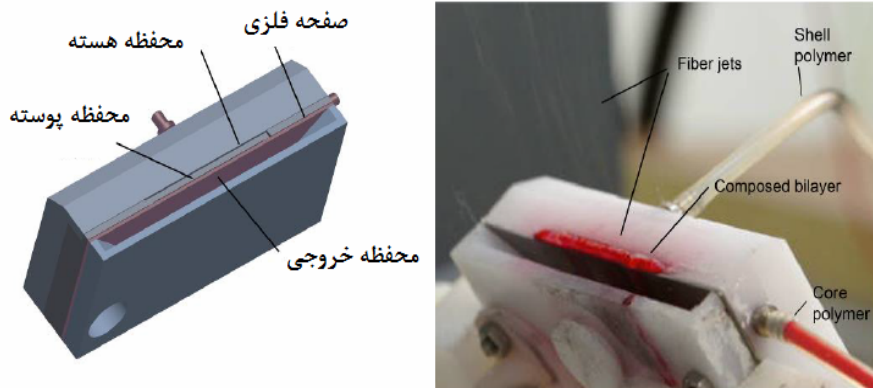
۱- تخلخل بالا با اندازه حفرات حداقل ۱۰۰ میکرومتر برای تعاملات سلولی و رشد بافت کلسینه شده و تخلخل کمتر برای بافت نرم.

۲- خواص مکانیکی: مدول یانگ داربست باید در محدوده بافت بومی باشد (بطور مثال برای بافت استخوان ران ۱۳۹۳ MPa و بافت غضروف حدود ۱۲۲ MPa)

۳- تخریب پذیری: جایگزین شدن بافت جدید با تخریب کاشتنی [۱۴].

۳-۲- الکتروریسی بدون سوزن

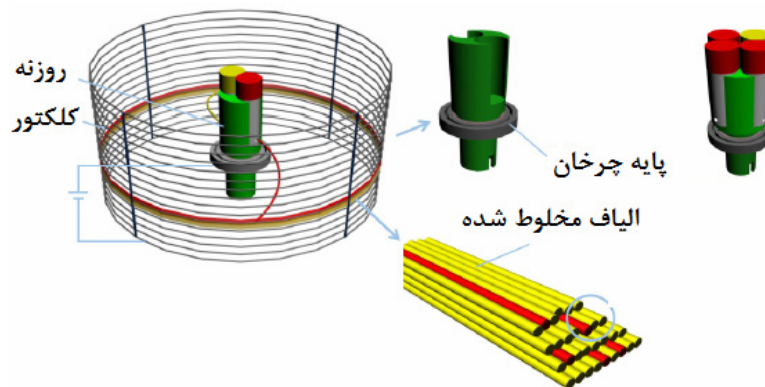
بکارگیری تکنیک الکتروریسی هسته-پوسته روشی مناسب برای تولید کامپوزیت‌های امتزاج ناپذیر است اما این روش با محدودیتی مثل نرخ تولید کم مواجه می‌باشد. اگرچه استفاده از سوزن‌های بیشتر برای بهبود بهره‌وری این روش می‌تواند موثر باشد ولی افزایش سوزن موجب تغییر در میدان الکتریکی و مورفولوژی الیاف می‌گردد. بنابراین تکنولوژی الکتروریسی بدون سوزن روی کار آمد. الکتروریسی بدون سوزن از ۳ محفظه تشکیل شده است. محفظه اول و دوم به ترتیب برای قرارگیری محلول پلیمری پوسته و هسته و محفظه سوم هم به منظور خروج پلیمر می‌باشد (شکل ۶) [۱۵].



شکل ۶- الکتروریسی بدون سوزن [۱۵].

۳-۳- الکتروریسی گریز از مرکز

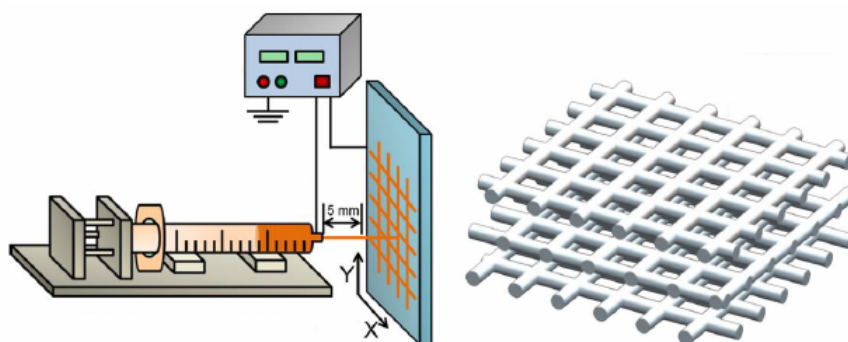
در این روش هم از نیروی گریز از مرکز و نیروی الکتریکی برای تهیه الیاف منظم و آرایش‌یافته استفاده می‌شود. همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌کنید اجزای دستگاه الکتروریسی گریز از مرکز شامل صفحه جمع‌کننده استوانه‌ای شکل رسانا از جنس آهن، پایه چرخان و روزنه (قطر ۰/۴-۰/۶ میلی متر) در قسمت زیرین محفظه تشکیل شده است. ولتاژ اعمالی، سرعت چرخش و اندازه روزنه بر روی مورفولوژی الیاف تاثیر می‌گذارد. با توجه به نرخ پایین تولید الیاف (۱۲۰ gr/hr) استفاده از محفظه‌های بیشتری برای تزریق محلول پلیمری توسعه یافته‌اند [۱۶].



شکل ۷- الکتروریسی گریز از مرکز [۱۶].

۳-۴- الکتروریسی میدان نزدیک

ابتدا محلول پلیمری در حلال مناسب حل شده سپس به درون سرنگ بارگذاری می‌شود. براساس شکل (۸) فاصله نازل و صفحه جمع‌کننده حدود ۵ میلی متر در نظر گرفته شده است. پس از ایجاد اختلاف پتانسیل و نرخ جریان مناسب، الیاف روی کلکتور رسوب می‌کند. حرکت کلکتور در محورهای افقی و عمودی بر طبق یک برنامه کامپیوتری از پیش تعریف شده می‌باشد. اندازه منافذ در داربست را می‌توان به کمک نرم افزار افزایش داد و در نتیجه با توجه به قطر منفذ مورد نیاز شرایط بهینه‌سازی کرد. این روش برای بهبود رفتارهای سلولی همچون رشد و تکثیر سلولی کاربرد دارد [۱۷].

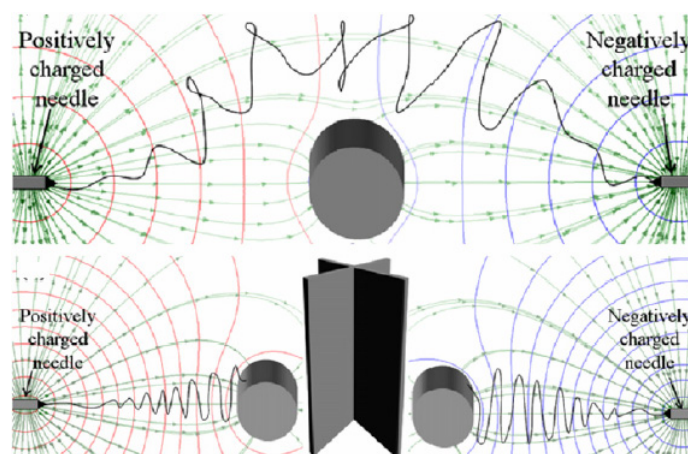


شکل ۸- الکتروریسی میدان نزدیک [۱۷].

۳-۵- الکتروریسی با استفاده همزمان از ولتاژ مثبت و منفی

یکی از مشکلات روش‌های الکتروریسی مرسوم محدودیت در ضخامت داربست است. در واقع نانوالیاف که به وسیله نیروی الکترواستاتیک شارژ شده، شارژ باقی مانده در الیاف مانع از شکل‌گیری داربست‌هایی با ضخامت بالاتر می‌شود. جهت برطرف کردن این مشکل، استفاده از ولتاژ مثبت و منفی مطرح شد. از طرفی دیگر امکان اتصال الیاف در طول پرواز و تجمع یافتگی آنها نیز ممکن است رخ دهد.

در این دستگاه دو پمپ سرنگ و صفحه جمع‌کننده چرخان تعبیه شده و منبع ولتاژهای مثبت و منفی به نوک سوزن‌ها متصل است (شکل ۹). حرکت کلکتور در جهات عقربه ساعت و مخالف آن از به هم چسبندگی الیاف جلوگیری می‌کند [۱۸].



شکل ۹- پروفایل میدان الکتریکی ایجاد شده بوسیله ولتاژهای مثبت و منفی در صفحات جمع‌کننده مختلف [۱۸].

۴- نتیجه‌گیری

داربست‌های نانولیفی کامپوزیتی سرامیک-پلیمر بطور گسترده در حوزه مهندسی بافت کاربرد دارد. عمدتاً از سرامیک‌هایی همچون شیشه، شیشه سرامیک، اکسید گرافن و دیگر مواد استفاده می‌شود. از طرفی دیگر، تکنیک الکتروریسی برای تهیه الیافی با ضخامت و بازدهی بالا گسترش یافته‌اند که از آن می‌توان به الکتروریسی گریز از مرکز، ولتاژ مثبت و منفی، میدان نزدیک و گرادیانی اشاره نمود که بکارگیری هر کدام از روش‌ها بسته به کاربرد مورد نظر متفاوت می‌باشد.

مراجع

- [1] Dhandayuthapani B, Yoshida Y, Maekawa T, Sakthi Kumar D. "Polymeric Scaffolds in Tissue Engineering Application: A Review". International Journal of Polymer Science. Vol. 2011, pp. 1-19, 2011.
- [2] Rahaman M.N, Day D.E, Sonny Bal B, Fu Q, Jung S.B, Bonewald L.F, Tomsia A.P. "Bioactive glass in tissue engineering". Acta Biomaterialia. Vol. 7, pp. 2355-2373, 2011.
- [3] Harrison B.S, Atala A. "Carbon nanotube applications for tissue engineering". Biomaterials. Vol. 28, pp. 344-353, 2007.

- [4] Shin SR, Li Y.C, Jang H.L, Khoshakhlagh P, Akbari M, Nasajpour A, Shrike Zhang Y, Tamayol A, Khademhossein A. "Graphene-based materials for tissue engineering". *Advanced Drug Delivery Reviews*. Vol. 105(B), pp. 255-274, 2016.
- [5] Boccaccini A.R, Erol M, Stark W.J, Mohn D, Hong Z, Mano J.F. "Polymer/bioactive glass nanocomposites for biomedical applications. A Review". *Composites Science and Technology*. Vol. 70, pp. 1764-1776, 2010.
- [6] [6] Khoshakhlagh P, Rabiee S.M, Kiaee G, Heidari P, Miri A.K, Moradi R, Moztaazadeh F, Ravarian R. "Development and Characterization of a Bioglass/chitosan Composite as an Injectable Bone Substitute". *Carbohydrate Polymers*. Vol. 157, pp. 1261-1271, 2017.
- [7] Nabian N, Jahanshahi M, Rabiee S.M. "Synthesis of nano-bioactive glass-ceramic powders and its in vitro bioactivity study in bovine serum albumin protein". *Journal of Molecular Structure*. Vol. 998, pp. 37-41, 2011.
- [8] Rabiee S.M, Nazparvar N, Azizian M, Vashae D, Tayebi L. "Effect of ion substitution on Properties of bioactive glasses: A review". *Ceramics International*. Vol. 41, pp. 7241-7251, 2015.
- [9] Bianco A, Federico E.D, Moscatelli I, Camaioni A, Armentano I, Campagnolo L, Dottori M, Kenny J.M, Siracusa G, Gusmano G. "Electrospun poly(ϵ -caprolactone)/Ca-deficient hydroxyapatite nanohybrids: Microstructure, mechanical properties and cell response by murine embryonic stem cells". *Materials Science and Engineering C*. Vol 29, pp. 2063-2071, 2009.
- [10] Holmes B, Fang X, Zarate A, Keidar M, Zhang L.G. "Enhanced Human Bone Marrow Mesenchymal Stem Cell Chondrogenic Differentiation in Electrospun Constructs with Carbon Nanomaterials". *Carbon*. Vol. 97, pp. 1-13, 2016.
- [11] Song J, Gao H, Zhu G, Cao X, Shi X, Wang Y. "The preparation and characterization of polycaprolactone/graphene oxide biocomposite nanofiber scaffolds and their application for directing cell behaviors". *Carbon*. Vol. 95, pp. 1039-1050, 2015.
- [12] Shalumon K. T, Sowmya S, Sathish D, Chennazhi K. P, Nair S.V, Jayakumar R. "Effect of Incorporation of Nanoscale Bioactive Glass and Hydroxyapatite in PCL/Chitosan Nanofibers for Bone and Periodontal Tissue Engineering". *Journal of Biomedical Nanotechnology*. Vol. 9, pp. 430-440, 2013.
- [13] Kishan A.P, Robbins A.B, Mohiuddin S.F, Jiang M, Moreno M.R, Cosgriff-Hernandez E.M. "Fabrication of macromolecular gradients in aligned fiber scaffolds using a combination of in-line blending and air-gap electrospinning". *Acta Biomaterialia*. Vol. 56, pp. 118-128, 2017.
- [14] Seidi A, Ramalingam M, Elloumi-Hannachi I, Ostrovidov S, Khademhosseini Ali. "Gradient biomaterials for soft-to-hard interface tissue engineering". *Acta Biomaterialia*. Vol. 7, pp. 1441-1451, 2011.
- [15] Vysloužilová L, Buzgo M, Pokorný P, Chvojka J, Míčková A, Rampichová M, Kula J, Pejchar K, Bílek M, Lukáš D, Amler E. "Needleless coaxial electrospinning: a novel approach to mass production of coaxial nanofibers". *International Journal of Pharmaceutics*. Vol. 516(1-2), pp. 293-300, 2017.
- [16] Wang L, Ahmad Z, Huang J, Li J.S, Chang M.W. Multi-Compartment Centrifugal Electrospinning Based Composite Fibers. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 330, pp. 541-549, 2017.
- [17] Feng-Li H, Da-Wei L, Jin H, Yang-Yang L, Fiaz A, Ya-Li L, Xudong D, Ya-Jing Y, Da-Chuan Y. "A novel layer-structured scaffold with large pore sizes suitable for 3D cell culture prepared by near-field electrospinning". *Materials Science and Engineering: C*, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.12.016>.
- [18] Tong H.W, Wang M. "A novel technique for the fabrication of 3D nanofibrous scaffolds using simultaneous positive voltage electrospinning and negative voltage electrospinning". *Materials Letters*, Vol. 94, pp. 116-120, 2013.



