



سال دهم، شماره پنجاه و دوم

زمستان ۱۳۹۶

ISSN: ۱۷۲۵-۳۲۵۱

« با درجه علمی ترویجی »

صاحب امتیاز: انجمن سرامیک ایران

مدیر مسئول: دکتر مسعود محبی

سر دبیر: 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@jicers.ir

نشانی سایت اینترنتی: www.jicers.ir

طراحی، گرافیک و صفحه آرای: تمام طرح ۷۷۲۰۹۲۲۸

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.

هیات تحریریه:

دکتر علیرضا آقای

دکتر محمد رضوانی

دکتر رسول صراف ماموری

دکتر پروین علیزاده

دکتر حسین مولایی

دکتر علیرضا میرحبیبی

دکتر رحیم نقی زاده

دکتر علی محمد هادیان

دکتر عباس یوسفی

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه تبریز

دانشگاه تربیت مدرس

دانشگاه تربیت مدرس

شرکت ایرانا

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تهران

شرکت لعاب مشهد

گروه مشاوران:

دکتر علی اصغر بهنام قادر

مهندس نادر خلیلی

مهندس سیروس روشنفکر فلاح

مهندس محمد روشنفکر فلاح

مهندس میر حسام الدین داعی نیایی

مهندس علی زاویه

مهندس حسین زجاجی

مهندس محمود سالاریه

دکتر آرمان صدقی

دکتر احمد صفری

مهندس حسین عزیزیان

دکتر مهران غفاری

دکتر عباس فاضلی

دکتر کاووس فلامکی

مهندس عباسعلی قصابی

مهندس حسین قصابی

دکتر ابراهیم قاسمی

دکتر کاظم قنبری

دکتر مهرداد کشمیری

دکتر علیرضا گنجی

دکتر حمیدرضا نعمتی

دکتر امیر عباس نوربخش

پژوهشگاه مواد و انرژی

فرآورده‌های دیرگاز مهر آریان فارس

شرکت تجهیز مواد پیشگام

انجمن تولید کنندگان کاشی و سرامیک کشور

شرکت گل سرخ گستر آمل

انجمن صنفی کارفرمایی صنعت مواد نسوز

انجمن صنفی صنعت شیشه

شرکت آرمتناژ

دانشگاه بین الملل امام خمینی

دانشگاه ایالتی نیوجرسی

صنعت سیمان

شرکت اشکان پارت آفرین

سازمان زمین شناسی کشور

دانشگاه امیرکبیر

شرکت چینی زرین ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ

دانشگاه شفیلد انگلستان

دانشگاه بریتیش کلمبیا

شرکت معدنی و صنعتی سوراوچین عقیق

شرکت لعابیران

دانشگاه آزاد

۱	تازه‌ها
۱	اخبار انجمن سرامیک ایران
۱	گزارش حضور انجمن سرامیک ایران در چهارمین کنفرانس بین‌المللی انجمن علمی ...
۳	کارگاه آموزشی فرایند چاپ سه بعدی
۵	دوره آموزشی مروری بر فرایند تولید کاشی و سرامیک
۶	اخبار شرکت‌ها
۶	۵۰۰ تن کاشی و سرامیک از چهارمحال و بختیاری صادر شد.
۶	پایانه ویژه صادرات کاشی و سرامیک در میبد ایجاد می‌شود.
۷	پروتزهای متکی بر ایمپلنت جایگاه مهمی در دندانپزشکی نوین دارد.
۸	تولید نانو ساختارهای سرامیکی از جنس دندان و صدف دریایی!
۹	راه‌اندازی آزمایشگاه سفال و سرامیک در مرکز فنی و حرفه‌ای شهرضا
۱۰	ساخت باتری با استفاده از نمک مذاب برای ذخیره بیشتر نیرو
۱۱	ساخت داربستی نوین و بهینه برای مهندسی بافت استخوان
۱۲	صادرات شیشه نانویی ایران به ۴ قاره / تولید آینه‌های نانوکرومی برای کشتی‌ها و ...
۱۳	عکس / نقاشی با کاشی‌های شکسته روی دیوارهای تهران
۱۴	فناوری چاپ سه‌بعدی به کمک درمان شکستگی می‌آید.
۱۴	قابلیت خاک‌های صنعتی فردوس برای ساخت کاشی و سرامیک
۱۴	نخستین مسابقه ملی «طراحی بدنه استاندارد کاشی و سرامیک» در میبد برگزار می‌شود.
۱۶	اخبار علمی
۱۶	سیمان الهام گرفته از خارپشت دریایی (sea urchin-inspired cement) ...
۱۶	توسعه کاربرد کامپوزیت‌های پایه سرامیکی CMC در صنایع هوا فضا
۱۷	کاربرد شیشه سرامیک ^۳ ها برای صنعت حمل و نقل هوایی
۱۸	سخت‌ترین سرامیک‌های شفاف پای کریستال
۱۸	تأثیر ابعاد نانوذرات در خاصیت نهایی نانوکامپوزیت
۱۹	سنتز آزمایشگاهی نانوپوشش‌های گالوانیزه با خاصیت ترمیم‌شوندگی
۲۰	روشی برای تولید نانوکامپوزیت با استفاده از نانولوله‌های کربنی
۲۰	ساخت اولین کارخانه تصفیه پساب مبتنی بر فناوری نانو در پرو
۲۲	مقالات پژوهشی
۲۲	تأثیر فسفات کلسیم در ساخت پیش شکل سیلیسیم کاربید به روش ریخته‌گری ژلی
۲۸	تأثیر پلی‌وینیل پیرولیدون (PVP) بر اندازه ذرات و خواص نوری نانوذرات اکسید روی ...

۳۴	اثر pH محیط سنتز بر روی اندازه نانو بلورکها و تغییر فاز زیرکونیا تهیه شده به روش ...
۴۰	لایه‌نشانی و بررسی خواص لایه نازک کربن شبه الماسی اعمال شده بر پنجره مادون قرمز ...
۴۷	بررسی سنتز پودر تک فاز Zn_2TiO_4 با استفاده از میکروویو
۵۴	تازه‌های نشر
۵۵	معرفی پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی
۵۸	لیست اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران
۶۶	تقویم رویدادهای سرامیک

اخبار انجمن سرمایه‌گ ایران

گزارش حضور انجمن سرمایه‌گ ایران در چهارمین کنفرانس بین‌المللی انجمن علمی انرژی ایران ۱۰ و ۱۱ بهمن ۱۳۹۶

انجمن علمی انرژی ایران در روزهای ۱۰ و ۱۱ بهمن ماه سال جاری، چهارمین کنفرانس بین‌المللی خود را با عنوان فناوری و مدیریت انرژی در مرکز همایش‌های بین‌المللی دانشگاه شهید بهشتی برگزار کرد.



این همایش با حضور مقامات عالی رتبه و تاثیر گذار، سیاست‌گذاران و مسئولین بخش‌های مختلف حوزه انرژی از جمله وزارت نیرو، وزارت نفت و شرکت‌های سرمایه‌گذاری بخش خصوصی اجرا گشت. همچنین سخنرانی‌هایی توسط برخی چهره‌های علمی و صنعتی مطرح از کشورهای پیشرو جهان بالاخص کشورهای اروپایی در این کنفرانس ارائه شد.

ریاست این کنفرانس را دکتر محمد ساتکین، رئیس انجمن علمی انرژی ایران بر عهده داشت و دبیر علمی کنفرانس دکتر بهنام محمدی ایواتلو دبیر انجمن بود. همچنین با توجه به بنیه علمی قوی این کنفرانس

بسیاری از دانشگاه‌های کشور از همکاری با این کنفرانس استقبال کردند بطوری که این کنفرانس با همکاری ویژه دانشگاه شهید بهشتی برگزار شد. علاوه بر آن سایر دانشگاه‌های صاحب نام کشور از جمله دانشگاه‌های شریف و تهران حضور پررنگ و مناسبی در ارسال مقالات علمی از بخش‌های دانشجویی داشته‌اند. انجمن علمی انرژی ایران با ژورنال‌های مطرح ISC برای چاپ مقالات برتر کنفرانس توافقاتی را انجام داده و همچنین از مقالات برگزیده تقدیر ویژه به عمل آمد.

در این همایش چندین کارگاه آموزشی با موضوعات مرتبط با مباحث انرژی نیز برگزار شد. علاوه بر موارد فوق در نمایشگاه جانبی کنفرانس، به شرکت‌های متقاضی نیز غرفه‌هایی تعلق گرفت. برگزتری این نمایشگاه فرصت مناسبی برای بهبود بخشیدن به ارتباطات بین بخش‌های علمی و اجرایی در حوزه انرژی بود.



انجمن سرامیک ایران نیز با مشارکت انجمن صنفی تولیدکنندگان کاشی و سرامیک کشور ضمن حمایت از این همایش در نمایشگاه جانبی برگزار شده شرکت کرد.



این همایش در هفت محور انرژی‌های فسیلی، اقتصاد انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی، بهینه‌سازی انرژی، انرژی، ایمنی و محیط زیست و همچنین ذخیره‌سازی انرژی و فن‌آوری‌های نوین برگزار گردید. در انتهای کنفرانس بیانیه‌ای که حاصل جمع‌بندی‌های نشست‌های علمی و دستاوردهای مقالات بود توسط کمیته‌های ناظر بر داورى مقالات ارائه و منتشر شد که امید است این بیانیه در برنامه ششم توسعه به تصمیم‌گیران سند، کمک نماید.

از جمله اهداف کنفرانس می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- فراهم کردن بستری مناسب برای تبادل افکار و اندیشه‌های پژوهشگران، استادان، سیاست‌گذاران، مدیران، کارشناسان و خبرگان در حوزه انرژی
- آشنایی با آخرین دستاوردهای حوزه انرژی در جهان
- بررسی راه کارهای تامین انرژی و شناسایی منابع انرژی با نگاهی ویژه به حفظ منابع زیست محیطی و رعایت ایمنی در حوزه‌های کاری مرتبط
- کمک به افزایش آگاهی آحاد مردم در استفاده بهینه از انرژی
- توجه به ضرورت حفظ محیط زیست و توسعه پایدار
- شناسایی موانع و مشکلات کشور در حوزه انرژی و یافتن راه حل‌های مناسب
- تشویق بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی

مصاحبه جناب آقای مهندس روشنگر ریاست انجمن سرامیک ایران در حاشیه کنفرانس:



لازمه‌ی توسعه پایدار، مسائل زیست محیطی و مربوط به انرژی می‌باشد که از جمله موضوعات اصلی بحث در این کنفرانس می‌باشند. در انجمن‌های علمی و صنفی سرامیک سعی بر آن است که بهینه‌سازی انرژی و استفاده درست از انرژی به عنوان یک فرهنگ نهادینه شود. متأسفانه در بین ۱۴۰ کارخانه فعال در زمینه تولید کاشی و سرامیک، بیش از یک سوم انرژی به صورت انرژی اتلاف شده می‌باشد. به عنوان مثال اگر فرض شود که مجموع تولیدات کارخانه‌ها ۷۰۰ میلیون متر مربع باشد و به ازای هر یک میلیون متر مربع، مقدار ۱ مگاوات برق مصرف شود، به میزان ۷۰۰ مگاوات مصرف برق داریم که این رقم بسیار قابل توجهی بوده و در صورتی که تنها ۲۰٪ از این انرژی مصرفی ذخیره شود، نقش بسزایی در ذخیره انرژی و بهینه‌سازی مصرف آن دارد.