دکتر کیوان اسدیان، نویسنده‌ی
اول مقاله، عضو هیات علمی
پژوهشگاه مواد و انرژی،
پژوهشکده نیمه‌هادی

حرارت‌دهی مایکروویو برای سنتز پودر تک فاز باریم

تیتانات

کیوان اسدیان*، نفیسه شاهقلی، تورج عبادزاده

پژوهشگاه مواد و انرژی

چکیده: در این تحقیق سنتز ترکیب $BaTi_4O_9$ با استفاده از واکنش حالت جامد از دو طریق حرارت‌دهی در مایکروویو و کوره الکتریکی بررسی شد. نتایج آنالیز XRD نشان داد که در حرارت‌دهی از طریق مایکروویو در دمای $1100^\circ C$ اولین پیک قوی از فاز $BaTi_4O_9$ ظاهر شده است و پس از آن با افزایش بیش‌تر دما در $1200^\circ C$ تشکیل فاز کامل شده است. به عبارت دیگر در این دما هیچ فاز ثانویه یا مربوط به مواد اولیه در نمونه دیده نشده است. لازم به ذکر است که برای سنتز کامل پودر تک فاز $BaTi_4O_9$ در مایکروویو تنها ۳۵ دقیقه زمان صرف شده است. همچنین به منظور مقایسه، پودر مورد نظر در زمان‌های مختلف در دمای $1200^\circ C$ در کوره الکتریکی کلسینه شد. نتایج نشان داد که سنتز این فاز در کوره الکتریکی به ۲ ساعت نگاه‌داری در دمای $1200^\circ C$ احتیاج داشت. تصاویر SEM نیز نشان داد که پودرهای سنتز شده در هر دو حالت آگلومره هستند و ذرات به هم جوش خورده‌اند. با این وجود اندازه این آگلومره‌ها در مایکروویو به دلیل سریع‌تر بودن فرآیند حرارت‌دهی بسیار کوچک‌تر است. کلمات کلیدی: باریم تیتانات، مایکروویو، سنتز، سرامیک دی‌الکتریک مایکروویو.

۱- مقدمه

ترکیبات باریم تیتانات کاربردهای گسترده‌ای در صنایع سرامیک و الکترونیک علی‌الخصوص در تکنولوژی خازن‌های سرامیکی دارند. در این سیستم ترکیبات غنی از TiO_2 ($>50\%$) به دلیل داشتن ثابت دی‌الکتریک بالا، خواص فروالکتریکی و ضریب دمایی مقاومت الکتریکی مثبت و اتلاف دی‌الکتریک پایین در فرکانس‌های رادیویی از مهم‌ترین ترکیبات این سیستم محسوب می‌شوند [۱].

در طی سال‌های ۱۹۶۶-۱۹۷۱، Naumann و همکارانش [۲] و همچنین Masse و همکارانش [۳] ترکیبی با ۸٪ TiO_2 با فرمول $(BT_4)BaTi_4O_9$ را گزارش دادند. پس از آن Roy و Rase [۴] اولین مطالعات فازی جامع را پیرامون این سیستم انجام دادند و وجود ترکیبات $BaTiO_3$ ، Ba_2TiO_4 ، $BaTi_2O_5$ ، $BaTi_3O_7$ و $BaTi_4O_9$ را برای آن گزارش دادند.

Akashi و همکارانش [۵] اولین بار تک کریستال‌های $BaTi_2O_5$ را با روش Floating Zone سنتز و خواص دی‌الکتریک آن را اندازه‌گیری کردند و بیان کردند که این ترکیب تا دمای $1420^\circ C$ از نظر حرارتی کاملاً پایدار است. آن‌ها برای سنتز این ترکیب از مخلوط $BaCO_3$ و TiO_2 استفاده کردند و نشان دادند که در ابتدا دو فاز BT_4 و $Ba_4Ti_{13}O_4$ تشکیل می‌شود و با ادامه فرآیند، $Ba_4Ti_{13}O_4$ با باقی مانده TiO_2 واکنش داده و تشکیل فاز BT_4 کامل می‌گردد. فاز BT_4 در نمودار فازی در محدوده‌ی غنی از TiO_2 ($>80\%$) در زیر دمای $1420^\circ C$ با ترکیب $Ba_2Ti_4O_2$ در تعادل است. بنابراین در دماهای بالا در این نسبت مولی ترکیب دو فازی است و مقادیر اندکی از فاز $Ba_2Ti_9O_2$ نیز وجود خواهد داشت. در دماهای بالای $1428^\circ C$ استحاله BT_4 به صورت غیرمتجانس است که ترکیب BT_4 به دو فاز TiO_2 و یک فاز مایع تبدیل می‌شود.

تا کنون سنتز فاز BT_4 معمولاً از طریق واکنش حالت جامد گزارش شده است و بیان شده است که پودر تک فاز BT_4 را به دلیل پیچیدگی در ترکیب و ساختار، نمی‌توان در دمای زیر $1300^\circ C$ از طریق واکنش حالت جامد به راحتی سنتز کرد. این فاز معمولاً حتی بعد از گرم کردن پیش ماده‌ها

در دمای 1200°C به مدت ۲ ساعت نیز تشکیل نمی‌شود و فازهای BaTi_2O_5 ، $\text{Ba}_4\text{Ti}_{13}\text{O}_{30}$ و $\text{Ba}_2\text{Ti}_9\text{O}_{20}$ به عنوان فازهای ثانویه در ترکیب دیده می‌شوند [۷۶].

Yang و همکارانش [۸] برای سنتز پودر تک فاز BT4 از واکنش حالت جامد استفاده کردند. آن‌ها مواد اولیه BaCO_3 و TiO_2 را در دمای 1150°C به مدت ۲ ساعت کلسینه کردند و بیان کردند که علی‌رغم کافی بودن این دما برای تشکیل فاز BT4 در الگوی تفرق این پودر چندین پیک کوچک مربوط به فاز $\text{Ba}_4\text{Ti}_{13}\text{O}_{30}$ نیز دیده می‌شود.

Liou و همکارانش [۹] فاز BT4 را بدون کلسینه کردن از طریق زینترینگ واکنشی^۱ تهیه کردند. آن‌ها مقادیر استوکیومتری از BaCO_3 و TiO_2 را ابتدا به مدت ۱۲ ساعت آسیاب و پس از شکل‌دهی در دمای 1200°C – 1280°C به مدت ۶ ساعت زینتر کردند و توانستند به دانسیته ۹۸٪ دست یابند.

Mhaisalker و همکارانش [۱۰] گزارش کردند که آسیاب پودرهای BaCO_3 و TiO_2 با استفاده از گلوله‌های آلومینایی باعث ورود ناخالصی Al_2O_3 به ترکیب می‌شود که این ناخالصی در طی زینترینگ فاز ثانویه $\text{BaAl}_2\text{Ti}_6\text{O}_{16}$ را می‌دهد که در نتیجه سبب کاهش خواص دی‌الکتریکی خواهد شد.

Weng و همکارانش [۱۱] گزارش کرده‌اند که با استفاده از مواد اولیه BaCO_3 و $\text{Ti}(\text{OCH}(\text{CH}_3)_2)_4$ در حضور اسید سیتریک و اتیلن گلیکول می‌توان پودر تک فاز BT4 را سنتز کرد. آن‌ها بیان کردند که در این روش با حرارت دادن مواد اولیه بین 700°C تا 1300°C شیشه‌ی پلیمری جامدی بدست می‌آید. آن‌ها ثابت کردند که کلسینه کردن در دمای 750°C باعث ایجاد فاز $\text{BaTi}_5\text{O}_{11}$ به همراه فاز ثانویه $\text{Ba}_2\text{Ti}_9\text{O}_{20}$ می‌شود؛ در حالی که کلسینه کردن در دمای 800°C پودر تک فاز BT4 را ایجاد می‌کند.

Li و همکارانش [۱۲] پودر BT4 را با استفاده از مواد اولیه $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ، بوتیل تیتانات، EDTA و اسید سیتریک از روش پچینی سنتز کردند. نتایج آن‌ها حاکی از این بود که کلسینه کردن در دمای 800°C باعث تشکیل فاز $\text{BaTi}_5\text{O}_{11}$ می‌شود؛ در حالی که فاز خالص BT4 در دمای 1200°C بدست خواهد آمد.

Choy و همکارانش [۱۳] نیز پودر نانوی تک فاز BT4 را با استفاده از $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ و TiCl_4 و روش سیترات سنتز کردند و از طریق الگوی تفرق اشعه‌ی X ثابت کردند که کریستالیت‌های فاز BT4 با گرم کردن در دمای 1100°C به مدت ۱ ساعت بدست می‌آید. Tyagi و Purohit [۱۴] نشان دادند که پودر چند فاز BT4 را می‌توان با پیش ماده‌ی نیترات-سیترات بدست آورد. آن‌ها همچنین توانستند سرامیک‌هایی با دانسیته ۹۶٪ زینتر شده در دمای 1200°C به مدت ۶ ساعت را از این پودر بدست آورند.

YanAze و همکارانش [۱۵] تاثیر پارامترهای آسیاب کاری را بر روی مخلوط شدن باریم کربنات و تیتانیم و تشکیل تیتانات باریم بررسی کردند. بر اساس یافته‌های آن‌ها، برای مخلوط ۱ مول باریم کربنات و ۱ مول تیتانیم که با آسیاب پر انرژی آسیاب شده بودند، تا دمای 1200°C دو ترکیب BaTiO_3 و Ba_2TiO_4 تشکیل می‌شود. با این وجود Balaz و همکارش [۳۷] ثابت نمودند که با آسیاب مکانیکی می‌توان دمای تشکیل ترکیبات باریم تیتانات را کاهش داد.

Cernea و همکارانش [۱۶] از طریق روش رسوب دهی و با استفاده از مواد اولیه $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، TiCl_4 و نمک آمونیاک ترکیب BaTi_4O_9 را سنتز کردند. آن‌ها بیان کردند که پیش ماده‌ی این ترکیب مخلوطی از $\text{BaC}_2\text{O}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ ، $\text{TiO}(\text{OH})_2 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ است. همچنین نشان دادند که اندازه ذرات پودر کریستاله شده در دمای 1300°C به مدت ۲ ساعت حدود $300\text{--}1000\text{nm}$ و در دمای 1000°C به مدت $300\text{--}1000\text{nm}$ است. آن‌ها خواص دی‌الکتریک مایکروویو ترکیب BaTi_4O_9 که در 1300°C با زمان نگهداری ۲ ساعت زینتر شده بودند را به صورت زیر بیان کردند:

$$Q=3800-4000 \text{ at } 6-7 \text{ GHz}=\epsilon_r, \epsilon_r, \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}=11T_f$$

Choy و همکارانش [۱۷] نیز با استفاده از روش پیش ماده‌های سیتراتی و با اضافه کردن SnO به ترکیب خود، پودرهایی با ابعاد نانو را تهیه کردند و اثر جانشین شدن Sn را بر روی کریستالیزاسیون و خواص دی‌الکتریک مایکروویو نمونه‌ها بررسی کردند و نشان دادند که میزان اندکی از SnO دمای زینتر ترکیب BaTi_4O_9 را تا 1250°C پایین می‌آورد و میزان تراکم نمونه‌ها تا ۹۹٪ میزان تئوری آن‌ها افزایش می‌یابد. همچنین ثابت کردند که این اکسید خواص دی‌الکتریک مایکروویو را بهبود می‌بخشد. آن‌ها

¹ Reaction Sintering

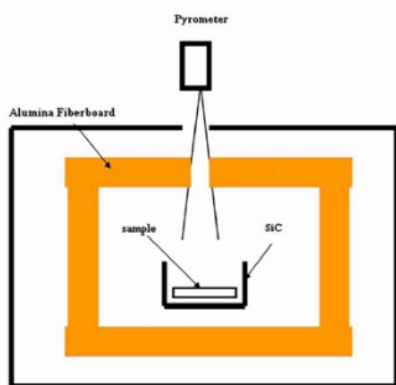
در تحقیقی دیگر [۱۸]، نیز به این موضوع اشاره کردند که سنتز پودر از طریق روش‌های سل-ژل خواص دی‌الکتریک مایکروویو را به طور چشمگیری بهبود می‌بخشد و دلیل این موضوع را این چنین بیان کردند که ریز شدن اندازه ذرات پودر سبب فعال شدن بیش‌تر سطح پودر و موجب بهبود زینتر می‌شود و در نتیجه خواص دی‌الکتریک مایکروویو افزایش خواهد یافت.

۲- فعالیت‌های تجربی

با توجه به اهمیت شناخت فازهای موجود در مواد اولیه، بررسی فازی و ساختار کریستالی دو پودر اکسید تیتانیم و کربنات باریم با استفاده از الگوی تفرق اشعه‌ی X انجام شد.