یکی دیگر از دغدغه‌های واحدهای تولیدی، بهینه‌کردن ساختار زیست محیطی است و ما هنوز برای رسیدن به یک فضای کسب و کار با زیرساخت زیست محیطی خوب و مطابق با استانداردهای جهانی مسیر طولانی را در پیش داریم. لذا انجمن صنفی تولیدکنندگان کاشی و سرامیک و انجمن سرامیک ایران از سازمان‌های تحقیقاتی، پژوهشگران و دانشمندان دعوت بعمل می‌آورد که به این انجمن‌ها مراجعه نمایند تا بتوانیم با عقد قراردادهایی در زمینه اصلاح زیرساخت‌های زیست محیطی و بهینه‌سازی انرژی، مشکلات موجود در این زمینه را از میان برداریم. همیشه کنفرانس‌های علمی می‌توانند دستاوردهای خوبی داشته باشند به شرطی که مقالات ارائه شده در این کنفرانس‌ها بیشتر کاربردی و قابل استفاده در کارگاه‌ها باشند. به طوری که بتوان تئوری‌های نظری را به تئوری‌های عملی انتقال داد و بتوان از تحقیقات و پژوهش‌ها به صورت عملیاتی استفاده کرد. مبادله دانش و تجربیات در محیط‌های علمی به تولید علم می‌انجامد و پیدا کردن روش‌هایی که توسط آن‌ها تولید علم به ثروت تبدیل شود می‌تواند بهترین نتیجه را داشته باشد. بهینه‌کردن مصرف انرژی لازم است نهادینه فرهنگی شود. متأسفانه ما در محیط اطراف و حتی خانه‌های خود شاهد مصرف بالای انرژی و هدر رفتن زیاد آن هستیم. فرهنگ سازی در رابطه با ساختارهای زیست محیطی و حفظ انرژی و محیط زیست، اولین گام در بهینه‌سازی مصرف انرژی بوده و می‌تواند کمک بزرگی به زندگی نسل‌های آینده بکند.

کارگاه آموزشی فرایند چاپ سه بعدی

کارگاه آموزشی فرایند چاپ سه بعدی روز چهارشنبه ۲۵ بهمن ماه ۱۳۹۶ با حضور تعدادی از کارشناسان از صنایع دیرگداز و کاشی و شیشه در دانشگاه علم و صنعت ایران برگزار شد. این دوره با خوشامدگویی جناب آقای دکتر افتخاری (نایب رییس هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران) آغاز شد.



در بخش اول کارگاه، در رابطه با تعاریف مقدماتی فناوری چاپ سه بعدی، اصول اولیه، کاربردها و انواع روش‌های قابل استفاده در این فناوری آموزش‌هایی ارائه شد. در بخش دوم طراحی یک قطعه با استفاده از نرم‌افزار Solid works و مراحل لازم برای آماده سازی نمونه جهت پرینت توسط جناب آقای مهندس نمازی و دکتر غفاری به شرکت کنندگان آموزش داده شد.



در بخش نهایی کارگاه، قطعه طراحی شده با استفاده از دستگاه پرینت سه بعدی پرینت گرفته شد. در جمع بندی نظرات شرکت کنندگان این دوره، آنها درخواست برگزاری چنین دوره‌هایی بخصوص تمرکز بر روی نمونه‌های سرامیکی را داشتند.

جناب آقای دکتر محبی

در گذشت مادر گرامیتان را به شما و خانواده محترمتان تسلیت عرض می‌کنیم و آرزوی صبر و سلامتی برای شما از خداوند منان خواستاریم.

فصلنامه سرامیک ایران

دوره آموزشی مروری بر فرایند تولید کاشی و سرامیک

۱۹-۲۰ آذر ماه ۱۳۹۶

شرکت کاشی زهره

پیرو سیاست انجمن سرامیک ایران مبنی بر برگزاری دوره‌های آموزشی جهت عموم کارشناسان صنعت سرامیک در محل انجمن سرامیک و یا به سفارش شرکت‌های عضو حقوقی در محل کارخانه ویژه پرسنل همان شرکت در اولین تجربه بنا به درخواست شرکت کاشی و گرانیت زهره به جهت ارتقای دانش علمی پرسنل خط تولید با هماهنگی به عمل آمده اولین بخش بسته آموزشی مروری بر فرایند تولید کاشی و سرامیک در روزهای ۱۹ و ۲۰ آذر ماه در محل کارخانه با تدریس آقای دکتر مولایی برگزار گردید.



روز یکشنبه دوره با حضور بیش از ۳۰ نفر از کارشناسان و مسئولین خط تولید کاشی زهره شروع گردید و در طی دو روز مباحث فاکتورهای موثر در انتخاب فرمولاسیون بدنه کاشی و انواع بدنه‌های کاشی و نوع و مشخصات مینرال‌های بکار رفته در صنایع کاشی و بخشی از مراحل مختلف پروسه تولید کاشی کف و دیواری ارایه گردید.



در ارزیابی به عمل آمده از حاضرین این دوره برای آنان بسیار مفید و قابل استفاده بوده است.

اخبار شرکت‌ها

رئیس سازمان صنعت، معدن و تجارت چهارمحال و بختیاری: ۵۰۰۰ تن کاشی و سرامیک از چهارمحال و بختیاری صادر شد.



شهرکرد- رئیس سازمان صنعت، معدن و تجارت چهارمحال و بختیاری گفت: بیش از پنج هزار تن کاشی و سرامیک از چهارمحال و بختیاری صادر شد.

نعیم امامی در گفت و گو با خبرنگار مهر با اشاره به اینکه از ابتدای سال تاکنون بیش از پنج هزار تن کاشی و سرامیک از چهارمحال و بختیاری صادر شد، اظهار داشت: ارزش محموله‌های صادراتی کاشی و سرامیک از چهارمحال و بختیاری بیش از ۷۵۰ هزار دلار است.

وی بیان کرد: چهارمحال و بختیاری یکی از تولید کنندگان برتر تولید کاشی و سرامیک در کشور است. رئیس سازمان صنعت، معدن و تجارت چهارمحال و بختیاری با اشاره به اینکه چهار کارخانه تولید کاشی و سرامیک در چهارمحال و بختیاری فعالیت می‌کنند، اظهار داشت: این کارخانه‌های تولید کاشی در شهرستان‌های شهرکرد و بروجن واقع هستند.

۵۰۰ نفر در واحدهای صنعتی تولید کاشی و سرامیک چهارمحال و بختیاری فعالیت می‌کنند.

وی عنوان کرد: بیش از ۵۰۰ نفر در واحدهای صنعتی تولید کاشی و سرامیک فعالیت می‌کنند. رئیس صنعت، معدن و تجارت چهارمحال و بختیاری تاکید کرد: سالانه حدود هشت میلیون متر مکعب کاشی و سرامیک توسط این واحدهای صنعتی تولید می‌شود و روانه بازار مصرف می‌شود.

وی بیان کرد: بخش تولید کاشی و سرامیک از مهمترین ظرفیت‌های اشتغالزای استان چهارمحال و بختیاری به شمار می‌رود که باید واحدهای تولیدی کاشی و سرامیک توسعه یابند.

منبع: <https://www.mehrnews.com/news/4193489/>

در کارگروه توسعه صادرات استان مطرح شد؛

پایانه ویژه صادرات کاشی و سرامیک در میبد ایجاد می‌شود.

یزد- نشست اعضای کارگروه توسعه صادرات استان یزد امروز دو مصوبه داشت؛ یکی احداث پایانه ویژه صادرات کاشی و سرامیک در شهرستان میبد و دیگری انجام تشریفات اداری صادرکنندگان نمونه، خارج از نوبت. به گزارش خبرنگار مهر، رئیس سازمان صنعت، معدن و تجارت استان یزد در این نشست با اشاره به مشوق‌های صادراتی که برای صادرکنندگان نمونه وجود دارد گفت: هیات وزیران مصوبه‌ای دارد که ادارات و دستگاه‌ها مکلفند تشریفات اداری مربوط به صادرکنندگان نمونه را در خارج از نوبت انجام دهند.

محمدرضا علمدار یزدی با بیان اینکه این موضوع مربوط به صادرکنندگان ممتاز و نمونه کشوری است ادامه داد: درخواست دادیم



تا این مصوبه هیات وزیران شامل صادرکنندگان نمونه استانی هم بشود.

وی در بخش دیگری از سخنان خود از برگزاری نمایشگاه اختصاصی ایران در هفته نخست دی ماه در کربلا خبر داد و اضافه کرد: این نمایشگاه با حضور واحدهای صنایع غذایی، فرش ماشینی و دستیاف، تولیدکنندگان پلاستیک، لوازم خانگی و مبلمان و ... برگزار می شود.

رئیس سازمان صنعت، معدن و تجارت استان یزد همچنین از برگزاری سه پایون

جمهوری اسلامی در نمایشگاه‌های بین‌المللی تاجیکستان، مسکو و عمان خبر داد و عنوان کرد: هر یک از این پایون‌ها به ترتیب در دیماه، بهمن ماه و اسفند ماه برگزار خواهد شد.

وی همچنین از اعزام یک هیات تجاری به تنایسگاه هنگ کنگ خبرداد و تصریح کرد: این نمایشگاه در زمینه طلا و جواهر و سنگ‌های قیمتی از هفتم تا ۱۲ اسفند ماه دایر خواهد شد و در بهمن ماه نیز هیات تجاری با هدف بازاریابی در زمینه صنایع معدنی به تانزانیا اعزام خواهد شد.

علمدار یزدی بیان داشت: هیات اعزامی با تانزانیا در زمینه‌های مواد غذایی، پتروشیمی، دارو و تجهیزات پزشکی، منسوجات و خدمات فنی و مهندسی به تانزانیا خواهند رفت تا سهم بازارهای صادراتی را افزایش دهند.

وی همچنین پیشنهاد تشکیل کمیته برای تصویب اعزام هیات‌های تجاری خارج از کارگروه شد و گفت: اعزام هیات‌های تجاری باید در کارگروه مصوب شود لذا اگر کمیته‌ای تشکیل شود و اختیارات کارگروه را به کمیته تفویض کنیم می‌توان در وقت صرفه‌جویی بیشتری داشت و روند اداری را طی کرد.

علمدار یزدی عنوان کرد: این موضوع با مسئولیت سازمان صنعت، معدن و تجارت استان دنبال می‌شود.

منبع: <https://www.mehrnews.com/news/4175047>

مسئول اجرایی علمی کنگره دندانپزشکان عمومی؛

پروتزهای متکی بر ایمپلنت جایگاه مهمی در دندانپزشکی نوین دارد.



مسئول اجرایی و علمی دوازدهمین کنگره علمی سالیانه انجمن دندانپزشکان عمومی ایران، گفت: برای موفقیت در درمان‌های پروتزی، همکاری و نقش لابراتوارهای دندانپزشکی بسیار حائز اهمیت است.

به گزارش خبرگزاری مهر، دکتر ثریا شاکری اظهارداشت: علم دندانپزشکی، علم و هنر جایگزینی دندان‌های تخریب شده و یا از دست رفته بیمار است و دامنه آن از ترمیم یک دندان تا بازسازی کامل متغیر بوده و شامل پروتز ثابت و پروتز متحرک است.

وی افزود: پروتز ثابت شامل بازسازی دندان‌های تخریب شده و یا جایزینی دندان‌های از دست رفته به وسیله پروتزهای فلزی ریختگی، فلز و سرامیک و یا تمام سرامیک است که امروز تمام سرامیک‌ها طرفداران زیادی در درمان‌های دندانپزشکی دارند. مسئول اجرایی علمی پروتز دوازدهمین کنگره انجمن دندانپزشکان عمومی ایران، ادامه داد: پروتز متحرک شامل پروتز بیمارانی است که تعدادی از دندان‌ها را از دست داده‌اند و یا بی‌دندانی کامل دارند. این درمان‌ها به خصوص در افراد مسن، در جویدن، زیبایی و سلامت دهانی نقش مهمی دارد و برای بالا بردن کیفیت زندگی افراد مسن مورد توجه است.

شاکری با اشاره به اینکه امروزه با بالا رفتن میانگین طول عمر افراد و درمان بیماران مسن جایگاه ویژه‌ای برای درمان‌های پروتزی ایجاد شده است، افزود: امروزه درمان‌های ایمپلنت هم بخش بزرگ و مهمی از درمان‌های پروتزی به شمار می‌رود و پروتزهای متکی بر ایمپلنت جایگاه مهم و اصلی در دندانپزشکی نوین دارند و با توجه به استفاده روز افزون از ایمپلنت‌ها و افزایش نیاز به آنها و دستیابی به تمام اهداف دندانپزشکی، این علم پیشرفت و اهمیت زیادی دارد.

وی بیان داشت: هدف از دندانپزشکی مدرن بازسازی فرم دندان‌ها، جویدن، صحبت کردن، راحتی بیمار و سلامت طبیعی بیمار است و در درمان‌های پروتزی نوین با جایگزینی نسوج و دندان‌های از دست رفته تمامی این اهداف امکان پذیر می‌شود.

مسئول اجرایی علمی پروتز دوازدهمین کنگره انجمن دندانپزشکان عمومی ایران خاطرنشان کرد: برای موفقیت در درمان‌های پروتزی، علاوه بر دندانپزشک و بیمار، همکاری و نقش لابراتوارهای دندانپزشکی هم بسیار حائز اهمیت است و مثلث دندانپزشک، لابراتور و بیمار با همکاری کامل یک درمان موفق را رقم می‌زند و علاوه بر مهارت و تجربه دندانپزشک، مهارت و دقت تکنسین لابراتور هم اهمیت خاصی دارد.

شاکری گفت: برای درمان موفق پروتز، دندانپزشک باید آگاهی و تسلط کامل بر سایر شاخه‌های دندانپزشکی از جمله درمان‌های ریشه دندان، ترمیمی، جراحی، انساج پرودنتال و ... به خصوص در بخش بیومکانیک داشته باشد.

وی یادآور شد: درمان‌های نوین دندانپزشکی و پیشرفت روز افزون این علم در رشته پروتز نقش مهمی دارد و با توجه به مواد جدید دندانپزشکی در قالب‌گیری، فلزات، سرامیک جدید، وسایل و تجهیزات لابراتوارهای دندانپزشکی و ...، درمان‌های بهتر و کامل‌تر و موفق‌تری را در پروتز رقم خواهد زد.

دوازدهمین کنگره علمی سالیانه انجمن دندانپزشکان عمومی ایران از ۱۹ تا ۲۲ دی ماه ۹۶ در مرکز همایش‌های برج میلاد برگزار می‌شود.

منبع: <https://www.mehrnews.com/news/4194805>

با کاربرد در داروسازی؛

تولید نانوساختارهای سرامیکی از جنس دندان و صدف دریایی!

محققان کشور موفق به تولید نانوساختارهای سرامیکی شدند که در صنایع مختلف داروسازی، پتروشیمی، ژن درمانی و ... کاربرد دارند.

فاطمه مهندس، محقق طرح سنتز و شناسایی انواع نانو ساختارهای اکسیدی و سرامیکی و برگزیده نوزدهمین جشنواره جوان خوارزمی در گفتگو با خبرنگار مهر اظهار کرد: در این طرح از روش‌های بهینه شده و اقتصادی و بدون استفاده از قطعات وارداتی برای تهیه نانوساختارها استفاده کردیم.

وی با بیان اینکه در این راستا از مواد دور ریز بهره بردیم، خاطرنشان کرد: در این پروژه، نانوساختار سرامیکی از ضایعات و مواد دور ریزی مانند دندان انسان، مرجان‌ها و صدف دریایی، پوسته تخم مرغ و ... استفاده کردیم.

وی با بیان اینکه استفاده از این نانوساختارها کاربردهای فراوانی دارد، گفت: امروزه استفاده از چنین نانوساختارهایی در صنایع مختلف از جمله حوزه انرژی و سلول‌های خورشیدی، اپتوالکترونیک، نیمه هادی‌ها، کاتالیزورها و مصارف پزشکی مانند داروسازی، ژن درمانی و ترمیم آسیب‌های دندانی و استخوانی مورد توجه قرار گرفته است.

پژوهشگر پسا دکتری دانشگاه صنعتی شریف افزود: ترکیبات اکسیدی و سرامیکی فلزات در ابعاد نانومتری اعم از صفر بعدی، یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی در مقایسه با حالت توده‌ای خود به دلیل افزایش نسبت سطح به حجم دارای خواص ویژه‌ای هستند.

مهندس افزود: با توجه به وسعت حوزه کاربردی نانوساختارهای اکسیدی و سرامیکی، روش‌های شیمیایی و فیزیکی مختلفی به منظور کنترل اندازه ذرات و مورفولوژی این ترکیبات توسعه یافته است.

به گفته این محقق، از میان این روش‌ها، روش‌های شیمیایی تخریب حرارتی پیش ماده‌های آلی - فلزی موجب تهیه نانوساختارهایی با ذرات متراکم و جدا از هم می‌شود.

وی خاطر نشان کرد: از طرفی، استفاده از عوامل فعال سطحی (سورفکتانت) نیز به جدایش ذرات از یکدیگر کمک شایانی می‌کند. در این طرح، ابتدا پیش ماده‌های آلی - فلزی تهیه و سپس مشخصه‌یابی می‌شوند. در مرحله بعد، پیش ماده‌های آلی - فلزی طی فرآیند تخریب حرارتی در حالت جامد یا در حضور حلال، هیدروترمال/سولوترمال، امواج مافوق صوت و ماکروویو تبدیل به نانوساختارهای اکسیدی و سرامیکی می‌شود.

به گزارش مهر، «طرح سنتز و شناسایی انواع نانو ساختارهای اکسیدی و سرامیکی» رتبه سوم پژوهش‌های بنیادی در گروه فناوری‌های شیمیایی نوزدهمین جشنواره جوان خوارزمی توسط فاطمه مهندس کسب کرد.

این طرح با همکاری دانشگاه کاشان و صنعتی شریف توسط دکتر عبدالرضا سیم چی و دکتر مسعود صلواتی نیاسری به سرانجام رسیده است.

منبع: <https://www.mehrnews.com/news/4221645>

راه‌اندازی آزمایشگاه سفال و سرامیک در مرکز فنی و حرفه‌ای شهرضا

رئیس مرکز آموزش فنی و حرفه‌ای شهرضا گفت: مرکز فنی و حرفه‌ای شهرضا در نظر دارد یک آزمایشگاه در اختیار افراد



علاقه‌مند به سفال و سرامیک برای آموزش، پژوهش، آزمایش و خطا قرار دهد.

به گزارش گروه استان‌های باشگاه خبرنگاران جوان از اصفهان، حسن ضیایی با اشاره به انتخاب شدن شهرضا به عنوان شهر ملی سفال و سرامیک و اقدامات فنی و حرفه‌ای در این راستا، اظهار کرد: در مردادماه ۱۳۹۵ با توجه به مصوبات کارگروه اشتغال، تصمیم به ایجاد کارگاه سفالگری با چرخ برقی، سفال‌گری نقش برجسته و نقاشی روی سفال گرفته شد.

وی با بیان این که در آذرماه ۹۵ دو کارگاه سفالگری در مرکز فنی و حرفه‌ای شهرضا افتتاح شد، افزود: از افتتاح کارگاه تاکنون بیش از ۲۰۰ نفر خانم و ۳۰ نفر آقا در حرفه سفال‌گری با چرخ برقی و نقش برجسته و ۷۵ نفر خانم در حرفه نقاشی روی سفال به صورت رایگان آموزش داده شده‌اند.

رئیس مرکز آموزش فنی و حرفه‌ای شهرضا گفت: این مرکز در نظر دارد در صورت تأمین بودجه خرید تجهیزات، تجهیزات مورد نیاز یک کارگاه سفال و سرامیک و لعاب‌کاری را تهیه و به عنوان یک آزمایشگاه در اختیار افراد علاقه‌مند برای آموزش، پژوهش، آزمایش و خطا قرار دهد.

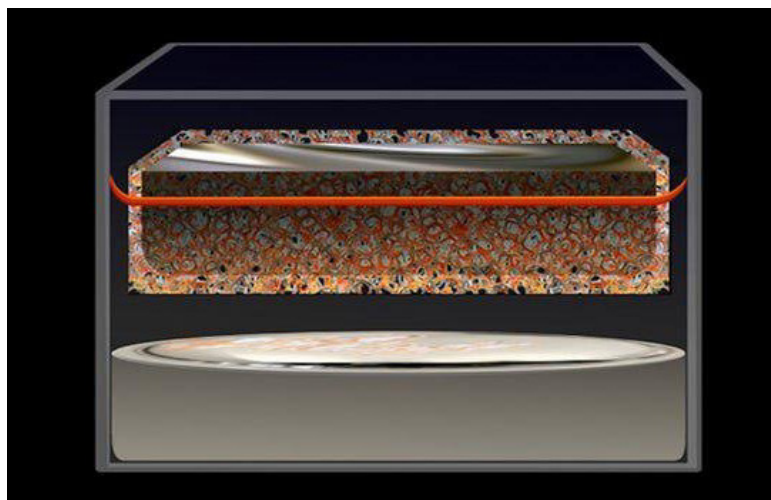
وی با اشاره به توسعه آموزش‌های فنی و حرفه‌ای در شهرستان شهرضا، بیان داشت: این مرکز در سه سال گذشته، اقدام به راه‌اندازی ۳ کارگاه جدید تراشکاری، سفال‌گری و نقاشی روی سفال کرده است.

ضیایی اذعان کرد: امسال دو مکان بدون استفاده را به بخش خصوصی واگذار کرده‌ایم که این کارگاه‌ها در زمینه صنایع دستی شامل قلم‌زنی، مشبک فلز، طراحی سنتی و فیروزه‌کوبی و کارگاه صنایع تبدیلی در زمینه فرآوری میوه، خشک کردن میوه و سبزیجات فعالیت می‌کنند.

منبع: <http://www.yjc.ir/fa/news/6390251>

ساخت باتری با استفاده از نمک مذاب برای ذخیره بیشتر نیرو

پژوهشگران دانشگاه ام‌آی‌تی، برای ذخیره بیشتر نیرو، نوعی باتری ابداع کرده‌اند که ساخت آن هزینه کمتری نسبت به باتری‌های کنونی دارد.



به گزارش ایسنا و به نقل از گیزمگ، یکی از مشکلات ابتدایی با انرژی تجدیدپذیر، به خصوص باد و خورشید، این است که تولید نیرو هنگامی صورت می‌گیرد که باد یا خورشید در دسترس باشند نه زمانی که به آنها نیاز است.

اگر دنیا از عهده طراحی یک باتری بزرگ، ارزان و طولانی مدت برآید که بتوان آن را برای ذخیره نیرو در مقیاس شبکه استفاده و به هنگام نیاز دوباره شارژ کرد، این مشکل، کم و بیش رفع خواهد شد.

از میان ابزار الکترونیکی جدید و صنایع الکترونیکی مصرف‌کننده، باتری‌های لیتیوم، به خاطر عملکرد بالا، تراکم قدرت و وزن سبک، محبوب هستند.