برای سنتز پودر، در گام اول مقادیر استوکیومتری از پودرهای کربنات باریم و اکسید تیتانیم برای خروج آب‌های اضافی و رطوبت احتمالی، در خشک کن در دمای 150°C به مدت ۲ ساعت خشک و با آب مقطر با نسبت جرم پودر به جرم آب ۱۵ به ۱۳ و نسبت جرم پودر به جرم گلوله ۱ به ۷ و فرکانس ۵۰ هرتز به مدت ۳۰ ساعت در آسیاب لرزشی آسیاب شد. پس از آن مخلوط بدست آمده مجدداً در خشک کن با دمای 120°C به مدت ۲ ساعت خشک شد. بررسی و ارزیابی رفتار حرارتی مواد مورد استفاده، با استفاده از آنالیز STA صورت گرفت. این آنالیز در اتمسفر هوا از دمای محیط تا 1200°C و با سرعت گرمایش $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ انجام شد. به منظور کلسینه کردن پودر؛ عملیات حرارتی از دو طریق حرارت دهی توسط امواج مایکروویو و حرارت دهی مرسوم در کوره به شرح زیر انجام شد:

الف) حرارت دهی توسط امواج مایکروویو: دستگاه مورد استفاده یک اجاق مایکروویو معمولی با فرکانس 2450GHz و توان 900Watt بود. برای اندازه‌گیری دما از یک پیرومتر (RAYR312MSCL2G) استفاده شد. شکل ۱ چگونگی قرارگیری پیرومتر را نشان می‌دهد. ب) حرارت دهی در کوره: پودر خشک شده در بوته آلومینایی قرار داده شد و در کوره الکتریکی در دماهای مختلف با زمان نگهداری ۰، ۳۰ min، ۶۰ min و ۱۲۰ min حرارت داده شدند. سرعت گرم کردن کوره $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ و پس از حرارت دهی در دمای ماکزیمم، کوره در آن دما خاموش شد تا بطور طبیعی سرد گردد.

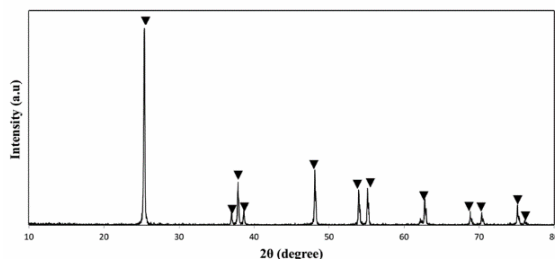


شکل ۱- نمایش دستگاه مایکروویو و چگونگی قرارگیری پیرومتر.

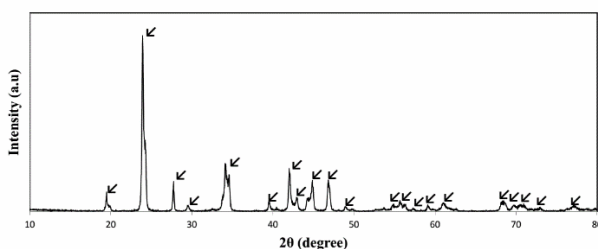
برای بررسی فازهای تشکیل شده از آنالیز XRD استفاده شد. دستگاه مورد استفاده در این تحقیق ساخت شرکت Philips (Netherlands) مدل 3710 با مشخصات $V=40\text{ kV}$ ، $I=30\text{ mA}$ ، اشعه بکار رفته $\text{CuK}\alpha$ با طول موج 1.5404\AA بود. برای تشخیص فازی طیف در رنج 20° – 70° درجه با مشخصات $\text{step size}=0.02^{\circ}$ و $\text{time per step}=1\text{ Sec}$ جمع آوری شد. مورفولوژی و اندازه دانه‌ها و بلورک‌ها با استفاده از SEM مورد بررسی قرار گرفت. دستگاه SEM مورد استفاده FE-SEM, S4160 Hitachi, Japan بود.

۳- نتایج و بحث

به منظور اطمینان از خلوص مواد اولیه، بررسی فازی بر روی آن‌ها انجام شد. شکل ۲ و شکل ۳ به ترتیب الگوی تفرق اشعه X مربوط به اکسید تیتانیم و باریم کربنات را نشان می‌دهد که حاکی از تک فاز بودن مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق است.

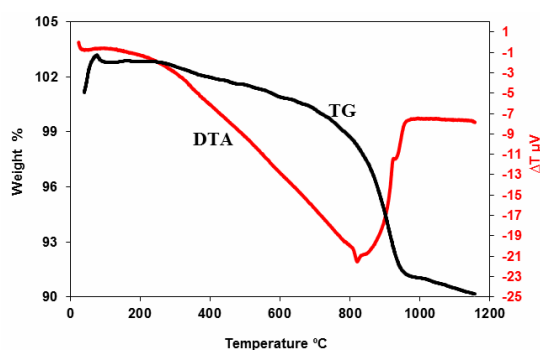


شکل ۲- الگوی تفرق اشعه‌ی X مربوط به TiO_2 (▼).



شکل ۳- الگوی تفرق اشعه‌ی X مربوط به BaCO_3 (♣).

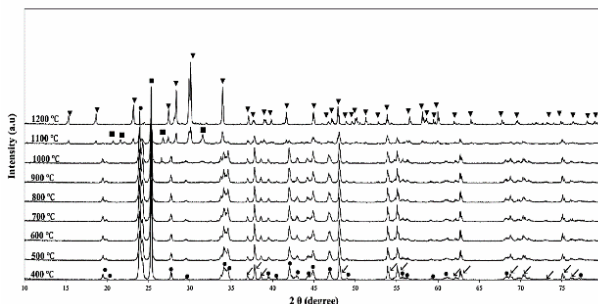
شکل ۴ منحنی STA مخلوط ۴ مول TiO_2 و ۱ مول BaCO_3 را نشان می‌دهد. نمودار TG این منحنی نشان می‌دهد که نمونه از دمای محیط تا 800°C کاهش وزن ناچیزی دارد. پس از آن با افزایش بیش‌تر دما تا 1000°C این کاهش وزن بسیار زیاد بوده که می‌توان آن را ناشی از خروج دی‌اکسید کربن از نمونه دانست. با بالا رفتن دما از 1000°C تا 1200°C مجدداً کاهش وزن با شیب ملایم‌تری ادامه پیدا می‌کند. در نمودار DTA در دمای 800°C یک پیک گرماگیر دیده می‌شود که می‌توان آن را مربوط به واکنش تجزیه‌ی باریم کربنات و گرماگیر بودن این واکنش دانست. Lin و همکارانش [۶] با بررسی منحنی STA مخلوط باریم کربنات و اکسید تیتانیم با نسبت مولی $1/2 \text{ BaCO}_3$ و $1/8 \text{ TiO}_2$ به این نتیجه رسیدند که نمودار STA در این نمونه پیک‌های با شدت بالایی ندارد. آن‌ها همچنین بیان کردند که در دو دمای 810°C و 970°C دو پیک گرماگیر مشاهده می‌شود که می‌توان به تغییرات پلی مورفیک ترکیب BaCO_3 مربوط دانست. علاوه بر این آن‌ها در این تحقیق نشان دادند که برای این مخلوط کاهش وزن از دمای تقریبی 600°C شروع می‌شود که به شروع تشکیل BaTiO_3 مربوط می‌شود. لین شروع یک واکنش گرماگیر در دمای 1020°C را نیز خاطر نشان ساخت که ناشی از اتلاف وزن سریع و غیر عادی و تشکیل بیش‌تر BaTiO_3 است که با طیف XRD نمونه‌ها در این دما نیز مطابقت دارد.



شکل ۴- منحنی STA مخلوط باریم کربنات و اکسید تیتانیم.

در شکل ۵ الگوی تفرق نمونه‌های سنتز شده در مایکروویو در دماهای 400°C تا 1200°C آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در دمای 400°C فقط پیک‌های مواد اولیه دیده می‌شود و در این دما فاز جدیدی تشکیل نشده است. با افزایش بیش‌تر دما در 1100°C اولین پیک از فاز BT4 ظاهر شده است. در دمای 1100°C علی‌رغم ظاهر شدن پیک فاز مورد نظر، چند پیک کوچک از مواد اولیه و یک فاز جدید با ترکیب $\text{Ba}_4\text{Ti}_{13}\text{O}_{30}$ دیده می‌شود. که در دمای 1200°C ناپدید می‌شوند. در این دما کلیه

پیک‌ها مربوط به فاز مورد نظر است و هیچ پیک مربوط به فاز ثانویه و مواد اولیه دیده نمی‌شود. در این دما تشکیل فاز BT4 کامل شده است. در جدول ۱ زمان لازم برای رسیدن پودر به دماهای مورد نظر آورده شده است.



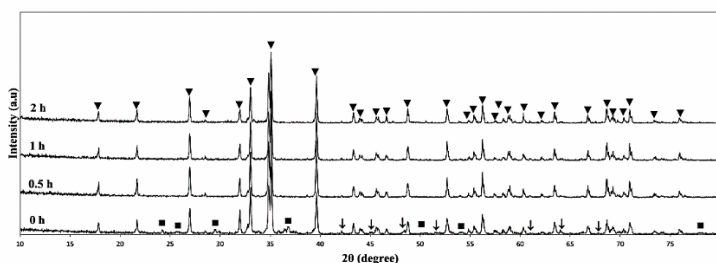
شکل ۵- الگوی پراش اشعه X مربوط به نمونه‌های سنتز شده در میکروویو در دماهای مختلف؛

●: BaCO_3 ، ◄: TiO_2 ، ■: $\text{Ba}_4\text{Ti}_{13}\text{O}_{30}$ و ▼: BaTi_4O_9

جدول ۱- زمان لازم برای رسیدن به دماهای مورد نظر در حرارت‌دهی میکروویو

دما (°C)	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۲۰۰
زمان (min)	۵	۶	۶	۷	۹	۱۳	۱۶	۲۳	۳۵

الگوی تفرق اشعه X پودر سنتز شده در کوره الکتریکی در دمای 1200°C در زمان‌های نگهداری ۰ تا ۲ ساعت در شکل ۶ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در زمان ۰ هیچ پیک مربوط به مواد اولیه ظاهر نشده است. اما چندین پیک مربوط به فازهای ثانویه $\text{BaTi}_5\text{O}_{11}$ و $\text{Ba}_4\text{Ti}_{13}\text{O}_{30}$ در این زمان مشاهده می‌شود که با افزایش زمان نگهداری این فازها به فاز اصلی BT4 تبدیل شده‌اند. و در زمان ۲ ساعت سنتز پودر کامل شده و اثری از فازهای ثانویه مشاهده نمی‌شود.



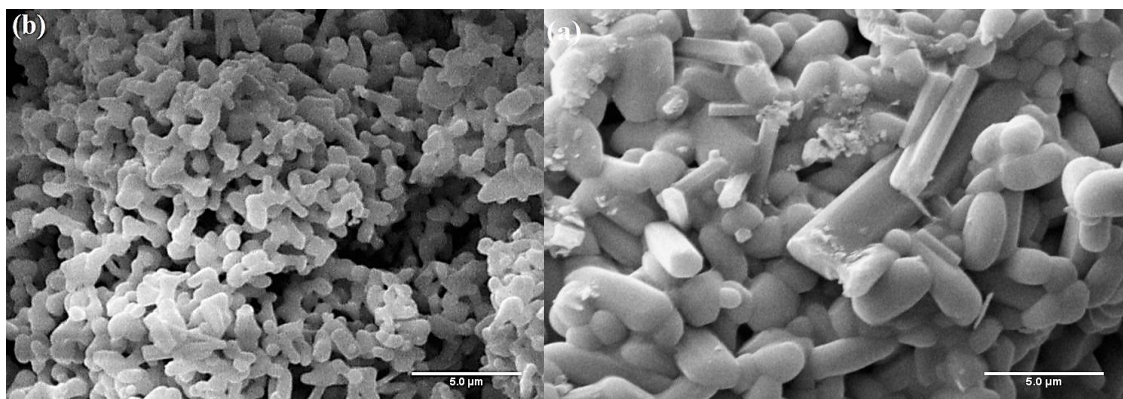
شکل ۶- الگوی تفرق اشعه X پودر سنتز شده در دمای 1200°C در زمان‌های مختلف

■: $\text{Ba}_4\text{Ti}_{13}\text{O}_{30}$ ، ◄: $\text{BaTi}_5\text{O}_{11}$ و ▼: BaTi_4O_9

مقایسه دو روش حرارت‌دهی ثابت می‌کند که با توجه به کوتاه بودن زمان سنتز در میکروویو که تنها ۳۵ دقیقه است؛ این روش برای تهیه پودر تک فاز BT4 روشی مقرون به صرفه و کارآمد است.

تصاویر SEM پودرهای سنتز شده از طریق حرارت‌دهی در میکروویو و کوره الکتریکی در دمای 1200°C در شکل ۷ آورده شده است. این شکل نشان می‌دهد که پودرهای سنتز شده در هر دو روش آگلومره هستند. به عبارت دیگر ذرات به هم جوش خورده‌اند و ذرات بزرگ‌تری را تشکیل داده‌اند. همچنین مشاهده می‌شود که ذرات پودر سنتز شده در میکروویو کوچک‌تر و کم‌تر آگلومره شده است. این موضوع را می‌توان به سریع بودن حرارت‌دهی در میکروویو مربوط دانست که باعث می‌شود ذرات فرصت به هم پیوستن و تشکیل آگلومره‌های بزرگ‌تر را نداشته باشند. علاوه بر این مشاهده می‌شود که پودر بدست آمده با استفاده از حرارت‌دهی در کوره الکتریکی دارای مورفولوژی ناهمگنی است و شکل برخی از ذرات به صورت میله‌ای است. این نوع ریز ساختار در تحقیقات دیگر نیز مشاهده شده است. Xu و همکارانش [۱۹] که با استفاده از پیش ماده‌های پلیمری پودر تک فاز BT4 را سنتز کردند مشاهده کردند که ذرات پودر بدست آمده شدیداً آگلومره شده هستند و اندازه این آگلومره‌ها در حدود ۱

میکرومتر است. Kumar و همکارانش [۲۰] نیز که از طریق روش سل-ژل پودر BT4 را در دمای 1000°C سنتز کرده بودند به آگلومره شدن ذرات اشاره کرده‌اند. آن‌ها همچنین بیان کردند که آگلومره‌های تشکیل شده از طریق گردنه‌هایی به یکدیگر متصل شده‌اند که حاکی از آغاز واکنش ذرات در این دما است. در حقیقت علیرغم اینکه سنتز از طریق واکنش‌های حالت جامد از نظر قیمت محصول روش مفیدی است اما آگلومره شدن شدید و کنترل سخت شکل ذرات از مشکلات عمده‌ی آن است. آگلومره‌ها سبب غیریکنواختی فشردگی در بدنه خام می‌شود و همین غیریکنواختی سبب متغیر بودن زینتر نمونه می‌شود. متغیر بودن زینتر شدن هنگامی رخ می‌دهد که نواحی مختلف قطعه با سرعت‌های مختلف منقبض شود. این حالت مشکلات جدی مثل، گسترش تخلخل و حفره‌های ترک مانند در بدنه‌ی زینتر شده را ایجاد می‌کند؛ بنابراین در این روش به یک مرحله آسیاب پس از سنتز هم نیاز است.



شکل ۷- تصاویر SEM پودر سنتز شده در (a) کوره الکتریکی به مدت ۲ ساعت در دمای 1200°C (b) کوره مایکروویو.

۴- نتیجه گیری

- با استفاده از حرارت دهی مایکروویو امکان سنتز فاز BT4 در دمای 1200°C وجود دارد. زمان کل حرارت دهی از دمای اتاق به این دما ۳۵ دقیقه می‌باشد. سنتز فاز فوق بدون تشکیل فاز ثانویه بود و یا اینکه میزان فاز ثانویه بسیار ناچیز بود. این در حالی است که با استفاده از حرارت دهی در کوره الکتریکی این فاز در 1200°C بعد از ۱۲۰ دقیقه حرارت دهی در این دما تشکیل گردید. با توجه به سرعت گرمایش $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ، در کل ۲۴۰ دقیقه زمان برای تشکیل فاز در کوره الکتریکی لازم است. این نتیجه برتری حرارت دهی مایکروویو نسبت به حرارت دهی در کوره الکتریکی را نشان می‌دهد.
- با توجه به نتایج پراش اشعه X، در حرارت دهی توسط امواج مایکروویو تشکیل فاز BT4 از دمای 1100°C آغاز و در دمای 1200°C تکمیل می‌گردد.
- آنالیز STA نشان داد که از دمای حدود 800°C تا 1000°C اتلاف وزن شدید در نمونه مشاهده می‌شود که می‌توان به خروج CO_2 مربوط دانست.
- در نمودار DTA مخلوط باریم کربنات و اکسید تیتانیم در دمای حدود 800°C یک پیک گرماگیر وجود دارد که می‌توان به تجزیه کربنات باریم نسبت داد.
- آنالیز SEM نشان داد که در هر دو روش حرارت دهی مایکروویو و حرارت دهی در کوره الکتریکی ذرات سنتز شده از ذرات کوچک‌تر به هم جوش خورده تشکیل گردیده‌اند. به عبارت دیگر پودرهای بدست آمده در هر دو روش شدیداً آگلومره هستند.
- با توجه به نتایج SEM مشاهده شد که آگلومره‌های تشکیل شده با حرارت دهی در مایکروویو بسیار کوچک‌تر از کوره الکتریکی بودند که می‌توان به سریع بودن فرآیند حرارت دهی در مایکروویو اشاره کرد که سبب می‌شود آگلومره‌ها فرصت بزرگ شدن و رشد نداشته باشند. مورفولوژی ذرات سنتز شده در کوره الکتریکی دارای ذرات میله‌ای شکل بوده که به ذرات کروی جوش خورده‌اند. در حالی که چنین مورفولوژی در نمونه سنتز شده در مایکروویو مشاهده نمی‌شود.

مراجع

- [1] L. F. Chen, C. K. Ong, C. P. Neo, V. V. Varadan, and V. K. Varadan, *Microwave Electronics (Measurement and Materials Characterization)*: John Wiley & Sons, 2004.
- [2] J. Naumann, J. Plotner, and K. Stellenberger, "Dielectric properties of compositions in the barium oxide-titanium dioxide system.," *Hermesdorfer Tech. Mitt.*, vol. 10, pp. 947-950, 1970.
- [3] D.J.Masse, R.A.Purcel, D.W.Readey, E.A.Maguire, and C.P.Hartwig., "New low loss high k temperature compensated dielectric for microwave applications.," *Proc. IEEE.*, vol. 59, pp. 1628-1629, 1971.
- [4] D. E. Rase and R. Roy, "Phase equilibria in the system BaO-TiO₂," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 38, pp. 102-113, 1955.
- [5] Takaya Akashi, Hiroaki Iwata, and T. Goto, "Preparation of BaTi₂O₅ Single Crystal by a Floating Zone Method," *Materials Transactions.*, vol. 44, pp. 802-804, 2003.
- [6] W.-Y. Lin, R. A. Gerhardt, R. F. Speyer, and J. Y. Hsu., "Thermal processing and properties of BaTi₄O₉ and Ba₂Ti₉O₂₀ dielectric resonators. ," *J. Mater. Sci.*, vol. 34, pp. 3021-3025, 1999.
- [7] M.-H. Weng, T. J. Liang, and C.-L. Huang., "Lowering of sintering temperature and microwave dielectric properties of BaTi₄O₉ ceramics prepared by the polymeric precursor method.," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 22, pp. 1693-1698, 2002.
- [8] CHENG-FU YANG, SHI-HONG LO, and C.-M. CHENG, "Effect of glass addition on BaTi₄O₉ microwave ceramics," *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE LETTERS*, vol. 17, pp. 1029-1032, 1998.
- [9] Yi-Cheng Liou, Chi-Ting Wu, Ko-Hao Tseng, and T.-C. Chung, "Synthesis of BaTi₄O₉ ceramics by reaction-sintering process," *Materials Research Bulletin*, vol. 40, pp. 1483-1489, 2005.
- [10] S. G. Mhaisalkar, D. W. Readey, and S. A. Akbar., "Processing and characterization of BaTi₄O₉," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 72, pp. 2154-2158, 1989.
- [11] M. H. Weng, T.-J. Liang, and C.-L. Huang., "Lowering of sintering temperature and microwave dielectric properties of BaTi₄O₉ ceramics prepared by the polymeric precursor method.," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 22, pp. 1693-1698, 2002.
- [12] F. Li, L.-Q. Weng, G.-Y. Xu, S.-H. Song, and J. Yu, "Synthesis and characterization of microwave dielectric BaTi₄O₉ ceramics via EDTA-citrate gel process," *Materials Letters* 59 (2005) 2973 – 2976, vol. 59, pp. 2973 - 2976, 2005.
- [13] J.-H. Choy, Y.-S. Han, J.-T. Kim, and Y.-H. Kim., "Citrate route to ultrafine barium polytitanates with microwave dielectric properties.," *J. Mater. Chem.*, vol. 51, pp. 57-63, 1995.
- [14] a. R. Purohit and A. Tyagi., "Autoignition synthesis of nanocrystalline BaTi₄O₉ powder.," *J. Mater. Chem.*, vol. 12, pp. 312-316, 2002.
- [15] C. Gomez-YanÄez, C. Benitez, and H. Balmori-Ramirez, "Mechanical activation of the synthesis reaction of BaTiO₃ from a mixture of BaCO₃ and TiO₂ powders," *Ceramics International*, vol. 26, pp. 271-277, 2000.
- [16] Marin Cernea, Elena Chirtop and Dana Neacsu, Iuliana Pasuk, and S. Iordanescu, "Preparation of BaTi₄O₉ from Oxalates," *J. Am. Ceram. Soc.*, , vol. 85[2], pp. 499 -503, 2002.
- [17] "Citrate Route to Sn-Doped BaTi₄O₉ with Microwave Dielectric Properties," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 81[12], pp. 3197-204, 1998.
- [18] J. H. Choy, Y. S. Han, J. H. Sohn, and M. Itoh, "'Microwave Characteristics of BaO-TiO₂ Ceramics Prepared via a Citrate Route," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 78, pp. 1169-72, 1995.
- [19] Y. Xu, X. Yuan, P. Lu, and G. Huang, "Effects of pH and citric acid contents on the synthesis of BaTi₄O₉ via polymeric precursor," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 96, pp. 427-432, 2006.
- [20] S. Kumar, V. S. Raju, and T. R. N. Kutty, "Preparation of BaTi₄O₉ and Ba₂Ti₉O₂₀ ceramics by the wet chemical gel-carbonate method and their dielectric properties," *Materials Science and Engineering: B*, vol. 142, pp. 78-85, 2007.



دکتر آراسته نوده، نویسنده
اول مقاله، عضو هیات علمی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد
قوچان

alirastehnodeh@iauaq.ac.ir

اثرات جایگزینی اکسید پتاسیم با اکسید سدیم بر خواص فیزیکی چینی سخت

علی آراسته نوده^{۱*}، مجید ساقی^۲، محمد خواجه لکزای^۳، محمد خزاعی نژاد^۴، سید صادق تفریشی^۵

^۱ استادیار، گروه مهندسی شیمی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران
^۲ دکتری شیمی کاربردی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
^۳ دکتری مهندسی مواد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
^۴ دانشجوی دکتری شیمی کاربردی، گروه شیمی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
^۵ کارشناس ارشد شیمی تجزیه، گروه شیمی، واحد علوم تحقیقات خراسان رضوی، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

چکیده: اکسید پتاسیم یکی از رئوس دیاگرام فازی سه تایی $Al_2O_3-SiO_2-K_2O$ در تولید چینی سخت می‌باشد که اغلب از فلدسپار پتاسیک تامین می‌گردد. با توجه به اتمام معادن فلدسپار پتاسیک در کشور و لزوم واردات آن توجهات به سمت جایگزینی فلدسپار سدیک-پتاسیک و جایگزینی بخشی از اکسید کلسیم توسط اکسید سدیم جلب شده است. به منظور بررسی اثر مقدار اکسید سدیم در خواص نهایی چینی سخت نمونه‌های حاوی فلدسپار پتاسیک و مقادیر مختلف فلدسپار سدیک-پتاسیک آماده‌سازی و تراکم پذیری و خواص فیزیکی شامل سفیدی، چگالی، میزان انقباض، درصد جذب آب، تحمل شوک حرارتی و استحکام خمشی بررسی شدند. نتایج آزمایشات و مقایسه آنها با یکدیگر نشان دادند که به دلیل مقادیر بالاتر اکسیدهای گداز آور در فلدسپار سدیک، میزان تراکم پذیری در این فرمول‌بندی بالاتر است و با انجام اصلاحاتی می‌توان اکسید سدیم را جایگزین اکسید پتاسیم در ترکیب سه تایی چینی سخت نمود.

لمات کلیدی: فلدسپار سدیک، فلدسپار پتاسیک، چینی، تراکم پذیری.

۱- مقدمه

مهمترین مواد مورد استفاده در بدنه‌های چینی عبارتند از رس، کوارتز^۱ و فلدسپار^۲. در کنار سیلیس و فلدسپار سدیک که نقش ویژه‌ای در محصولات سرامیک‌های سنتی دارند، ترکیبات رسی حاوی صفحات سیلیکاتی که فرمول شیمیایی کلی آنها به صورت $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ می‌باشد، پرمصرف‌ترین ماده معدنی مورد استفاده در سرامیک‌های سنتی هستند. کوارتز به عنوان پرکننده، کنترل بهتر تغییر شکل و نیز انقباض نمونه‌های پخت شده را به عهده دارد درحالی‌که فلدسپار در حین پخت به عنوان فلاکس عمل می‌کند و با افزایش میزان فاز مایع با ویسکوزیته کم، با سایر مواد معدنی واکنش داده و با نفوذ تدریجی در ریزساختار موجب افزایش تراکم نمونه می‌گردد [۱]. از طرف دیگر، کائولینیت^۳ در بدنه‌های سرامیکی خاصیت پلاستیک ایجاد نموده و در حین پخت به مولایت^۴ و شیشه تبدیل می‌گردد [۲-۴]. فلدسپار با رس واکنش داده و باعث رشد کریستال‌های سوزنی شکل مولایت می‌گردد. این کریستال‌های سوزنی شکل موجب افزایش استحکام می‌شوند

¹ Quartz
² Feldspar
³ Kaolinite
⁴ Mullite

(مکانیزم قفل شدگی)^۱ [۵]. مواد معدنی مختلف گروه فلدسپار حدود ۲۰ نوع هستند که تقریباً استفاده ۹ مورد از آنها در صنایع مختلف مرسوم می‌باشند. از مهمترین این دسته می‌توان به ارتوکلاز^۲ (سیلیکات آلومینیم پتاسیم) و آلبیت^۳ (سیلیکات آلومینیم سدیم) اشاره نمود. ارتوکلاز یک ماده معدنی خالص است که در سرامیک‌های سنتی به صورت فلدسپار پتاسیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیب در دمای حدود ۱۲۰۰°C ذوب شده و به یک شیشه مات^۴ تبدیل می‌گردد. فلدسپار پتاسیک پرمصرف ترین فلاکس در تولید بدنه‌های چینی است [۶]. آلبیت یا فلدسپار سدیک نیز می‌تواند به عنوان فلاکس مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر اینکه فلدسپار سدیک دارای خواص فلاکس قوی‌تری نسبت به فلدسپار پتاسیک است، دارای محدوده دمای کاری کمتری نیز می‌باشد و در دمای کمتر از ۱۲۰۰°C ذوب می‌شود. در صورت استفاده آلبیت به جای ارتوکلاز انتظار می‌رود رنگ‌های متفاوتی ایجاد گردد [۶]. از دیگر ترکیبات فلدسپار که می‌توانند به عنوان فلاکس مورد استفاده قرار بگیرند می‌توان به سنگ کرنیش^۵ و نفلین سینیت^۶ اشاره نمود. سنگ کرنیش در دماهای بالاتری نسبت به فلدسپارهای پتاسیک و سدیک ذوب می‌گردد (از ۱۲۵۰°C تا ۱۳۵۰°C) که این خاصیت موجب افزایش دمای پخت بدنه چینی می‌گردد. نفلین سینیت در حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰°C ذوب می‌شود و می‌تواند جایگزین بخشی از فلدسپار شده و دمای پخت را کاهش دهد [۶، ۷]. در این تحقیق با استفاده از فلدسپار پتاسیک و مقادیر مختلفی از فلدسپار سدیک-پتاسیک ترکیباتی با فرمول‌بندی مختلف تهیه شدند تا بدین طریق رفتار تراکم پذیری این بدنه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور مقادیر انقباض، چگالی، جذب آب و استحکام ترکیبات مختلف بررسی و با یکدیگر مقایسه شدند. همچنین آزمون مقاومت به شوک حرارتی در دماهای مختلف و نیز آزمون سفید سنجی روی محصولات نهایی بدست آمده از این ترکیبات انجام گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل کائولن، سیلیس، فلدسپارهای پتاسیک و سدیک و سیلیکات سدیم می‌باشد. در جدول ۱ آنالیز شیمیایی این مواد لیست شده است.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی مواد اولیه استفاده شده در این پژوهش.