اما لیتیوم، برای ذخیره در مقیاس شبکه، ماده پرهزینه‌ای است و هنگامی که صحبت ساخت باتری برای کل شهر مطرح می‌شود، اندازه و وزن نسبت به ساخت ابزاری ارزان، ایمن، قابل اعتماد و تا حد امکان بادوام، از اهمیت کمتری برخوردار است. اگر این باتری از یک ماده متعارف‌تر و در دسترس‌تر ساخته شود، بسیار بهتر خواهد بود.

خبر خوب اینکه یک گروه از پژوهشگران دانشگاه "ام‌آی‌تی" (MIT)، برای ساخت دوباره یک باتری قدیمی که اولین بار در ۵۰ سال پیش ثبت شده بود، روشی کم‌هزینه، موثر و دائمی، پیدا کرده‌اند.

این کشف، بر باتری‌های ساخته شده از نمک مذاب مانند مدل‌هایی که از سدیم/سولفور یا سدیم/نیکل کلراید ساخته شده‌اند، تمرکز دارد که در آنها، الکترودها در دمای بالا ننگه داشته می‌شوند تا در نمک مذاب حفظ شوند و امکان انتقال شارژ، میان‌شان فراهم شود.

معمولاً، الکترودها باید با غشای خاصی که به مولکول‌های به خصوصی اجازه عبور می‌دهد و مولکول‌های دیگر را جدا می‌کند، از هم جدا ننگه داشته شوند.

در گذشته، این کار با استفاده از یک لایه نازک سرامیکی بتا آلومینا انجام می‌گرفت اما استفاده تجاری از این باتری‌ها، به خاطر نازک، بی‌دوام و شکننده بودن این لایه سرامیکی، محدود شده است.

گروه پژوهشگران ام‌آی‌تی، با استفاده از یک شبکه استیل منظم که با نیتريد تیتانیوم پوشیده شده، روش جدیدی برای جدا کردن الکترودها کشف کرده است.

درحالی که لایه سرامیکی، با استفاده از سوراخ‌های موجود در این ماده متخلخل، مولکول‌ها را براساس اندازه فیزیکی‌شان مرتب می‌کند، شبکه استیل، برای دستیابی به نتیجه مشابه، از ویژگی‌های الکترونیکی‌اش استفاده می‌کند.

تکنیک شبکه استیل، برای شیمی باتری تعدادی از باتری‌های گوناگون دارای الکترودها، به کار گرفته می‌شود و از آنجا که به طراحی باتری کوچک و سبک‌وزن مانند باتری خودروی الکترونیکی یا تلفن همراه کمکی نمی‌کند، پژوهشگران باور دارند این باتری می‌تواند یک ایده موثر برای ذخیره انرژی در مقیاس کوچک، هزینه کم و مکان ثابت باشد.

امکان دارد چنین پیشرفتی، به شهرها اجازه دهد بدون خطر و به سادگی، به بالاترین میزان انرژی‌های تجدیدپذیر حاصل از تلفیق انرژی دست یابند که برای همه خبر خوبی است.

منبع: <https://www.isna.ir/news/96110301781>

ساخت داربستی نوین و بهینه برای مهندسی بافت استخوان

محققان دانشگاه تربیت مدرس موفق به ساخت داربست نوین کلاژن- بتا تری کلسیم فسفات برای مهندسی بافت استخوان شدند که حضور استرانسیم در آن تکثیر سلولی را سریع‌تر و خواص مکانیکی داربست را بهبود می‌بخشد.



محققان دانشگاه تربیت مدرس موفق به ساخت داربست نوین کلاژن- بتا تری کلسیم فسفات برای مهندسی بافت استخوان شدند که حضور استرانسیم در آن تکثیر سلولی را سریع‌تر و خواص مکانیکی داربست را بهبود می‌بخشد.

به گزارش ایسنا، دکتر حمید گودرزی، محقق طرح اظهار کرد: تعداد افراد نیازمند به درمان نقص‌های شدید استخوانی، با پیوند استخوان رو به افزایش است. اما مشکلاتی مانند در دسترس نبودن استخوان در صورت وسیع بودن ضایعه، این روش درمان را با محدودیت

روبرو کرده است. از این رو پژوهشگران، ایده مهندسی بافت استخوان را برای جایگزینی با پیوند استخوان مطرح کردند. دکتر گودرزی با بیان این مقدمه افزود: یکی از عناصر اصلی مهندسی بافت استخوان، داربست است که باید ویژگی‌های مشخصی را دارا باشد. این ویژگی‌ها را، مواد سازنده و همچنین روش مورد استفاده برای تهیه داربست تعیین می‌کند. مطالعات مختلفی درباره تهیه داربست به روش خشک کردن انجمادی با ترکیب کلاژن و سرامیک بتا تری کلسیم فسفات، به دلیل خصوصیات منحصر به فرد این مواد انجام گرفته است.

پژوهشگر دانشگاه تربیت مدرس ادامه داد: نانو ذرات زیست سرامیکی بتا- تری کلسیم فسفات (β -TCP) به عنوان یک جزء مطلوب در ساختار داربست‌های استخوانی پیشنهاد شده است. کلاژن نوع اول، ماده اولیه تشکیل دهنده بافت استخوان است و داربست‌های کلاژنی، خواص زیستی مناسب با درصد تخلخل بالا و ساختار منافذ به هم پیوسته برای تکثیر سلولی دارند. دکتر گودرزی در تشریح طرح پژوهشی خود گفت: در این مطالعه، β -TCP با استرانسیم اکسید (SrO) ترکیب شد. داربست‌های نانوکامپوزیتی کلاژن، کلاژن- β -TCP و کلاژن- β -TCP حاوی استرانسیم با روش خشک کردن انجمادی تهیه شدند. سپس، داربست‌ها با ترکیبات EDC/NHS اتصال عرضی داده شدند. اندازه نانوذرات، با آزمون پراکندگی دینامیک نوری (DLS) بررسی شد. شناسایی فاز و مقدار کلسیم، فسفر، اکسیژن و استرانسیم، با استفاده از آزمون طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس (XRD) و پراش انرژی پرتو ایکس (EDAX) بررسی شدند. همچنین، به منظور تشخیص اجزای مواد سازنده، آزمون طیف نگاری تبدیل فوریه فرسوخ (FT-IR) گرفته شد. ریخت‌شناسی و ساختار شیمیایی داربست‌های تهیه شده، با آزمون‌های SEM و FTIR تایید شد.

وی اضافه کرد: به منظور ارزیابی زیست معدنی‌زایی داربست‌ها، داربست‌ها در تماس با سیال مشابه بدن قرار گرفتند. داربست‌ها پس از ۳ و ۷ روز به منظور بررسی حضور عناصر کلسیم و فسفر بررسی شدند. داربست‌ها همچنین از نظر استحکام مکانیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمون زنده‌مانی سلولی برای ارزیابی تکثیر سلولی با MTT و همچنین ریخت‌شناسی سلول روی داربست، با FE-SEM انجام شد.

محقق طرح ادامه داد: به منظور ارزیابی تمایز استخوانی، فعالیت آلکالین فسفاتاز، به عنوان نشانگر تمایزی اندازه‌گیری شد. داربست کلاژن- β -TCP حاوی استرانسیم نشان داد که ساختار متخلخل با اندازه منافذ مناسب برای رشد بافت و چسبندگی سلولی دارد. نسبت $۱/۶۳$ کلسیم به فسفر، برای داربست کلاژن- β -TCP حاوی استرانسیم در مقایسه با داربست کلاژن- β -TCP پس از ۷ روز مشاهده شد. حضور استرانسیم اکسید، خواص مکانیکی داربست را بهبود بخشید. همچنین، حضور اکسید استرانسیم، مادل یانگ و استحکام فشاری داربست کلاژن β -TCP را $۶/۴۴$ و $۳/۷۱$ برابر افزایش داد.

دکتر گودرزی در پایان تصریح کرد: مطالعات برون‌تنی سلولی نشان داد که حضور استرانسیم در داربست کلاژن β -TCP تکثیر

سلولی را سریع‌تر می‌کند. فعالیت آلکالین فسفاتاز در نمونه حاوی استرانسیم در روز ۱۴ به طور قابل توجهی افزایش یافت. به طور خلاصه تایید شد که مشارکت استرانسیم در ساختار β -TCP می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای کاربردهای مهندسی بافت استخوان باشد.

بر اساس اعلام روابط عمومی دانشگاه تربیت مدرس، این پژوهش در قالب رساله دکتری تخصصی حمید گودرزی در رشته مهندسی بیوتکنولوژی با راهنمایی دکتر سمیره هاشمی نجف‌آبادی، عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه انجام شده است.

منبع: <https://www.isna.ir/news/9>

صادرات شیشه نانویی ایران به ۴ قاره / تولید آینه‌های نانوکرومی برای کشتی‌ها و ماشین‌آلات سنگین

محققان کشور موفق به صادرات آینه‌ها و شیشه‌های مبتنی بر نانو فناوری به ۳۵ کشور شدند که به گفته آنها این محصولات دارای یک لایه نانومتری با قابلیت کنترل گرما و سرما و ضریب انتقال حرارت پایین است.



به گزارش ایسنا، علیرضا قربانی از محققان این طرح با بیان اینکه فعالیت در این زمینه را از سال ۱۳۶۳ آغاز کردیم، اظهار کرد: تاکنون موفق به تولید محصولات نانویی شدیم که به ۳۵ کشور در قاره‌های آسیا، اروپا، آفریقا و آمریکا صادر می‌شود. به گفته وی کشورهای ایتالیا، آلمان، سوئد، کرواسی، لهستان، یونان، اسپانیا، امارات، آذربایجان، آفریقای جنوبی، تانزانیا، برزیل و کانادا از جمله مقاصد صادراتی محصولات این شرکت فناور هستند.

قربانی یکی از جدیدترین محصولات این واحد تحقیقاتی را شیشه‌های Eco Star دانست و ادامه داد: مهمترین ویژگی این شیشه‌ها علاوه بر ظاهر و رنگ زیبا، بازده مناسب آنها از نظر بهینه‌سازی مصرف انرژی در تمام فصول سال است. وی در این باره توضیح داد: در این محصول علاوه بر نانولایه‌های فلزات مختلف، از لایه نقره نیز جهت کنترل گرما و انرژی استفاده شده و همین عامل کارایی این شیشه‌ها را نسبت به شیشه‌های رفلکس معمولی ارتقا داده است. این شیشه‌ها علاوه بر دارا بودن تمام ویژگی‌های شیشه‌های رفلکس، از خاصیت کنترل‌کننده انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان نیز برخوردار هستند. این محقق اظهار کرد: با پوشش دادن لایه‌های نانومتری فلزی و اکسید فلزی بر روی شیشه، شیشه‌هایی تولید می‌شوند که تا حد زیادی کاستی‌های شیشه‌های معمولی به‌ویژه اتلاف و جذب انرژی حرارتی را برطرف می‌کنند.

قربانی خاطر نشان کرد: این محصولات که به شیشه‌های LOW-E موسوم هستند، با لایه‌نشانی لایه‌های نانومتری فلزی و سرامیکی توسط روش پوشش‌دهی کندوپاش تولید می‌شوند. این پوشش‌ها که ضخامت متوسط ۳۰ نانومتر دارند، اجازه عبور بخش مرئی طیف نور خورشید را می‌دهند، اما طیف مادون قرمز (طیف حرارتی) و ماوراء بنفش (طیف مضر) را منعکس و پایش می‌کنند.