اکسید	فلدسپار سدیک-پتاسیک (%)	فلدسپار پتاسیک (%)	سیلیس (%)	کائولن سوپر (%)
SiO ₂	۷۴	۶۶٫۴۰	۹۷٫۷۹	۶۱٫۲۰
Al ₂ O ₃	۱۴٫۶۹	۱۶٫۳۰	۲٫۰۷	۲۳٫۷۰
CaO	۱٫۹۱	۱٫۰۵	۰٫۰۳	۱٫۱۶
K ₂ O	۵٫۱	۱۱	-	۰٫۵
Na ₂ O	۳٫۷۴	۳٫۸۶	-	-
Fe ₂ O ₃	۰٫۴۱	۰٫۱۹	۰٫۰۶	۰٫۴۸
SO ₃	-	۰٫۰۵	-	۰٫۱
MgO	-	-	-	۰٫۳۲
SrO	-	۰٫۰۱	-	۰٫۰۶
Rb ₂ O	۰٫۰۵	۰٫۰۷	-	۰٫۰۲
L.O.I	-	۰٫۷۰	-	۱۲٫۴۰

¹ Interlocking mechanism

² Orthoclase

³ Albite

⁴ Opaque glass

⁵ Cornish stone

⁶ Nepheline syenite

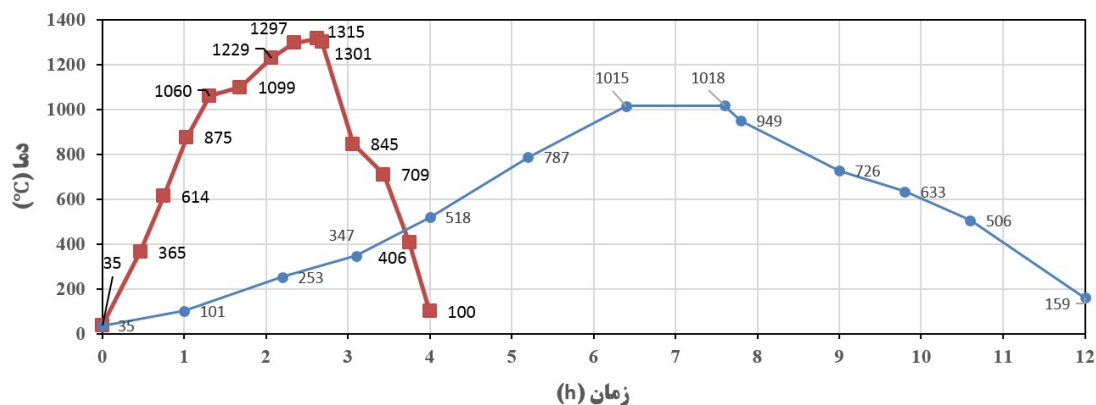
به منظور بررسی تاثیر فلدسپار سدیک-پتاسیک در ترکیب مورد نظر و مقایسه آن با اثرات فلدسپار پتاسیک، از چهار فرمول بندی (فرمولاسیون) گزارش شده در جدول ۲ استفاده شد. F1 ترکیب معمول بدنه چینی سخت به عنوان نمونه شاهد، F2 جایگزینی فلدسپار پتاسیک با فلدسپار سدیک-پتاسیک و F3 و F4 افزایش میزان فلدسپار سدیک-پتاسیک جهت بهبود رفتار تفجوشی می باشد.

جدول ۲- ترکیبات و فرمولاسیون های مورد نظر.

نمونه	سیلیس (%)	کائولن سوپر (%)	فلدسپار پتاسیک (%)	فلدسپار سدیک-پتاسیک (%)
F1	۱۱٫۲	۸۲	۶٫۸	-
F2	۱۱٫۲	۸۲	-	۶٫۸
F3	۹	۸۲	-	۹
F4	۶٫۸	۸۲	-	۱۱٫۲

در این پژوهش، ابتدا برای رسیدن به یک دوغاب یکنواخت و همگن، از یک جارمیل با بدنه چینی و گلوله های آلومینایی استفاده شد. بدین ترتیب با استفاده از فرمولاسیون های ذکر شده در جدول ۲ و مقدار ۰٫۲ درصد وزنی سیلیکات سدیم به عنوان روانساز، دوغاب یکنواختی حاصل شد. در این فرآیند نسبت گلوله به پودر ۱ به ۲ و نسبت پودر به آب ۱ به ۱ انتخاب شد. به منظور دستیابی به یک دوغاب همگن، پودرها در جارمیل به مدت ۱۷ ساعت با سرعت ۵۰ rpm آسیاب کاری شدند تا مانده روی الک مش ۲۳۰ به کمتر از ۰٫۲٪ برسد.

از دوغاب بدست آمده از F1 تا F2 با استفاده از روش ریخته گری دوغابی چندین فتنجان تهیه شد و به منظور انجام آزمون های مختلف مانند اندازه گیری استحکام گل تهیه شده ۳ مرتبه تحت خلأ اکستروود و سپس نمونه هایی به شکل مکعب مستطیل ($10 \times 10 \times 5$) تهیه شد. همچنین نمونه های فتنجان مربوط به آزمون شوک حرارتی، بعد از مرحله بیسکوئیت وارد مرحله لعاب زنی شده و پس از پخت در کوره لعاب مورد آزمون قرار گرفتند. نمونه های تهیه شده نیز پس از خشک شدن در 100°C به مدت ۲۴ ساعت، در دماهای 1018°C و 1315°C پخت شدند. نمودار دمایی هر دو پخت در شکل ۱ نشان داده شده است. آنالیز شیمیایی تمامی نمونه ها توسط دستگاه طیف نگار فلورسانس پرتوی ایکس PANalytical مدل Axios انجام شد. مقادیر چگالی با استفاده از روش ارشمیدس اندازه گیری گردید. آزمون های درصد جذب آب، استحکام، شوک حرارتی و سفید سنجی نیز به ترتیب بر اساس استانداردهای ASTM با کدهای C373، C1161، C385 و E313 انجام گرفتند.

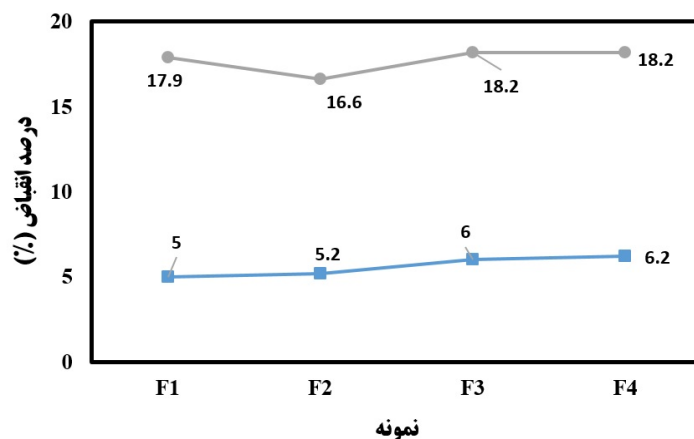


شکل ۱- نمودار عملیات حرارتی بیسکوئیت در 1018°C (●) و تفجوشی در 1315°C (■).

۳- نتایج و بحث

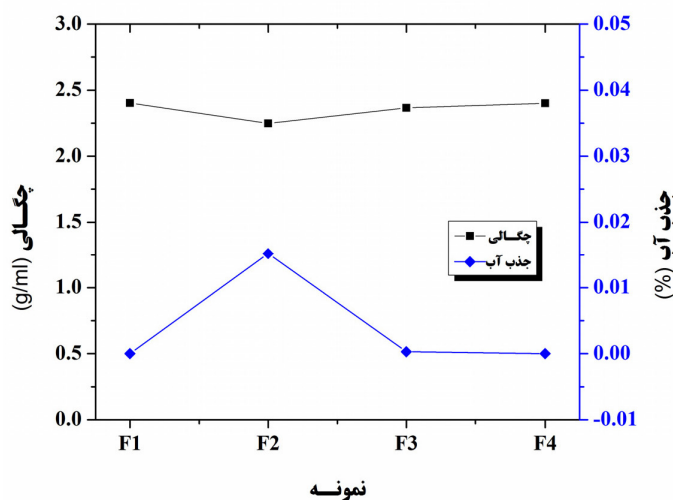
به منظور بررسی روند انقباض نمونه های تهیه شده، میزان انقباض نمونه ها در دو مرحله خشک و پخت محاسبه شدند. مقادیر انقباض نمونه ها در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که از این نمودار ستونی بر می آید، با جایگزینی فلدسپار پتاسیک با نوع سدیک، مقدار انقباض خشک به مقدار کمی افزایش می یابد. همچنین در ادامه با افزایش مقدار وزنی بیشتری از فلدسپار

سدیک، درصد انقباض پخت افزایش می‌یابد. در بررسی مقادیر انقباض پخت مشاهده می‌شود که با جایگزینی فلدسپار پتاسیک با نوع سدیک مقدار انقباض کاهش یافته است و مشابه با حالت انقباض خشک، با افزایش درصد فلدسپار سدیک-پتاسیک در فرمول‌بندی، میزان انقباض پخت نیز افزایش می‌یابد. از آنجایی که فلدسپار در بدنه‌های چینی به عنوان کمک ذوب عمل می‌نماید، لذا فرآیند تف‌جوشی نمونه‌ها را تسهیل نموده و بنابراین میزان انقباض با افزایش مقدار فلدسپار افزایش می‌یابد [۸].



شکل ۲- مقادیر انقباض خشک (■) و انقباض پخت (●) نمونه‌ها.

درصد بالاتر مقدار انقباض پخت نمونه F1 نسبت به نمونه F2 را تا حدودی می‌توان به کم بودن اکسیدهای Na_2O و K_2O نسبت به اکسید موجود در ترکیب F1 نسبت داد. با افزایش میزان این اکسیدها در نمونه‌های F3 و F4 و تحرک بیشتر فاز شیشه‌ای تشکیل شده باعث از بین رفتن خلل و فرج‌ها و تراکم بیشتر نمونه و در نتیجه انقباض بیشتر می‌گردد. مقادیر دانسیته و جذب آب نمونه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است با جایگزینی فلدسپار سدیک-پتاسیک به جای پتاسیک (در نمونه‌های F1 و F2) مقدار چگالی کاهش و مقدار جذب آب افزایش یافته است. مشخص است که در مقدار برابری از فلدسپار، نوع پتاسیک تاثیر بیشتری در فرآیند ذوب شدن داشته است.

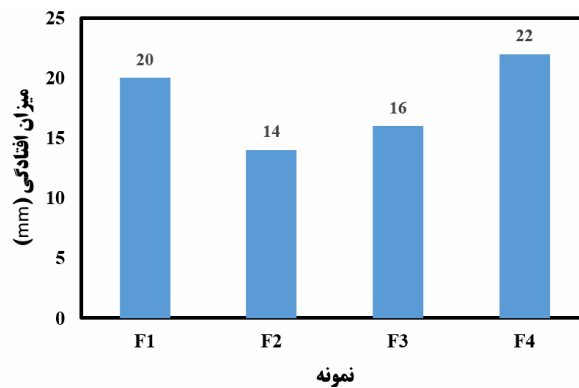


شکل ۳- مقادیر چگالی و جذب آب نمونه‌ها.

با توجه با آنالیز شیمیایی فلدسپارهای سدیک و پتاسیک در جدول ۱، می‌توان علت این رفتار را اینگونه اعلام داشت که مجموع اکسیدهای آلومینا و سیلیکا در فلدسپارهای سدیک و پتاسیک به ترتیب برابر با ۸۸/۶۹ و ۸۲/۷ درصد می‌باشد. از آنجایی که این اکسیدها به عنوان اکسیدهای دیرگداز در ترکیب شناخته می‌شوند، بنابراین انتظار می‌رود که فلدسپار سدیک-پتاسیک تاثیر کمتری نسبت به فلدسپار پتاسیک در فرآیند تف‌جوشی داشته باشد. به طور مشابه می‌توان مقادیر چگالی و جذب آب مربوط به نمونه‌های F1 و F2 را به اثر اکسیدهای گدازآور در ترکیب شیمیایی این نمونه‌ها نسبت داد.

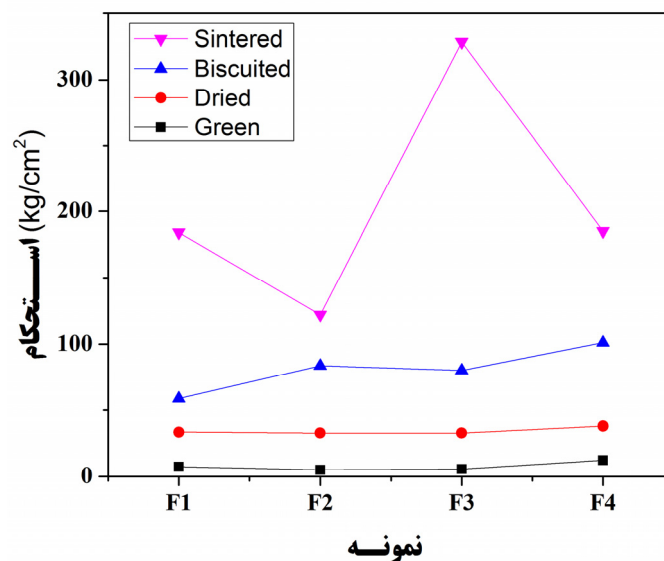
با توجه به شکل ۳، مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار فلدسپار سدیک-پتاسیک مقادیر چگالی و جذب آب به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابند که علت آن خاصیت کمک ذوب بودن فلدسپار سدیک-پتاسیک است. با افزایش فلدسپار فرآیند تفجوشی تسریع شده و تراکم نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد.

در شکل ۴ مقادیر آزمون افتادگی نمونه‌های مختلف نشان داده شده است. همانطور که مشخص است مقدار افتادگی در نمونه F1 بیش از F2 است. علت این امر مقادیر بالاتر اکسیدهای گداز آور و مقادیر کمتر اکسیدهای دیرگداز در ترکیب F1 است. همانطور که پیشتر نیز اشاره شد، فلدسپار پتاسیک فرآیند تفجوشی را بیشتر از فلدسپار سدیک-پتاسیک تسهیل می‌نماید. در واقع به علت وجود درصد بالاتری از اکسیدهای گداز آور در نوع پتاسیک، دمای ذوب نوع پتاسیک بیشتر از نوع سدیک است [۸]، بنابراین مقادیر افتادگی بیشتری در نمونه F1 مشاهده می‌گردد. در مقایسه نمونه‌های F2، F3 و F4 مشاهده می‌شود که مقدار افتادگی به ترتیب افزایش یافته است که این به علت تسهیل بیشتر فرآیند تفجوشی با افزایش مقدار فلدسپار سدیک-پتاسیک است.



شکل ۴- مقادیر افتادگی نمونه‌ها.

مقادیر استحکام خام، خشک، بیسکویت و تفجوشی شده نمونه‌های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، به طور کلی با جایگزینی فلدسپار پتاسیک با نوع سدیک، مقدار استحکام کاهش یافته است (مقایسه نمونه‌های F1 با F2)؛ اما با افزایش مقادیر بیشتر فلدسپار سدیک، مقدار استحکام به صورت کلی افزایش می‌یابد (با مقایسه نمونه‌های F2، F3 و F4). علت این رفتار را می‌توان به افزایش تراکم و کاهش تخلخل نمونه‌ها به واسطه افزایش مقدار فلدسپار پتاسیک نسبت داد. علاوه بر این در حین پخت فاز مولایت تشکیل شده و به علت ریخت شناسی سوزنی شکل این فاز، مقادیر استحکام افزایش می‌یابند [۲-۴].



شکل ۵- مقادیر استحکام‌های خام، خشک، بیسکویت و تفجوشی شده نمونه‌های با ترکیبات مختلف.

در مقادیر استحکام نمونه های تفجوشی شده، علت استحکام بیشتر نمونه F1 نسبت به نمونه F2، مقدار چگالی بیشتر نمونه F1 می تواند باشد. افزایش مقادیر استحکام با افزایش مقدار چگالی بیشتر توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است [۹].

نتایج آزمون مقاومت در برابر شوک حرارتی نمونه های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که در این جدول علامت گذاری شده است، فلدسپار پتاسیک مقاومت به شوک حرارتی بالاتری نسبت به نوع سدیک در ترکیب ایجاد می نماید (در مقایسه نمونه های F1 و F2) اما با افزایش مقدار فلدسپار سدیک-پتاسیک مقاومت به شوک حرارتی نیز افزایش یافته است (در مقایسه تمامی نمونه ها).

جدول ۳- نتایج آزمون مقاومت به شوک حرارتی ترکیبات مختلف.

نمونه	۱۶۰°C	۱۸۰°C	۲۰۰°C
F1	✓	✓	✓
F2	✓	×	×
F3	✓	✓	×
F4	✓	✓	✓

فلدسپار پتاسیک فاز شیشه ای بیشتری در حین پخت ایجاد می نماید و از آنجایی که ضریب انبساط حرارتی فاز شیشه ای کمتر از فازهای بلورین می باشد بنابراین مقاومت به شوک حرارتی بیشتری در مورد نمونه F1 نسبت به نمونه F2 مشاهده می گردد. در مورد نمونه های F2، F3 و F4 نیز با افزایش فاز شیشه ای مقدار ضریب انبساط حرارتی افزایش یافته و در نتیجه مقاومت به شوک پذیری افزایش می یابد [۱۰، ۱۱].

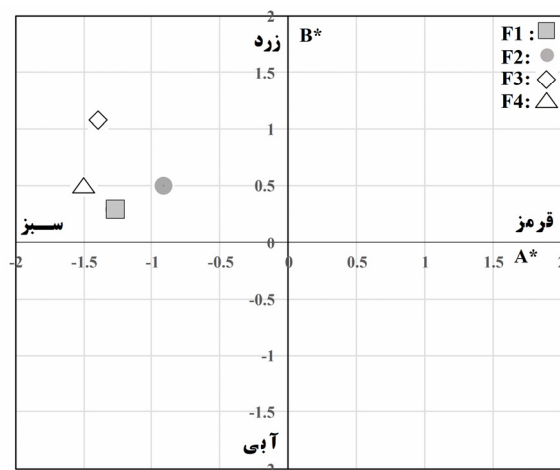
نتایج آزمون سفیدسنجی ترکیبات مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است به طور کلی میزان درخشندگی (L*) ترکیبات حاوی فلدسپار پتاسیک کمتر از نوع سدیک است (در مقایسه نمونه F1 با F2). علت این امر را می توان به درصد بیشتر اکسید آهن در ترکیب شیمیایی فلدسپار پتاسیک نسبت داد [۱۲].

جدول ۴- نتایج آزمون سفیدسنجی ترکیبات مختلف.

نمونه	L*	A*	B*
F1	۸۸٫۹۹	-۱٫۲۸	۰٫۲۹
F2	۸۹٫۰۵	-۰٫۹۱	۰٫۴۹
F3	۸۹٫۳۳	-۱٫۴۰	۱٫۰۷
F4	۸۷٫۷۲	-۱٫۵۰	۰٫۴۹

با افزایش مقدار فلدسپار سدیک-پتاسیک نیز مقدار اکسید آهن در ترکیب افزایش یافته و بنابراین موجب کاهش درخشندگی نمونه ها می شود (در مقایسه نمونه های F2 و F4). رنگ سنجی نمونه ها نشان می دهد که تمامی نمونه ها تمایل کمی به رنگ های سبز (A*) و زرد (B*) دارند. موقعیت مختصاتی نمونه های مختلف در آزمون سفیدسنجی در شکل ۶ نشان داده شده است.

با جایگزینی فلدسپار پتاسیک با نوع سدیک تمایل به رنگ سبز کاهش و تمایل به رنگ زرد افزایش می یابد اما با افزایش بیشتر مقدار فلدسپار سدیک-پتاسیک تمایل به رنگ سبز افزایش یافته است.



شکل ۶- موقعیت مختصاتی

۴- نتیجه گیری

در این مقاله اکسید پتاسیم توسط اکسید سدیم در دیاگرام سه جزئی $Al_2O_3-SiO_2-K_2O$ با استفاده از طرح جایگزینی فلدسپار سدیک-پتاسیک با فلدسپار پتاسیک و مقایسه رفتار آنها با استفاده از آزمون‌های فیزیکی، حرارتی و سفید سنجی در بدنه‌های چینی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده، مشاهده شد که می‌توان فلدسپار سدیک-پتاسیک را جایگزینی مناسب برای فلدسپار پتاسیک در ترکیب بدنه‌های چینی سخت دانست. بر اساس نتایج این تحقیق این جایگزینی با موفقیت و همچنین کاهش هزینه‌ها (از نظر خرید و تامین مواد اولیه) انجام گردید. در این تحقیق فرمولاسیون F4 به عنوان فرمولاسیون بهینه انتخاب شد. برای این نمونه مقادیر استحکام خام، بیسکویت و پخت به ترتیب ۲۳/۹۵، ۱۲۲/۳۶ و 848 kg/cm^2 بدست آمد. مقدار جذب آب این نمونه در حالت تفجوشی شده صفر درصد است و در میان فرمولاسیون‌های فلدسپار سدیک، بهترین نتایج شوک پذیری را از خود نشان می‌دهد.

۵- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از گروه کارخانجات مقصود جهت کلیه پشتیبانی‌هایشان کمال تشکر و قدردانی را دارند.

مراجع

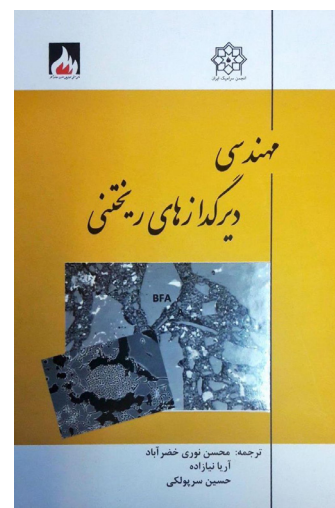
- [1] S. K. Das, K. Dana; "Differences in densification behaviour of K-and Na-feldspar-containing porcelain bodies" *Thermochimica Acta* 406 (2003) 199-206.
- [2] W. M. Carty, U. Senapati; "Porcelain-raw materials, processing, phase evolution, and mechanical behavior" *Journal of the American Ceramic Society* 81 (1998) 3-20.
- [3] Y. Iqbal, W. E. Lee; "Microstructural evolution in triaxial porcelain" *Journal of the American Ceramic Society* 83 (2000) 3121-3127.
- [4] J. Martín-Márquez, J. M. Rincón, M. Romero; "Mullite development on firing in porcelain stoneware bodies" *Journal of the European Ceramic Society* 30 (2010) 1599-607.
- [5] W. Lee, G. Souza, C. Mc Conville, T. Tarvornpanich, Y. Iqbal; "Mullite formation in clays and clay-derived vitreous ceramics" *Journal of the European Ceramic Society* 28 (2008) 465-71.
- [6] J. Doherty, "Porcelain" University of Pennsylvania Press; 2002.
- [7] J. V. Smith, "Feldspar Minerals: 2 Chemical and Textural Properties." Springer Science & Business Media; 2012.
- [8] Japan TCSO, "Advanced Ceramic Technologies & Products." Springer Science & Business Media; 2012.
- [9] O.I. Ece, Z-e Nakagawa; "Bending strength of porcelains" *Ceramics International* 28 (2002) 131-140.
- [10] C. Aksel; "The effect of mullite on the mechanical properties and thermal shock behaviour of alumina-mullite refractory materials" *Ceramics International* 29 (2003) 183-188.
- [11] Hasselman D; "Unified theory of thermal shock fracture initiation and crack propagation in brittle ceramics" *Journal of the American Ceramic society* 52 (1969) 600-604.
- [12] S. Balescu, S. Huot, H. Mejri, M. Barré, L. F. Brisson, M. Lamothe, A. Oueslati; "Luminescence dating of Middle Pleistocene (MIS 7) marine shoreline deposits along the eastern coast of Tunisia: A comparison of K-feldspar and Na-feldspar IRSL ages" *Quaternary Geochronology* 30 (2015) 288-293.

تازه‌های نشر

مهندسی دیرگدازهای ریختنی

مترجمان: محسن نوری خضراآباد، آریا نیاززاده، حسین سربولکی

کتابی که پیش رو دارید یک کتاب علمی و مرجع در زمینه دیرگدازهای ریختنی است. تقریباً کلیه منابع علمی سال‌های گذشته در زمینه دیرگدازهای ریختنی شامل عمده تحقیقات پژوهشگران بین‌المللی و ایرانی مورد توجه قرار گرفته است. از ویژگی‌های بارز این کتاب روند اصولی تحقیق و بررسی دیرگدازهای ریختنی از مبانی طراحی تا مبانی نظری پراکندگی، آرایش و تراکم ذرات، همچنین ساز و کار چسب‌های مصرفی، روش‌های نصب و خشک کردن در هفت فصل مورد بررسی موشکافانه قرار گرفته است. از سوی دیگر در فصل‌های هشتم و نهم اصول طراحی و کاربرد انواع دیرگدازهای ریختنی پیشرفته شامل دیرگدازهای ریختنی حاوی منیزیا، اسپینلی و به ویژه دیرگدازهای ریختنی کربنی نیز مطرح شده است. در فصل دهم این کتاب کاربردهای خاص دیرگدازهای حاوی مواد نانوساختار از جمله نانو کربن و نانو اکسیدها به همراه نسل‌های مدرن دیرگدازهای زیست-الهام و در نهایت سیستم‌های دیرگداز حاوی فاز مایع گذرا ارائه گردیده است.



معرفی پایان نامه‌های دانشجویی

پایان نامه کارشناسی ارشد

سنتز نانو رنگدانه سرد بر پایه آهن - کروم و بررسی تاثیر افزودن دوپنت بر روی عملکرد بازتابندگی پرتو زیر قرمز



دانشجو: غزال میرهن

اساتید راهنما: دکتر علیرضا سوری، دکتر مهدی قهاری

استاد مشاور: دکتر مهدی صفی

دانشگاه ملایر

چکیده: رنگدانه‌های بازتابنده پرتو زیرقرمز یا به اصطلاح رنگدانه‌های سرد، رنگدانه‌هایی هستند با کاهش میزان جذب پرتو خورشید در محدوده زیرقرمز، بخش اعظمی از امواج گرمای نور خورشید را بازتاب می‌دهند و کمتر گرم می‌شوند و بدین ترتیب نیاز برای مصرف انرژی به منظور خنک کردن محیط و همچنین پدیده جزیره گرمایی کاهش می‌یابد. هدف از این پژوهش سنتز نانورنگدانه قهوه‌ای بازتاب‌دهنده پرتو زیرقرمز بر پایه آهن و کروم به روش هیدروترمال و بررسی حضور سورفکتانت و دوپنت بر روی عملکرد بازتابندگی آن است. آزمون‌های انجام شده در این پژوهش شامل FTIR، XRD، SEM، TEM، FESEM، EDS، Line Scan Map، آنالیز حرارتی STA، رنگ سنجی و بازتابش نفوذی IR است. در گام اول رنگدانه در حضور چهار نوع سورفکتانت SDS، CTAB، L-Systeien و Succinic Acid در چهار نسبت مختلف سنتز شد و تاثیر شکل و اندازه ذرات بر روی میزان بازتابش پرتو زیرقرمز بررسی شد. رنگدانه سرد آهن-کروم در حضور ۲/۶۳ درصد سورفکتانت سوکسینیک اسید به علت مورفولوژی پولکی شکل آن با ۲۵٪ بازتابش به عنوان بهترین نمونه در این مرحله به دست آمد. در گام دوم با افزودن هفت نوع دوپنت آلومینیوم، سرییم، وانادیوم، آنتیموان، سیلیسیم، قلع و نقره به ساختار میزبان عملکرد بازتابندگی پرتو زیرقرمز آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و سه نمونه در حضور دوپنت‌های آلومینیوم، وانادیوم و سیلیسیم با بازتابندگی ۲۸٪، ۲۷٪ و ۳۰٪ انتخاب شدند. در گام سوم نیز تاثیر هر دو عامل فعال‌کننده سطح و افزودن دوپنت بر روی بازتابش پرتو زیرقرمز مورد بررسی قرار گرفت و سه نمونه در حضور سورفکتانت سوکسینیک اسید در مقدار ثابت و سه دوپنت انتخابی گام دوم در سه مقدار (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳) در ترکیب $A_xFe_{0.7}Cr_{1.3-x}O_3$ سنتز شد. در نهایت رنگدانه سرد $Fe_{0.7}Cr_{1.0}Si_{0.3}O_3$ در حضور ۲/۶۳ درصد وزنی سورفکتانت سوکسینیک اسید و دوپنت سیلیس با ۵۲ درصد بازتابش پرتو زیرقرمز به دست آمد، که علت این امر در تصاویر گرفته شده از میکروسکوپ الکترونی عبوری به مورفولوژی پولکی شکل با ضخامت کمتر از ۳۰ نانومتر آن و همچنین اختلاف ضریب شکست بین سیلیس و فاز پایه نسبت داده شد.