وی با بیان اینکه با به‌کارگیری ذرات نانومتری ترکیبات کروم، آلومینیوم و نقره موفق به تولید آینه‌هایی با کارایی بهتر و کیفیت بالاتر شدیم، یادآور شد: آینه‌های نانوکرومی ساخت این شرکت مقاومت مکانیکی بسیار بالا و در کاربردهای خاص مانند کشتی‌ها و ماشین‌آلات سنگین دارد، ضمن آنکه آینه‌های نانوذرات آلومینیوم در محیط‌های خشک و گرم و آینه‌های با نانوذرات نقره در منازل، باشگاه‌ها و مغازه‌ها و دکوراسیون لوکس مانند آینه کاری، معماری، پتینه کاری و تزئینات ساختمان کاربرد فراوان دارند. این محقق با بیان اینکه آینه‌های آلومینیومی از اعمال یک روکش نانومتری آلومینیومی بر روی سطح شیشه تولید می‌شوند، افزود: این نوع آینه‌ها از قیمت پایین‌تری نسبت به آینه‌های با روکش نقره برخوردار هستند و برای کاربردهایی که حساسیت کاربری کمتری دارد، قابل استفاده خواهد بود.

منبع: <https://www.isna.ir/news/96103016030>

عکس / نقاشی با کاشی‌های شکسته روی دیوارهای تهران
 برخی فضاهای شهری تهران با کاشی‌های شکسته تزئین شده است.

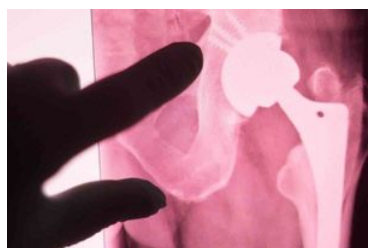


هنر کاشی شکسته در تزیین برخی فضاهای شهری تهران نظر رسانه های خارجی را نیز به خود جلب کرده است. به گزارش «انتخاب»؛ برای ساخت چنین طرح‌های موزائیکی از خرده‌های کاشی و سرامیک استفاده می‌شود. به این هنر نقاشی موزائیکی، کاشی شکسته، معرق با موزائیک یا موزائیک شکسته می‌گویند. برای ساخت چنین طرح‌های موزائیکی از خرده‌های کاشی و سرامیک استفاده می‌شود.

منبع: <http://www.entekhab.ir/fa/news/387101/>

فناوری چاپ سه‌بعدی به کمک درمان شکستگی می‌آید.

محققان دانشگاه سیدنی با استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی و بدون استفاده از هرگونه قطعات فلزی موفق شدند تا شکستگی‌های بزرگ پا را با استفاده از ایمپلنت‌های سرامیکی چاپ سه‌بعدی قابل تبدیل به استخوان درمان کنند.



به گزارش مشرق، نتایج آزمایش استقامت ایمپلنت سرامیکی جدید نشان می‌دهد که ساختار سرامیکی ایمپلنت مشابه استخوان طبیعی است و مهمترین قابلیت آن توانایی تبدیل به بافت استخوان پس از پایان دوره درمان است. محققان به منظور آزمایش مقاومت عملکرد ایمپلنت جدید شکستگی‌های بزرگ در اندام‌های حرکتی هشت گوسفند را از طریق جراحی شکستگی استخوان و با استفاده از ایمپلنت‌های سرامیکی چاپ شده با چاپگر سه‌بعدی درمان کردند.

محققان پس از ثابت نگه داشتن محل شکستگی با قالب گچی دریافتند که بعد از چهار هفته شکستگی تا ۲۵ درصد کاملاً درمان شده و بعد از سه ماه روند بهبودی کامل استخوان به ۸۵ درصد رسیده است. نتایج بررسی اشعه ایکس از فرآیند ترمیم استخوان‌های شکسته نشان داد که سرامیک مورد استفاده در ایمپلنت جدید پس از گذشت فرایند درمان به استخوان تبدیل می‌شود.

منبع: <https://www.mashreghnews.ir/news/813862/>

قابلیت خاک‌های صنعتی فردوس برای ساخت کاشی و سرامیک

فرماندار فردوس گفت: خاک‌های صنعتی فردوس از قابلیت بالایی برای ساخت کاشی و سرامیک برخوردار است.



«مهدی ابراهیمی» در گفت‌وگو با خبرنگار ایسنا، اظهار کرد: کشاورزی امروزه پاسخگوی نیازهای اقتصادی جامعه نیست. وی افزود: در گذشته کشاورزی حرف اول اقتصاد مردم این منطقه بود، اما امروزه با کمبود آب و خشکسالی‌های چندساله با توجه ویژه به دو حوزه صنعت و گردشگری می‌توان گام موثری در راستای اشتغال جوانان برداشت.

فرماندار فردوس تصریح کرد: خاک‌های صنعتی فردوس از قابلیت زیادی برای ساخت کاشی و سرامیک برخوردار است و ۴۰ درصد خاک فردوس که شامل بنتونیت و کائولن است برای کاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

منبع: <https://www.isna.ir/news/96111609223/>

نخستین مسابقه ملی «طراحی بدنه استاندارد کاشی و سرامیک» در میبد برگزار می‌شود.

به همت دفتر ارتباط با صنعت و جامعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد اولین دوره مسابقه ملی «طراحی بدنه استاندارد کاشی و سرامیک» ۷ اسفندماه در این دانشگاه برگزار می‌شود.

به گزارش یزدرسا به نقل از میبد خبر، معاون پژوهشی دانشگاه آزاد میبد با اعلام این خبر افزود: این مسابقات برای اولین بار در کشور طراحی شده و هدف از برگزاری، ارتقاء سطحی کیفی محصولات تولیدی اولین محصول استراتژیک استان یزد می‌باشد.

مسابقه ملی طراحی بدنه استاندارد کاشی و سرامیک
National ceramic and tile standard body design contest

اهداف برگزاری:

کامی در جهت ارتقاء کیفیت محصولات تولیدی کارخانجات کاشی و سرامیک
شناسایی استعداد های برتر
سازمان سازی جهت تقویت R&D واحد های تولیدی
شناسایی و معرفی شرکت های دانش بنیان در حوزه صنعت کاشی و سرامیک
فرآوری اصولی مواد اولیه صنعت کاشی و سرامیک

آخرین مهلت ثبت نام: ۱۳۹۶/۱۱/۱
آخرین مهلت ارسال نمونه ها: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰
زمان برگزاری: ۱۳۹۶/۱۲/۷

شرایط شرکت در مسابقه:

حضور در این مسابقه برای دانشجویان و مراکز پژوهشی و صنعتی بلامانع است.
مسابقه در دو بخش صنعت و دانشگاه برگزار میگردد.
هر دانشگاه میتواند حداکثر با ۲ تیم در مسابقه شرکت کند.
مراکز صنعتی و پژوهش میتواند با یک تیم در مسابقه شرکت کنند.
هر تیم باید حداکثر متشکل از ۳ نفر باشد (حضور افراد به صورت انفرادی بلامانع است)

ترتیب مسابقه:

اندازه گیری وزن و ضخامت قطعه (در صورت عدم رعایت از دور مسابقه حذف می شود)
نحوه محاسبه امتیاز هر مرحله میانگین اعداد محاسبه شده ۳ قطعه می باشد
تعیین مقاومت خشکی قطعه
تعیین میزان سفیدی بدنه
تعیین مقاومت پخت قطعه
تعیین پرت فرمول
تعیین جذب آب

در انتها معدل تیم ها محاسبه و براساس آن رتبه بندی صورت می گیرد
به قطعاتی که از نظر هیئت داوران قابلیت تولید صنعتی داشته باشد بطور جداگانه امتیاز تعلق می گیرد

محل برگزاری: دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد

نشانی: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۰۱، تهران، تهران
http://conf.maybodiau.ac.ir

تلفن دبیرخانه: ۰۳۵-۳۳۳۷۰۹۵۵
۰۹۱۳۲۵۶۷۰۹۶

کد پستی: ۸۹۶۵۱۵۱۵۶۷ Email: ceriran@maybodiau.ac.ir

نشانی: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۰۱، تهران، تهران
کد پستی: ۸۹۶۵۱۵۱۵۶۷ Email: ceriran@maybodiau.ac.ir

نشانی: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۰۱، تهران، تهران
کد پستی: ۸۹۶۵۱۵۱۵۶۷ Email: ceriran@maybodiau.ac.ir

دکتر غلامرضا زارعی محمودآبادی گفت: میبد به عنوان اصلی ترین قطب تولید کاشی و سرامیک و خواستگاه این صنعت و دانشگاه آزاد نیز که از باسابقه ترین و مجهزترین دانشگاه های کشور در این رشته در تکمیل رسالت خود که همانا برقراری ارتباط صنعت و دانشگاه است اقدام به برگزاری این مسابقات آن هم در سطح خواهد کرد.

وی در ادامه بیان داشت: در این زمینه مجوزهای لازم از سازمان مرکزی دانشگاه و سایر مراجع اخذ شده و در حال حاضر دانشجویان، اساتید، فارغ التحصیلان و همچنین واحدهای تولیدی می‌توانند با مراجعه به سایت <http://conf.maybodiau.ac.ir> ضمن آشنایی با قوانین و مقررات نسبت به ثبت نام اقدام کنند.

زارعی خاطر نشان کرد: بدلیل اینکه در برگزاری این مسابقات بایستی تیم‌ها تمام نمونه‌ها خود را آماده و جهت آزمایش به دبیرخانه این مسابقه در دانشگاه ارسال نمایند که این خود زمان بر است لذا آخرین مهلت ثبت نام اول بهمن ماه و آخرین مهلت ارسال نمونه‌ها ۱۰ بهمن ماه تعیین شده است.

معاون پژوهشی دانشگاه در پایان گفت: امیدواریم این مسابقات بتواند نقشی موثر در ارتقاء تولیدات کاشی و سرامیک داشته باشد و در این راه دست صاحبان این صنعت را به گرمی می‌فشاریم.

منبع: <http://yazdrasa.ir/cs/article/32678264>

اخبار علمی

سیمان الهام گرفته از خارپشت دریایی (sea urchin-inspired cement) می‌تواند مقاومت بتن در برابر شکست را افزایش دهد.