کلمات کلیدی: نانورنگدانه سرد، جزیره گرمایی، بازتابش پرتو زیرقرمز نزدیک، دوپنت، سورفکتانت.

بررسی و ساخت شیشه-سرامیک سیستم $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ زیست فعال متخلخل مورد استفاده در کنترل رهایش دارو

دانشجو: اله اله قلیان

استاد راهنما: دکتر محمد رضوانی

استاد مشاور: دکتر محمد تقی همدانی

دانشگاه تبریز، دانشکده مکانیک و هوا فضا

چکیده: مهندسی بافت استخوان با هدف بازسازی یا تعویض بخشی از استخوان انسان همواره مورد توجه بوده است. برای این هدف یک ماده زیست فعال با ساختار متخلخل به عنوان ساختاری برای رشد سلول‌ها نیاز است. در این میان شیشه زیست فعال به دلیل سرعت بالای پیوند با بافت استخوان نسبت به سایر مواد زیست فعال دارای مزیت نسبی است و شیشه-سرامیک‌ها به خاطر بهبود استحکام بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. امروزه سیستم‌های اتصال استخوان با توانایی رهایش دارو تا طولانی مدت و غلظت مناسب کنترل شده توسعه پیدا کرده است. هدف از این تحقیق، بررسی رفتار تبلور، سینترپذیری، ساخت بدنه متخلخل و خواص زیست فعالی و خواص مکانیکی شیشه-سرامیک است. در این پژوهش پس از انتخاب ترکیب پایه مناسب در سیستم $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ با درصد‌های مختلف از P_2O_5 ، مواد اولیه در دمای 1400°C ذوب و در آب سریع سرد شده و تا اندازه زیر $38\ \mu\text{m}$ ریز شد. پودر شیشه بعد از مخلوط سازی با بایندر، تحت پرس هیدرولیک تک محوری با فشار $450\ \text{MPa}$ و در محدوده دمایی 615°C – 740°C تحت عملیات حرارتی سینترینگ قرار گرفت. با توجه به مطالعات تبلور و سینترینگ شیشه-سرامیک در حالت متراکم، ترکیب و دمای بهینه عملیات حرارتی انتخاب و استحکام خمشی و سختی آن بررسی شد. برای ساخت بدنه متخلخل پودر شیشه پس از مخلوط سازی با نسبت $30\text{--}70\%$ درصد حجمی و اندازه $100\text{--}300\ \mu\text{m}$ از ماده آلی تخلخل زا، تحت پرس هیدرولیک تک محوری قرار گرفت. سپس فرآیند سینتر، تبلور و خروج ماده آلی به طور همزمان انجام شد. پس از ساخت، درصد تخلخل‌ها، استحکام، اندازه متوسط تخلخل‌ها و به هم پیوستگی تخلخل‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی دمای سینترینگ مناسب با آنالیز DTA و بررسی فازی، سینتر پذیری و زیست فعالی شیشه-سرامیک مورد نظر پس از نگه داری در محلول (SBF) به مدت ۲ هفته، با آنالیزهای XRD، FTIR، SEM، EDX انجام گرفت. با افزایش مقدار P_2O_5 موجود در نمونه‌های شیشه‌ای دمای پیک تبلور فلوروآپاتیت به دماهای بالاتری انتقال یافت. افزایش مقدار P_2O_5 در دمای ثابت باعث افزایش مقدار تبلور شده است. دمای 665°C به عنوان دمای بهینه سینترینگ با بالاترین مقدار دانسیته نسبی $4.23\ \text{gr/cm}^3$ ، انقباض خطی 10% و کمترین درصد تخلخل 20% انتخاب شد. عدد سختی $0.5/5\ \text{GPa}$ و استحکام خمشی $52\ \text{MPa}$ در محدوده قابل قبول قرار گرفته است. بررسی ساخت بدنه متخلخل نشان داد که نمونه با 70% درصد حجمی ماده تخلخل زا که در دمای 665°C سینتر شده دارای وضعیت ظاهری، استحکام خمشی، محدوده درصد تخلخل، اندازه متوسط تخلخل، به هم پیوستگی بین تخلخل‌های مناسبی است. با در نظر گرفتن خواص زیست فعالی شیشه-سرامیک در محیط شبیه سازی شده بدن (SBF)، تشکیل لایه هیدروکسی آپاتیت را نشان داده شد.

اعضای حقوقی انجمن سرمایه‌های ایران

اعضای حقوقی ویژه انجمن سرمایه‌های ایران



شرکت پویا همراه سرام (بازرگانی

و مهندسی مشاور)

مدیرعامل: مهندس محسنی طارم‌سری
آدرس دفتر مرکزی: تهران، تهرانپارس،
خیابان رشید، نبش خیابان ۱۴۴ غربی، ساختمان امیرکبیر، طبقه ۲،
واحد ۱۰

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۲۹۵۴۹۸

نشانی سایت: www.phceram.com



تهیه و تولید مواد نسوز کشور

مدیرعامل: مهندس باقری

آدرس دفتر مرکزی: تهران، یوسف‌آباد،
خیابان ابن سینا، نبش خیابان ۳۱،
شماره ۸۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۱۲۵۶۲

نشانی سایت: www.irrep.com



لعابیران

مدیرعامل: دکتر نعمتی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان
ونک، خیابان گاندی شمالی، کوی شهید
صانعی، شماره ۲۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۹۵۱۴۱-۲

نشانی سایت: www.loab.iran.com



شرکت سهامی شیشه قزوین (ش.س)
Ghazvin Glass Co

شرکت سهامی شیشه

قزوین (عام)

مدیرعامل: مهندس محمدرضا
علاقیندیان

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان استاد مطهری، خیابان شهید سرافراز، پلاک ۳۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۳۱۵۱۵

نشانی سایت: www.ghazvinglass.com

Glassworks Hounsell Ltd

مدیرعامل:

Mr. William Brinkman

آدرس دفتر مرکزی: Glassworks Hounsell, Park Lane,
Halesowen, West Midlands, United Kingdom

تلفن دفتر مرکزی:

۴۴-(۰)-۱۳۸۴۵۶۰۶

فاکس: ۴۴-(۰)-۱۳۸۴۵۶۱۳۶

نشانی سایت:

<http://www.glassworkshounsell.co.uk>



مجتمع کارخانجات تولیدی

توس چینی

مدیرعامل: مهدی کامران نجار
آدرس دفتر مرکزی: مشهد،

ضلع غربی میدان احمدآباد، پلاک
۱۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۸۴۱۶۸۸۰

نشانی سایت: www.toosporcelain.com

اعضای حقوقی ممتاز انجمن سرمایه‌گذاران ایران

دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

مدیریت: دکتر متین

آدرس: دزفول، کوی آزادگان، دانشگاه آزاد اسلامی

تلفن دفتر مرکزی:

۰۶۴-۱۶۲۶۲۰۹۰

نشانی سایت:

www.iaud.ac.ir



چینی بهداشتی آرمیتاژ

مدیرعامل: مهندس محمدحسین وکیلی مقدم

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان ونک، پاساژ تک،

طبقه دوم، آپارتمان شماره ۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۹۰۲۲۷

نشانی سایت: http://www.armitagesw.com



شایراد تجارت پارس

مدیرعامل: مهندس محمدرضا

آجلو

آدرس: تهران، خیابان آفریقا،

خیابان فرزانه غربی، پلاک ۸۰، واحد ۱۱

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۴۸۳۱۰

نشانی سایت: www.shyrad.com



دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و

تحقیقات خوزستان

مدیریت: دکتر لک

آدرس: اهواز، سهراه فرودگاه، دانشگاه آزاد

واحد علوم و تحقیقات

تلفن دفتر مرکزی: ۰۶۱-۳۴۴۵۷۱۷۴

نشانی سایت: www.khouzestan.srbiau.ac.ir

کاشی گرانیت و کاشی لعاب زهره

مدیرعامل: مهندس خیاط

آدرس دفتر مرکزی: خراسان رضوی، کاشمر، کیلومتر ۱۲ محور



کاشمر به مشهد، جنب

شهرک صنعتی، شرکت کاشی

زهره کاشمر

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱-۵۵۳۸۳۵۹۱

نشانی سایت: www.zohretilco.com



کاشی کسری

مدیرعامل: مهندس روشنفکر

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان آفریقا،

خیابان ناهید شرقی، پلاک ۱۲، طبقه ۳ و ۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۱۰۱۴۰

نشانی سایت:

www.kasratileco.com



فراورده‌های نسوز ایران

مدیرعامل: مهندس لقمانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان بهار شیراز،

خیابان سلیمان خاطر، بعد از ملابری پور، پلاک ۵۱،

واحد ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۳۴۳۴۰۸

نشانی سایت: www.irefco.ir

فراورده‌های نسوز آذر

مدیرعامل: مهندس سلیمانی فرد

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از پارک ساعی،

کوچه ساعی ۲، روبروی مدرسه پسرانه هاتف، پلاک ۳۱، واحد منفی ۱

تلفن دفتر مرکزی:

۰۲۱-۸۸۸۸۲۰۹۵

نشانی سایت:

www.azarref.ir



اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران

آپادانا سرام



مدیر عامل: مهندس نجفی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان
ملاصدرا، روبروی بیمارستان بقیه‌الله،
کوچه گلدهشت، گلدهشت یکم، پلاک ۸
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۴۳۱۰۰۰۰
نشانی سایت: www.apadanaceram.com

آریا تهران سرام

مدیر عامل: محمد علی سلیمانی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیرازی
جنوبی، خیابان اتحاد، پلاک ۴، واحد ۱
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۵۹۶۱۰

اشکان پارت آفرین



مدیر عامل: دکتر غفاری
آدرس دفتر مرکزی: کرج، گلشهر ویلا رودکی
غربی، پلاک ۲۷۱
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۶۳-۶۶۷۰۸۳۶

ایران آیمدی



IRAN I.M.D.

مدیر عامل: مهندس 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

گروه پاترون (پات روشان
نیکن)

مدیر عامل: مهندس حسام ادیب
آدرس: تهران، خیابان ملاصدرا، پلاک ۱۶۲، طبقه چهارم
تلفن: ۰۲۱-۸۸۲۱۰۸۹۰
نشانی سایت: www.patron.group

پارس کائولن



پارس کائولن

مدیر عامل: مهندس صمدی
آدرس: طیس، نرسیده به جو خواه،
معدن کائولن پارس
تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۷۵۵۷۳
نشانی سایت: www.parskaolin.com

پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ



مدیریت: دکتر رنجبر
آدرس دفتر مرکزی: بزرگراه
صیاد شیرازی شمالی، خروجی لویزان، میدان حسین‌آباد، خیابان
وفامنش، نبش کوچه شمس، پلاک ۵۹
تلفن: ۰۲۱-۲۲۹۴۴۱۸۴
نشانی سایت: www.icrc.ac.ir

پژوهشگاه مواد و انرژی



پژوهشگاه
مواد و انرژی

مدیریت: دکتر صالحی
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

پیشرو ذوب اتور



مدیر عامل: مهندس ملایی داریانی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان احمد
قصیر، کوچه یکم، پلاک ۶ واحد ۱۰
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۴۹۸۸۴
نشانی سایت: www.pishroozob.com

پیشگامان سرامیک برسام



برسام
شرکت پیشگامان سرامیک

مدیر عامل: مهندس سرجهانی
آدرس دفتر مرکزی: شیراز، بلوار امیرکبیر برج صنعت
ورودی ۳، طبقه ۴، واحد ۴۱۷
تلفن دفتر مرکزی: ۰۷۱-۳۸۳۸۵۴۴۴
نشانی سایت: www.barsamceram.com



تولیدی و مهندسی نسوزین

تولیدی و مهندسی نسوزین

مدیر عامل: مهندس زرعیان

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان

آرژانتین، خیابان بیهقی، خیابان دوازدهم

شرقی، پلاک ۲، طبقه ۳، شماره ۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۰۴۵۹۱

نشانی سایت: www.nasoozin.com**تولیدی و صنعتی سامان کاشی**

مدیر عامل: مهندس سیدمحسنی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد،

بین نفت و مدرس، شماره ۲۳۷، طبقه ۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۵۸۸۲۱

نشانی سایت: www.samantile.com**تهیه و تولید مواد اولیه آریاکانی اسپادانا**

مدیر عامل: دکتر پویامهر

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان ملاصدرا، خیابان پانزدهم،

پلاک ۳۴، واحد ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۶۱۷۵۳۷-۸

تهیه و تولید خاک نسوز استقلال آباده

مدیر عامل: مهندس زارعی

آدرس دفتر مرکزی: آباده، چهارراه جوادیه

تلفن دفتر مرکزی: ۰۷۱-۴۴۳۳۷۹۹۷

Aras
Sanitary Ware Ind. Co.**چینی بهداشتی ارس**

مدیر عامل: مهندس حسین پور

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان ملاصدرا، خیابان شیخ بهایی،

میدان شیخ بهایی، برج صدف، طبقه ۴، واحد ۶۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۶۰۶۵۰۸

نشانی سایت: www.arasind.com**چینی اصفهان**

مدیر عامل: مهندس جهانبانی

آدرس: اصفهان، جاده دولت آباد، خیابان بهارستان، اولین فرعی سمت

چپ، خیابان خوشانی

تلفن دفتر مرکزی:

۰۳۱-۴۵۸۳۶۲۰۰

شرکت صنایع
خاک چینی ایران**خاک چینی ایران**

مدیر عامل: مهندس نوروزی

آدرس دفتر مرکزی: خیابان ولیعصر، نرسیده به

پل پارک وی، کوچه خاکزاد، پلاک ۲۱، طبقه اول

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۱۸۱۰۷

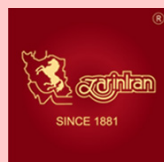
چینی زرین ایران

مدیر عامل: مهندس قصابی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک،

خیابان ونک، ساختمان شماره ۲۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۷۰۰۴۴

نشانی سایت: www.zariniran.com

چینی زرین ایران

**درسا سرام ایساتیس**

مدیر عامل: مهندس ندافیان

آدرس دفتر مرکزی: سعادت آباد،

بلوار فرهنگ، نبش خیابان ۲۰ شرقی، پلاک ۲، طبقه ۴ شمالی

تلفن: ۰۲۱-۲۲۳۸۳۱۶۰

نشانی سایت: www.Doramic.com

دانشگاه ملایر

دانشگاه ملایر

مدیریت: دکتر علیرضا سوری

آدرس: دانشگاه ملایر، دانشکده فنی و مهندسی،

گروه مهندسی مواد

تلفن: ۰۸۱-۳۲۳۵۵۴۶۵

نشانی سایت: www.malayeru.ac.ir**سارا کاشی سپاهان**

مدیر عامل: مهندس مجنون

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان

سجاد، ابتدای خیابان ارباب، جنب بانک

صادرات، مجتمع کسری، واحد ۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۶۲۷۱۱۷

نشانی سایت: www.saratile.com**رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام**

مدیر عامل: مهندس مهینی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، شهرک صنعتی خضراآباد، بلوار اقاچیا،

خیابان زیتون

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۳-۷۲۷۲۴۴۸



ساگار و قطعات نسوز

مدیرعامل: مهندس معرفتی

آدرس: مرند، کیلومتر ۵ جاده قدیم جلفا،

شهرک صنعتی سرامیکی

تلفن: ۰۴۱-۴۲۲۲۳۸۲

نشانی سایت: www.saggarmfg.com



Sara Loab Maybod.co

سارا لعاب مبیّد

مدیرعامل: مهندس جعفری پور

مبیّدی

آدرس دفتر مرکزی: مبیّد، شهرک

صنعتی جهان آباد، بلوار نسترن، انتهای

بلوار سمت راست

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۲-۷۷۷۲۲۲۸

نشانی سایت: www.saralaab.com

شرکت بین‌المللی سارنگ تدارک

مدیرعامل: مهندس اتحادی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ظفر، پلاک ۱۷۸، طبقه ۱،

واحد ۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۶۵۱۸۰

نشانی سایت: www.sis-company.com

سرامیک‌های صنعتی اردکان

مدیرعامل: مهندس برهانی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان،

میدان آزادی، ابتدای خیابان

سعادت‌آباد، پلاک ۱، طبقه ۴، واحد ۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۶۸۷۷۷۲

نشانی سایت: www.aic.ir



شرکت فیبرونا

مدیرعامل: مهندس شاهپوری

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان میرزای شیرازی، نیش استاد

مطهری، شماره ۲۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۲۳۳۵۵

نشانی سایت: www.fiberona.com



شرکت صنایع سرام آرا

مدیرعامل: مهندس آهنی‌ها

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان سپهید قرنی، بالاتر از چهارراه طالقانی، خیابان شاداب غربی،

پلاک ۳۳، طبقه ۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۹۱۰۴۵

نشانی سایت: www.ceramara.ir



صنایع کاشی زرین خراسان

مدیرعامل: مهندس عمید متشع

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

ملاصدرا، خیابان شیراز جنوبی، پلاک ۹۹،

طبقه اول

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۶۷۶۸۱

نشانی سایت: www.zarrintile.com



شرکت مهندسی بازرگانی

درداران سریر

مدیرعامل: مهندس طهماسبی

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان ولیعصر، خیابان فتحی شقاقی، میدان سلماس، پلاک ۳، طبقه

۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۳۳۷۳۶۶-۸

نشانی سایت: www.sarirco.com



صنایع کاشی و سرامیک الوند

مدیرعامل: مهندس

هوشیار

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان آفریقا، بالاتر از چهارراه اسفندیار، کوچه شهید سعیدی، پلاک ۲۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۵۷۸۱۱

نشانی سایت: www.alvancer.com



صنایع کاشی نیلوفر

مدیرعامل: مهندس نوربخش

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار

فردوسی، مجتمع تجاری اسکان، طبقه ۱،

واحد ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۷۶۲۳۳۳۶

نشانی سایت: www.niloofer.com

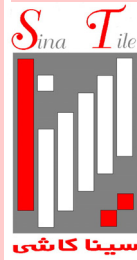


صنعت سرام

مدیرعامل: مهندس غفاری

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان فرجام، بین چهارراه خاور و ولیعصر، پلاک ۶۲۰ واحد ۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۷۲۳۵۸۹



صنایع کاشی و سرامیک سینا

مدیرعامل: مهندس عزیزیان

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد، بعد از میدان مادر، پلاک ۲۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۷۲۳۰۱

نشانی سایت: www.sinatile.ir

فرآورده‌های نسوز پارس

مدیرعامل: مهندس ابریشمی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان ونک، برج آیین ونک، طبقه ۷، واحد ۷۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۸۶۶۹۲

نشانی سایت: www.pars-ref.ir

فرآورده‌های نسوز آذر شهاب تبریز

مدیرعامل: مهندس صدیقی

آدرس دفتر مرکزی: تبریز، خیابان راه آهن، ایستگاه سرچشمه، مجتمع تجاری میلاد، طبقه ۳، واحد ۳۰۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۴۱-۳۵۵۱۸۴۴۱

نشانی سایت: www.azarshahab.com



صنایع کاشی تیما

کاشی تیما

مدیرعامل: دکتر ناصری

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، شهرک صنعتی توس، فاز ۲، اندیشه ۲، انتهای دانش ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۵۴۱۳۹۹۰

نشانی سایت: www.tima-tile.com



کائولین و خاک‌های نسوز خراسان

مدیرعامل: مهندس زیارت نیا

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۷۶۷۳۰۳۴-۵

نشانی سایت: www.kaolin-co.com

کاشی طوس

مدیرعامل: مهندس توکلی فرد

آدرس دفتر مرکزی: مشهد،

خیابان سناباد، جنب داروخانه سناباد، ساختمان ۴۶۵، طبقه ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۸۴۱۶۴۱۸

نشانی سایت: www.toostileco.com



کاشی ستاره میند

مدیرعامل: مهندس خالقی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

مالصدرات شیراز جنوبی، گرمسار غربی، کوچه بهار، پلاک ۲۶، طبقه ۴، واحد ۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۴۷۴۴

نشانی سایت: www.setarehtile.com



کاشی کرد

مدیرعامل: مهندس چنگیزی

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

سهروردی شمالی، هویزه شرقی، پلاک ۳۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۳۵۲۳۳۳۳

نشانی سایت: www.cordgroup.com



کاشی فیروزه مشهد

مدیرعامل: مهندس سقاء رضوی

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار سجاده، خیابان بیستون ۲، مجتمع

تجاری طوس، طبقه ۵ و ۶

صندوق پستی: ۹۱۳۷۵-۴۴۳۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۷۶۷۰۰۰۱

نشانی سایت: www.firoozehtile.com

کاشی مسعود ایران

مدیرعامل: مهندس فرشادپور

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان آفریقای شمالی، ساختمان

مرکز تجارت ایران، طبقه ۹، واحد ۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۶۲۱۲۶۳۵-۳۷

نشانی سایت: www.masoudtile.com



کاشی مرجان

مدیرعامل: مهندس معصومی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان

چهار باغ بالا، کوچه کاویان، پلاک ۴۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۲۴۸۰۱۹

نشانی سایت: www.marjantileco.com

کاشی نوآوران

مدیر عامل: مهندس طباطبایی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، شهرك صنعتی جهان آباد، بلوار مریم

تلفن: ۰۳۵۳-۲۳۷۲۱۹۳

نشانی سایت: www.noavaranceramics.ir**کسری لعاب میبد**

مدیر عامل: مهندس میرحسینی

آدرس: یزد، شهرك صنعتی جهان آباد، بلوار مریم، فرعی سمت راست

تلفن: ۰۳۵۳-۲۳۷۲۹۳۱

**لعاب مارال میبد**

مدیر عامل: دکتر داود قهرمانی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، میبد،

شهرك صنعتی جهان آباد، بلوار

نسترن شمالی، خیابان صنعت ۹

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵-۳۲۳۷۴۰۹۶-۷

نشانی سایت: www.marallob.ir**گلسار فارس**

مدیر عامل: مهندس فرحمند

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان کریم‌خان

زند، خیابان سپهبد قرنی، خیابان برادران شاداب،

پلاک ۳۳، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۰۸۰۴۴

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

مدیر عامل: دکتر یوسفی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا،

خیابان شیراز جنوبی، کوچه اتحاد، پلاک ۱۴، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۳۶۹۶

نشانی سایت: <http://www.mashhadglaze.com>**لعاب یاس فارس**

مدیر عامل: مهندس کریمی علویچه

آدرس: شیراز، ۳ کیلومتر ۳ جاده شیراز بوشهر، بعد از پل شهید علیپور،

جاده ایستگاه شماره ۱ گاز

تلفکس: ۰۷۱۳-۸۳۰۱۹۹۰

مجتمع تولید چینی بهداشتی نوین سرام

مدیر عامل: مهندس حقی

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، چهارراه

ابوطالب، مجتمع برجیس، طبقه دوم، واحد ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱-۱۷۲۷۶۰۳۳

نشانی سایت: www.novinceram.com**مجتمع تولیدی چینی مقصود**

مدیر عامل: مهندس ایمانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

ولیعصر، بالاتر از پارک ساعی، نبش

کوچه ۳۴، پلاک ۱۱۵۹، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۶۹۸۵

نشانی سایت: www.maghsoudporcelain.com**مجتمع صنعتی اردکان (چینی رز)**

مدیر عامل: مهندس ضرابیه

آدرس دفتر مرکزی: یزد، چهارراه یزد

باف، ساختمان یزدباف، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۳-۵۲۲۹۷۶۰

نشانی سایت: www.chinirose.com**معدنی و صنعتی سوراوجین عقیق**

مدیر عامل: مهندس معصومی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، سعادت

آباد، خیابان علامه شمالی، انتهای کوچه

اقبال ملی، پلاک ۱، واحد ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۸۱۳۷۳

نشانی سایت: www.iranclay.com**مقره سازی ایران**

مدیر عامل: دکتر کورنگی

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان بهار جنوبی، کوچه

نیلوفر، شماره ۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۵۲۸۶۴۲

نشانی سایت: www.iraninsulator.com**مفید شیشه**

مدیر عامل: مهندس موسوی کریمی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

ولیعصر، پایین تر از میدان ونک، شماره

۲۵۴۰، طبقه ۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۶۴۸۱۱

نشانی سایت: www.mofidglass.com

مهفام جام (سهامی خاص)

مدیر عامل: مهندس دهقان

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان آرژانتین، خیابان احمد قصبیر،

چهاردهم غربی، پلاک ۲۶، طبقه ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۱۵۰۱۵

تقویم رویدادهای سرامیک

دوازدهمین کنگره سرامیک ایران

دانشگاه علم و صنعت، تهران
۱۰-۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۸
www.lcers.ir

پانزدهمین همایش علمی دانشجویی مهندسی مواد و متالورژی ایران

دانشگاه آزاداسلامی واحد کرج
۲۲-۲۳ آبان ۱۳۹۷
https://cmat.iromes.ir/

چهارمین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در مهندسی مواد، مکانیک و هوافضا

تهران
۲۱ شهریور ۱۳۹۷
http://www.pardisconf.com/ammae/

اولین کنفرانس ملی مدل سازی رفتار مکانیکی مواد

دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
۲۵-۲۶ مهر ۱۳۹۷
cmbm2018.uk.ac.ir

Materials Science & Technology 2018 (MS&T18)

Columbus, OH United States
October, 14-16 2018
http://www.matscitech.org/

Ceramics Japan 2018

Mukuhari Messe Japan
December, 5-7 2018
http://www.ceramics-japan.jp/en

43rd International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (ICACC)

Daytona Beach, FL United States
27 January-1 February 2019
https://ceramics.org/icacc2019

XVI ECerS Conference

Torino, Italy
June, 16-20 2018
http://www.ecers2019.org/

Electroceramics XVI
Hasselt, Belgium
July, 9-12 2018
www.electroceramicsxvi.org

PACRIM13 the 13th Pacific Rim conference of Ceramic Societies
Okinawa Convention Center, Japan
October, 27-31 2019
<http://www.ceramic.or.jp/pacrim13/>

Tecnargilla 2018
RiminItaly
September, 24-28 2018
<http://www.tecnargilla.it>

12th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications (CMCEE2018)
Singapore
July, 22-27 2018
www.ceramics.org/meetings/acers-meetings