ساختارهایی که از آجر و ملات شکل می‌گیرند ترکیبی از استحکام و انعطاف‌پذیری را ارائه می‌کنند. در طبیعت نیز چنین ساختارهایی را می‌توان یافت. به طور مثال در طبیعت صدف‌های مروارید دارای چنین ساختاری است. در ساختار این صدف‌ها از آجرهایی در اندازه نانو و از جنس آرگونیت استفاده شده است. لازم به ذکر است که هدف از این ساختار جلوگیری از ایجاد ترک نیست بلکه هدف جلوگیری از رشد ترک است. به طور مثال در ساختارهای آجر و ملات آجرها به دلیل ماهیت ترد خود قابلیت ترک خوردن را دارند ولی ترک هنگامی که به ملات می‌رسد به دلیل نرم‌تر بودن ملات نمی‌تواند به رشد خود ادامه دهد و یا اینکه تغییر جهت می‌دهد و در نتیجه ساختار پایدار می‌ماند. خارپشت‌های دریایی از استراتژی مشابهی برای ستون فقرات خود استفاده می‌کنند. آنها در واقع بلوک‌های کلسیتی کریستالی را با کربنات کلسیم آمرف به صورت آجر و ملات ترکیب می‌کنند. در گذشته چنین ساختارهایی برای استحکام بخشی شیشه و سرامیک استفاده شده است اما آیا این روش را می‌توان برای سیمان نیز استفاده کرد. پژوهشگران در دانشگاه کنستانز آلمان نشان داده‌اند که می‌توان با تولید ساختاری مشابه آجر و ملات در حد سائز نانو استحکام سیمان را افزایش داد. برای این منظور پژوهشگران نوعی بایندر پلیمری را به سیمان اضافه کرده‌اند تا از واکنش بین ذرات نانویی سیمان جلوگیری کند. در ظاهر به نظر می‌رسد که این امر باعث ضعیف‌تر شدن سیمان شود؛ ولی در واقع این امر به دانشمندان اجازه می‌دهد تا ساختار نانویی منظمی را در مخلوط سیمان ایجاد کنند. اگر از واکنش بین ذرات نانویی سیمان جلوگیری نشود؛ این نانو نانو ذرات به یکدیگر می‌چسبند و مخلوطی آمورف را به وجود می‌آورند. بایندرهای پلیمری که به مخلوط اضافه می‌شوند از واکنش ذرات مشخصی از سیمان جلوگیری می‌کنند و موجب می‌شوند که ساختار منظم‌تری ایجاد شود. پژوهشگران در مقاله‌ی خود بیان داشته‌اند که سیمان به دست آمده ۴۰ تا ۱۰۰ برابر از بتن در مقابل شکست مقاوم‌تر است. اگر ستونی از این سیمان ساخته شود می‌تواند تا ۸۰۰۰ متر ارتفاع داشته باشد و این ده برابر از بلندترین ساختمان جهان بلندتر است البته شاید بیشتر از این‌را نتوان ساخت چون ستون در اثر وزن خود خراب می‌شود. به عنوان مقایسه اگر بخواهیم ستونی از فولادی با استحکام ۲۵۰ مگاپاسگال بسازیم ارتفاع آن می‌تواند فقط به ۳۰۰۰ متر برسد. دانشمندان برای تست این فرمولاسیون سیمانی، با استفاده از آسیاب‌های یونی، ستونی به اندازه‌ی ۳ میکرومتر ساختند و آن را آزمایش کردند تا ببینند که این ستون چگونه بعد از آزمایش به حالت قبلی خود برمی‌گردد. آنها یافتند که حداقل در سائز نانو، ستون به جای این‌که بشکند به خوبی به حالت اولیه‌ی خود برگشت. دانشمندان تغییر الاستیکی برابر ۲۰۰ مگا پاسکال را گزارش کرده‌اند و این در مقایسه با بتن استاندارد که تغییراتی برابر با ۲ تا ۵ مگا پاسگال را نشان می‌دهد بسیار بالاست. البته نیاز به آزمایش‌های بیشتری است تا بتوان این نتایج آزمایش در حد نانو را به اندازه‌های بزرگ‌تر تعمیم داد. بنابراین دانشمندان با الهام‌گیری از طبیعت زنده توانستند به ساختارهای بسیار مستحکم دست یابند. برای مطالعه‌ی اصل مقاله‌ی ارائه شده از کد زیر استفاده نمایید: DOI:10.1126/sciadv.1701216

منبع: <https://t.me/lrCeC>

توسعه کاربرد کامپوزیت‌های پایه سرامیکی CMC در صنایع هوا فضا

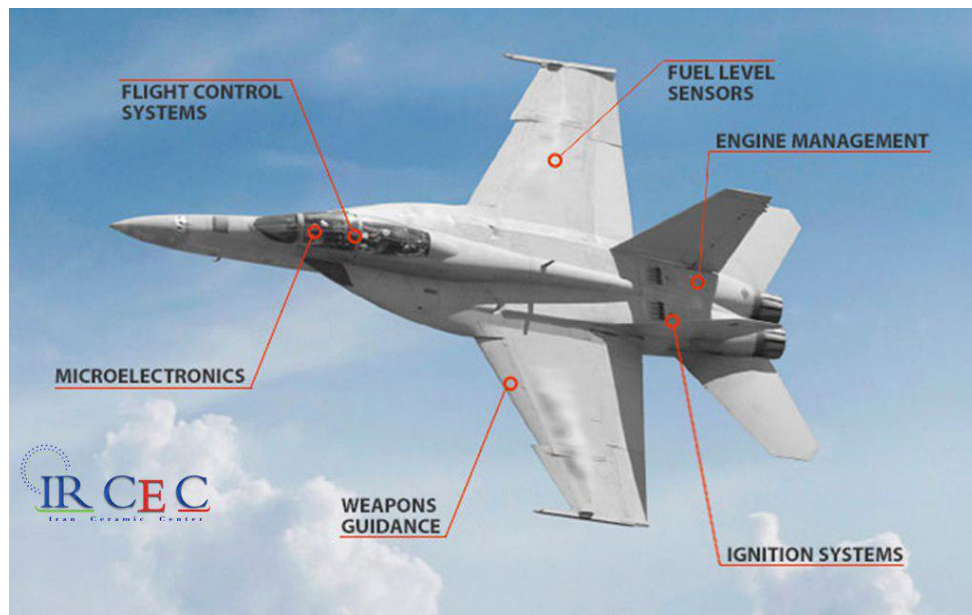
هدف از تولید این محصولات کاهش وزن، بهبود پایداری و صرفه‌جویی چشمگیر در سوخت توربین‌هاست. در ساخت کامپوزیت‌های سرامیکی از انواع ذرات با الیاف سرامیکی استفاده می‌شود. مخلوط شکل داده شده و در صورت لزوم بمنظور افزایش تراکم محصول مجدداً عملیات تزریق چند باره تحت فشار انواع ترکیبات حاوی کربن انجام می‌شود. محصول شکل داده شده عملیات حرارتی شده تا با انجام واکنش‌های در جا مانند واکنش سیلیکون و کربن بمنظور تشکیل کاربرد سلیسیم استحکام نهایی تامین شود.

کامپوزیت‌های پیشرفته پایه سرامیکی CMC در سالهای اخیر توسعه روز افزونی داشته و در صنایع مختلف بکار گرفته شده‌اند.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

کاربرد شیشه سرامیک‌ها برای صنعت حمل و نقل هوایی

امروزه مواد پیشرفته شیشه‌ای در نقاط مختلف صنعت هواپیما نقش مهمی ایفا میکنند. مواد پیشرفته شیشه‌ای و مواد نسوز به سرعت توسعه می‌یابند تا در شرایط سخت، با قابلیت اطمینان و دقت بالا کار کنند. اجزای مهم هواپیما مانند ترمز، فلپ، اجزاء سوخت و سنسورهای هیدرولیکی از مواد شیشه‌ای بهره می‌گیرند. به همین دلیل است که برخی شرکت‌های شاخص مواد پیشرفته به عنوان یک رهبر در صنعت کاربرد شیشه سرامیک در نظر گرفته شده‌اند و تکنولوژی پوشش شیشه‌ای در سراسر صنعت حمل و نقل هوایی فناوری برجسته محسوب می‌شود.



مواد پیشرفته شیشه‌ای در انواع هواپیماهای بکار گرفته شده‌اند. این مواد از جمله در کاندیداهای کاملاً کاربردی مانند پنجره‌ها، لنزها و سنسورها اطمینان بسیاری را جلب کرده‌اند. سنسورها و ابزارهای پیشرفته بر پایه شیشه و مواد کامپوزیتی شیشه سرامیکی هستند. این نوع خازن از مواد شیشه‌ای مقاوم در برابر سایش، سبک وزن و مقاوم در برابر حرارت هستند، بنابراین آنها می‌توانند در تعدادی از مواد کاربرد در ارتفاع بالا گنجانیده شوند. اجزای شیشه سرامیکی برای دریچه‌های دید و با مقاومت عالی در برابر سایش در هواپیماهای تجاری مانند Boeing 777 و هواپیماهای نظامی به کار رفته‌اند.

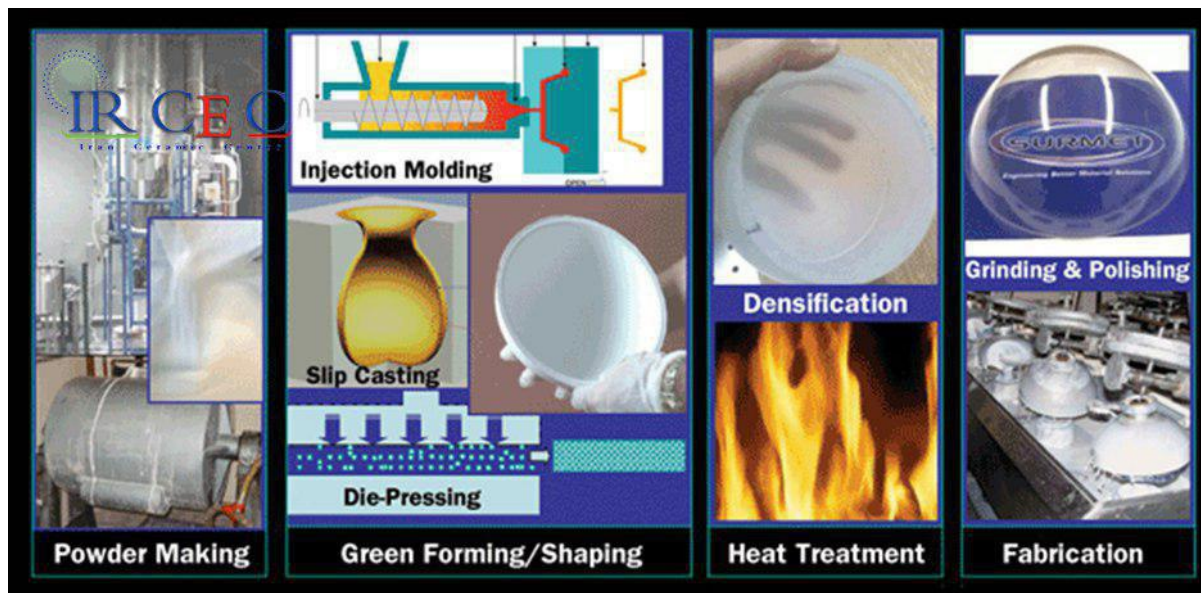
همچنین در ابزار دقیق هواپیما نیاز به مواد پیشرفته شیشه‌ای است که قابلیت اطمینان و دقت را ارائه می‌دهند. این مواد و پوشش‌های شیشه‌ای در چند پانل‌های کابین خلبان، از جمله سرعت سنج، دماسنج و ارتفاع سنج‌ها بکار می‌روند. علاوه بر این، سازه‌های شیشه‌ای بایستی استانداردهای بالایی کنترل کیفیت را تأمین کنند تا اطمینان حاصل شود که آنها در برابر آب، رطوبت و گاز، آب بندی کاملی دارند. این فناوری سال‌هاست که تجربه کار در صنعت هوایی را پشت سر گذاشتند و تضمین می‌کند که قطعات هواپیمایی ما ایمن، قابل اعتماد و دقیق هستند.

قدمت تولید شیشه پیشرفته به بیش از ۷۰ سال می‌رسد. پوشش‌ها و مواد شیشه‌ای و مواد دیرگداز مستحکم برای عملکرد در شرایط سخت و با قابلیت اطمینان عالی طراحی شده است امروزه سرامیک‌های پیشرفته با کاربرد ویژه در بسیاری از هواپیماهای Combat Strike Fighter و C-17، F-22، F-18 بکار گرفته شده‌اند.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

سخت‌ترین سرامیک‌های شفاف پای کریستال

سخت‌ترین سرامیک شفاف پلی کریستالی AION یا آلومینیوم اکسی نیتريد است که یکی از انواع شگفت‌انگیز و منحصر بفرد گروه سرامیک-های شفاف است. این محصول یک سرامیک پلی کریستال (ساخته شده از پودر) با ساختار کریستالی مکعبی است که گاه به آن آلومینیوم شفاف یا آلون گفته می‌شود. این محصول سرامیکی بطور گسترده‌ای در صنایع استراتژیک و دفاعی کاربرد دارد.



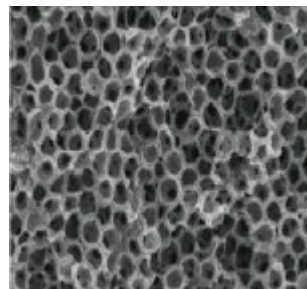
ایالات متحده پیشرفته‌های جدیدی را در زمینه تولید آلومینیوم شفاف اعلام کرده است. ماده پیشرفته‌ای که پیش‌بینی می‌شود در قرن ۲۳ به عنوان سرامیک ساختمانی بکار گرفته شود.

لوله‌ها و پنجره‌های شفاف، میله‌ها و صفحات شفاف می‌توانند از روش‌های متداول سرامیکی و با استفاده از پودر ساخته شوند. روش‌های ساخت این ماده در حال توسعه است و هزینه ساخت آن معادل ساخت سفایر سنتزی است. AION دارای استحکام خارق العاده‌ای است و می‌تواند بعنوان شیشه ضد گلوله بکار رود که می‌تواند یک گلوله کالیبر ۵۰ با سرعت ۸۲۳ متر در ثانیه را متوقف کند. این زره سرامیکی می‌تواند ضخامتی معادل نصف شیشه‌های ضد گلوله با همان کارایی را داشته باشد. در این کاربرد بصورت ورقه‌های شیشه‌ای بهمراه مواد پلیمری ساخته می‌شود.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

تأثیر ابعاد نانوذرات در خاصیت نهایی نانوکامپوزیت

محققان نشان دادند که می‌توان با افزایش ابعاد نانوذرات می‌توان استحکام و انعطاف‌پذیری محصول نهایی یک کامپوزیت متخلخل را افزایش داد.



محققان دانشگاه رایس موفق به سنتز نانوذرات متخلخل کروی از جنس سیلیکات و کلسیم شدند که به صورت فیلم نازک و پلاکت در می‌آید؛ این نانوذرات در معرض فشار سفت می‌شوند. یافته‌های این گروه نشان داد که در صورت افزایش ابعاد ذرات به ۵۰۰ نانومتر، ساختار محصول نهایی صلب‌تر شده و زمانی که تحت فشار قرار می‌گیرد، احتمال ترک خوردن آن کاهش می‌یابد. این ساختار متخلخل بوده و می‌توان از آن به عنوان واحد سازنده برای تولید مواد خودترمیم شونده، رهاساز دارو، عایق، مواد ساختمانی و سرامیک استفاده کرد.

روزبه شهسواری و همکارانش ذرات متخلخلی بین ۱۵۰ تا ۵۵۰ نانومتر ساختند که حفره‌های موجود روی آن در حدود پهنای یک رشته DNA است.

این گروه در ادامه، ذرات را به هم متصل کرده و ورق‌ها و پلاکت‌های میکرومقیاس تولید کردند. نتایج یافته‌های آن‌ها نشان داد که ذرات بزرگتر، ۱۲۰ درصد مستحکم‌تر از ذرات ریز هستند؛ این آزمایش ۹۰۰ بار تکرار شد. روزبه شهسواری از محققان این پروژه می‌گوید که شواهد بسیاری جمع‌آوری شده که نشان می‌دهد افزایش ابعاد ذرات از ۳۰۰ به ۵۰۰ نانومتر موجب تغییر خاصیت محصول از حالت شکننده به انعطاف‌پذیر می‌شود. نکته جالب توجه این است که اندازه حفره‌ها در هر دو حال معمولاً بین ۲ تا ۴ نانومتر ثابت است. نتایج این پروژه برای مهندسان و کسانی که روی نانوذرات به‌عنوان واحدهای سازنده مواد بزرگتر کار می‌کنند، اهمیت زیادی دارد. شهسواری می‌گوید: «زمانی که با واحدهای سازنده متخلخل سر و کار داریم، رابطه میان ابعاد ذرات، تخلخل و خواص مکانیکی اهمیت زیادی پیدا می‌کند. در این پروژه، ما دریافتیم که می‌توان با افزایش ابعاد ذرات، از حالت شکننده به حالت انعطاف‌پذیر رسید؛ در حالی که اندازه حفره‌ها تغییر نکرده است. این نتایج نشان می‌دهند که ابعاد ذرات کلسیم - سیلیکات در مقیاس‌های بزرگتر و نزدیک به یک میکرون منجر به افزایش استحکام و انعطاف‌پذیری می‌شود و این ویژگی در نهایت دوام محصول نهایی را افزایش می‌دهد».

نتایج این پروژه در نشریه Applied Materials and Interfaces منتشر شده است

منبع: www.nano.ir

سنتر آزمایشگاهی نانوپوشش‌های گالوانیزه با خاصیت ترمیم‌شوندگی

محققان دانشگاه صنعتی سهند تبریز با وارد کردن نانوذرات به درون پوشش‌های گالوانیزه، علاوه بر بهبود خواص ضد خوردگی آن‌ها، خاصیت خودترمیم‌شوندگی را نیز به خواص این پوشش‌ها اضافه کردند. پوشش‌های گالوانیزه یکی از پرکاربردترین روش‌های جلوگیری از خوردگی محسوب می‌شود.



مسئله خوردگی و خسارات ناشی از آن سالانه هزینه‌های هنگفتی را به صنایع مختلف تحمیل می‌نماید. استفاده از پوشش‌های سطحی از جمله پوشش‌های گالوانیزه یکی از روش‌های پرکاربرد جلوگیری از خوردگی در سازه‌های فولادی به شمار می‌رود. این نوع پوشش‌ها علی‌رغم مزایای فراوان، عیوبی هم دارند که فناوری نانو توانسته تا حدود زیادی این عیوب را پوشش دهد.

دکتر فرزاد نصیرپوری از خواص مکانیکی ضعیف پوشش‌های گالوانیزه به‌عنوان یکی از عیوب اصلی این دسته از پوشش‌ها یاد کرد و افزود: «پوشش‌های الکتریکی گالوانیزه از طریق

مکانیسم حفاظت کاتدی، قطعات فولادی را حفاظت می‌کنند، اما طول عمر حفاظت و مشخصه‌های مکانیکی آن‌ها در عمل نسبتاً ضعیف است. یکی از روش‌های بهبود خواص آن‌ها، بالا بردن سختی و کاهش سرعت خوردگی آن‌ها از طریق هم‌نشانی فلز روی با نانوذرات سرامیکی است. در این پژوهش از نانوذرات سیلیکا برای نیل به این هدف استفاده شده است».

وی ادامه داد: «بر روی نانوذرات به‌کاررفته در این پژوهش اصلاح سطحی صورت گرفته است که این موضوع موجب شده تا پوشش نهایی یک پوشش هوشمند و خودترمیم‌شونده باشد».

نصیرپوری در خصوص سازوکار عملکرد نانوذرات در افزایش کارایی پوشش گفت: «نانوذرات اکسید سیلیسیوم پایداری قابل توجهی در محلول‌های مختلف از خود بروز می‌دهند. به همین دلیل در این پژوهش از این نانوذرات استفاده شده است. ساختار این نانوذرات به‌صورت متخلخل است و قبل از اعمال به درون پوشش، توسط بازدارنده خوردگی مولبیداتی عامل دار شده‌اند. این موضوع سبب می‌شود، در هنگام سرویس‌دهی، وقتی این پوشش دچار خراش می‌شود، بازدارنده خوردگی آزاد شده و زیرلایه و خود پوشش را حفاظت نماید».

در طرح حاضر از به‌منظور پوشش‌دهی از روش آبکاری الکتریکی استفاده شده است. هم‌زمان نانوذرات اصلاح‌شده نیز بر روی سطح زیرلایه هم‌نشانی شده. در ادامه نیز پوشش اعمال‌شده مشخصه یابی شده و خواص آن با استفاده از روش‌های الکتروشیمیایی نظیر امپدانس الکتروشیمیایی و پولاریزاسیون تافل مورد ارزیابی قرار گرفته است.

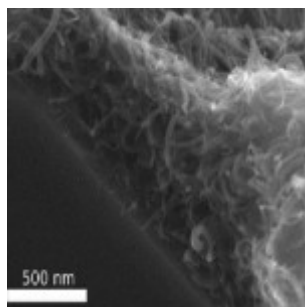
نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های خوردگی حاکی از آن است که سرعت خوردگی پوشش اعمال‌شده ۱/۲۵ میل بر سال است که این مقدار در حدود یک‌دهم پوشش‌های مشابه است.

کتایون علی پور - فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد و دکتر فرزاد نصیر پوری - عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی سهند تبریز در انجام این طرح همکاری داشته‌اند. نتایج این کار در مجله‌ی RSC Advances با ضریب تأثیر ۳/۱۰۸ (جلد ۷، سال ۲۰۱۷، صفحات ۵۱۸۷۹ تا ۵۱۸۸۷) منتشر شده است.

منبع: www.nano.ir

روشی برای تولید نانوکامپوزیت با استفاده از نانولوله‌های کربنی

محققان آلمانی روشی ارائه کردند که با استفاده از آن می‌توان شبکه‌ای از نانولوله‌های کربنی ایجاد کرد؛ بدون این که ساختار آن‌ها دستخوش تغییر شود. با تزریق ماده‌ای نظیر پلیمر، در میان این شبکه می‌توان نانوکامپوزیت با خواص منحصر به فرد تولید کرد.



نانولوله‌های کربنی دارای خواص منحصر به فردی هستند، اما ترکیب آن‌ها با مواد دیگر با سختی انجام می‌شود؛ زیرا این کار منجر به از دست رفتن برخی از ویژگی‌های نانولوله‌ها می‌شود. محققان روشی ارائه کردند که با استفاده از آن می‌توان نانولوله‌های کربنی را با دیگر مواد ترکیب کرد؛ بدون این که خواص مفید نانولوله‌ها دستخوش تغییر شود. این گروه نانولوله‌ها را همانند نخ در هم تنیده و در نهایت شبکه سه بعدی و پایدار از آن‌ها ایجاد کردند.

راینر ادلونگ از مدیران کارگروه نانومواد کاربردی می‌گوید: «هر چند نانولوله‌های کربنی از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار هستند، اما این رشته‌ها نسبت به تغییر بسیار حساس‌اند. پیش از این ما تلاش کرده بودیم تا آن‌ها را به دیگر مواد به‌صورت شیمیایی متصل کنیم، اما این کار منجر به از دست رفتن برخی خواص مفید نانولوله‌ها شد».

در این پروژه محققان از راهبرد مبتنی بر فرآیند فیلتراسیون شیمیایی مرطوب استفاده کردند. نانولوله‌های کربنی با آب ترکیب شده و درون ماده سرامیکی متخلخل از جنس اکسید روی تزریق می‌شوند. این ماده متخلخل همانند اسفنج، سیال را جذب می‌کند و نانولوله‌های کربنی به سطح داربست متصل می‌شوند و در نهایت به‌صورت خودبه‌خودی تشکیل لایه‌ای پایدار را می‌دهد. این داربست سرامیکی با نانولوله‌های کربنی پوشش داده می‌شود. این لایه نانولوله‌ای می‌تواند نقش ضربه‌گیر را ایفا کند، به طوری که فشار وارد شده به جاذب را دفع کند.

این ساختار شبیه به خانه‌هایی است که با طناب و نی ساخته شده‌است که در عین سادگی از استحکام بالایی برخوردار است. این گروه در گام بعدی اقدام به حل کردن زیرلایه با روش اچ شیمیایی کردن تا با این کار تنها شبکه سه بعدی از نانولوله‌های کربنی باقی بماند. حالا می‌توان از فضاهای خالی میان نانولوله‌ها در این شبکه استفاده کرد. برای مثال، می‌توان در آن پلیمر تزریق نمود و بدون این که ساختار نانولوله‌های کربنی دستخوش تغییر شود، کامپوزیت پلیمر/نانولوله ایجاد نمود.

نتایج این کار محققان دانشگاه کیل و دانشگاه ترنتو در قالب مقاله‌ای با عنوان Hierarchical self-entangled carbon nanotube tube networks در نشریه nature communications چاپ رسیده است.

منبع: www.nano.ir

ساخت اولین کارخانه تصفیه پساب مبتنی بر فناوری نانو در پرو



شرکت اینل (Enel) در پرو اولین کارخانه تصفیه پساب مبتنی بر فناوری نانو را می‌سازد. این کارخانه بدون تولید گاز دی‌اکسید کربن، تنها از باد برای تأمین انرژی مورد نیاز خود استفاده می‌کند.

اینل اولین کارخانه تصفیه پساب مبتنی بر فناوری نانو در آمریکای لاتین را راه‌اندازی کرد. با استفاده از این کارخانه، اینل می‌تواند ۳۵۰ متر مکعب آب را تصفیه کرده و مجدداً از آن استفاده کند که این کار منجر به کاهش انتشار ۱,۶۴ تن گاز دی‌اکسید کربن می‌شود. اینل یکی از شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر در پرو است که اخیراً اقدام به ساخت کارخانه تصفیه پساب در منطقه ایکا در پرو کرده است.

اوبرتو ماگرینی از مدیران بخش انرژی سبز این شرکت می‌گوید: «این کارخانه از فناوری بسیار خلاقانه‌ای برخوردار است که برای اولین بار در مزرعه بادی وایرا نصب شده است. این کارخانه با تصفیه آب می‌تواند اثرات زیست‌محیطی مثبتی در این منطقه داشته و روی اقتصاد منطقه نیز تأثیرگذار باشد.»

در این کارخانه برای تصفیه پساب از یک سری غشای سرامیکی مبتنی بر فناوری نانو استفاده شده که روش ساخت آنها به صورت پتنتی به ثبت رسیده است. در این غشاءها از باکتری‌ها برای تصفیه آب به شکل طبیعی استفاده می‌شود. در نیمه اول سال ۲۰۱۸ ساخت این کارخانه به اتمام می‌رسد و بعد از تکمیل آن امکان تصفیه ۳۵۰ متر مکعب آب فراهم می‌شود؛ در نهایت با این کار میزان مصرف آب کاهش می‌یابد. این کارخانه نیاز به استفاده از ماشین‌ها را برای زدایش لجن کم می‌کند که این کار در ادامه منجر به کاهش تولید گاز گلخانه‌ای می‌شود.

در این کارخانه از ادواتی استفاده می‌شود که گاز دی‌اکسیدکربن تولید نکرده و به جای آن از ۴ ژنراتور ۴ کیلوواتی با باتری‌های ۲ کیلوولتی استفاده می‌شود. این کارخانه به‌گونه‌ای طراحی شده که می‌توان آن را حمل کرد و در محل جدید از آن استفاده نمود. این کارخانه بزرگترین پروژه بادی است که در پرو ساخته می‌شود. ظرفیت تولید برق در این کارخانه ۶۰۰ گیگاوات ساعت بوده که عاری از دی‌اکسید کربن است. هزینه ساخت این کارخانه تقریباً ۱۶۵ میلیون دلار آمریکاست.

منبع: www.nano.ir



دکتر سعید باغشاهی،
نویسنده‌ی مسئول مقاله،
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد
علوم و تحقیقات

تأثیر فسفات کلسیم در ساخت پیش شکل سیلیسیم کاربید به روش ریخته‌گری ژلی

فهیمة اصغری^۱، سعید باغشاهی^{۱*}، حمیدرضا بهاروندی^۲

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مواد، گروه سرامیک
^۲ دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی مواد و فناوری‌های ساخت

چکیده: ریخته‌گری ژلی یک فرایند نسبتاً نوین شکل‌دهی مواد پودری است که به دلیل قابلیت دستیابی به بدنه‌هایی با استحکام خام بالا و امکان تولید قطعاتی با اشکال پیچیده، امروزه مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق از فرآیند نوین ریخته‌گری ژل در سیستم سدیم آلزینات غیر سمی برای ساخت پیش شکل کاربید سیلیسیم (SiC) استفاده شد و پس از آن تأثیر افزودن مقادیر متفاوت فسفات کلسیم در سوسپانسیون بر استحکام خام و چگالی نسبی پیش شکل کاربید سیلیسیم بررسی شد. سوسپانسیون به ترتیب شامل ۳۵ درصد حجمی SiC، ۱/۵ درصد وزنی سدیم آلزینات بود. از فسفات کلسیم $(Ca_3(PO_4)_2)$ و سدیم هگزا متافسفات $(NaPO_3)_6$ به ترتیب به عنوان عامل جامدساز و کی‌لیت‌ساز استفاده شد. بعد از انجام ریخته‌گری، بدنه‌ها به مدت ۳۶ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. نتایج نشان داد که وجود مقدار بهینه ۵ درصد حجمی فسفات کلسیم موجب تولید پیش شکل کاربید سیلیسیم با چگالی نسبی ۵۶/۱ درصد شد. همچنین تصاویر SEM، حضور ذرات سیلیسیم کاربید در شبکه سه بعدی ژل را نشان می‌دهد که باعث ایجاد پیش شکل سرامیکی با استحکام خمشی ۲/۵ MPa شد.
کلمات کلیدی: کاربید سیلیسیم، ریخته‌گری ژلی، سدیم آلزینات، پیش شکل، فسفات کلسیم.

۱- مقدمه

یکی از پرکاربردترین روش‌های ساخت کامپوزیت‌های زمینه فلزی، روش نفوذدهی مذاب است. در این روش، نیاز به یک پیش‌شکل سرامیکی است که فلز خورانی از طریق نفوذ مذاب به درون تخلخل‌ها میسر شود [۱]. بنابراین گام نخست در تولید کامپوزیت‌های زمینه فلزی با استفاده از این روش ساخت یک قطعه متخلخل سرامیکی با ریزساختار یکنواخت و توزیع مناسبی از تخلخل به همراه خواص مناسب، است [۲]. از عمده‌ترین ترکیب‌های سرامیک‌های مهندسی می‌توان به آلومینا، زیرکونیا، کاربید سیلیسیم، تنگستن کارباید، بران کارباید و سیلیسیم نایتراید اشاره کرد [۳]. ریخته‌گری ژلی اولین بار توسط آزمایشگاه ملی اوکریج اختراع شده است و روشی مناسب برای ساخت سرامیک‌های پیچیده شامل محصولات سرامیکی کاربید سیلیسیم است [۴]. ویژگی بسیار مهم این روش در مقایسه با ریخته‌گری نواری و دوغابی، آن است که دوغاب را می‌توان در همان شرایط جامد کرد که در نتیجه این امر، ابعاد دقیق تری بدست خواهد آمد [۵]. یکی از معایب این روش استفاده بسیار زیاد از مونومر اکریلامید است که ماهیت سمی دارد و موجب خطرات زیست محیطی می‌شود [۶، ۷]. از این رو اخیراً فرآیند ریخته‌گری ژلی آلزینات به دلیل میزان کم سمیت مورد توجه قرار گرفته است [۸]. آلزینات، یک پلی ساکارید خطی است که از مقادیر مختلف دو مونومر بتا-دی-مانورونیک^۱ (M) اسید و آلفا-ال-گولورونیک^۲ (G) اسید تشکیل شده است؛ اولی دارای اتصال‌های ۱-۴ و دومی حاوی اتصال‌های ۱-۳ است. ساختار حلقه‌های قند در این دو زیر واحد درون زنجیره‌های پلیمر با یکدیگر متفاوت است (شکل ۱) [۹].

^۱ β-D-Mannuronic

^۲ L-Gularonica



شکل ۱- ساختار سدیم آلزینات، فرمول شیمیایی بلوک GM، بلوک MM و بلوک GG [۹]

برای توضیح مکانیزم اتصال عرضی در ژل‌های آلزینات اصطلاحاً از مدل جعبه تخم مرغ^۱ استفاده می‌شود، که در آن پیوند مشترک یون‌های فلزی دوظرفیتی در بین زنجیره‌های هم راستای پلی گلوکراتان منجر به تشکیل شبکه سه بعدی پلیمری می‌شود [۱۰]. در واقع چنین ساختارهایی موجب می‌شوند که هر جا در طول زنجیره پلیمر دو واحد اسید گلوکرونیک در مجاورت یکدیگر قرار گیرند، نوعی حفره ایجاد شود که ابعاد آن به خوبی با اندازه یون‌هایی که تمایل شدید به مولکول آلزینات دارند، مطابقت می‌کند [۱۱].

در فرآیند نوین ریخته‌گری ژل در سیستم سدیم آلزینات (پلیمری طبیعی بدون هرگونه عوارض زیستی) عامل ژل‌ساز و چیلاتور به طور هم‌زمان به محلول سدیم آلزینات افزوده شده و به این ترتیب از واکنش ژل شدن بین یون‌های کلسیم و سدیم آلزینات پیش از ریخته‌گری جلوگیری می‌شود. با افزودن اسید به محلول، یون‌های کلسیم آزاد شده و با سدیم آلزینات واکنش می‌دهند. در نتیجه یک شبکه سه بعدی ژل ایجاد می‌شود و در نهایت، ذرات سرامیکی در این شبکه سه بعدی تثبیت می‌شوند. در این حالت محلول جامد شده و قطعات خام نزدیک به شکل نهایی تشکیل می‌شود [۱۲، ۱۳].

مرحله بعدی، فلز خورانی و ساخت بدنه‌های پیوند واکنشی است. بدنه‌های پیوند واکنشی ابعاد خود را با کم‌ترین تغییرات، بعد از پروسه فشرده کردن حفظ می‌کنند. در بدنه‌های پیوند واکنشی، Si باقی مانده که درون تخلخل قرار دارد اثر ویژه‌ای روی خواص مکانیکی دارد. برای بهبود خواص بدنه‌های پیوند واکنشی، شرایط برای تشکیل ریز ساختار همگن باید فراهم باشد [۱۴]. در تحقیق حاضر هدف تولید پیش‌شکل‌های متخلخل کاربرد سیلیسیمی به روش ریخته‌گری ژل در سیستم سدیم آلزینات و بررسی تاثیر فسفات کلسیم در فرآیند تولید و جهت حصول قطعاتی با ریزساختار و توزیع تخلخل یکنواخت و خواص مناسب به منظور ماشین کاری و تبدیل آن‌ها به قطعات سرامیکی با اشکال پیچیده است [۱۵].

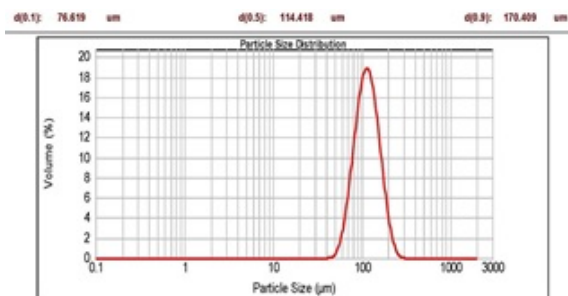
۲- فعالیت‌های تجربی

در ابتدا پودر سدیم آلزینات در آب یون زدایی شده به مدت ۳۰ دقیقه توسط یک همزن مکانیکی مخلوط شد. سرعت همزن به تدریج تا ۴۷۰ دور بر دقیقه افزایش یافت، تا زمانی که یک محلول مومومری یکنواخت حاصل شد. به منظور کاهش گرانی، محلول به مدت ۴۸ ساعت در محدود دمایی $60-70^{\circ}\text{C}$ در آن حرارت داده شد. سپس کاربرد سیلیسیم با متوسط اندازه ذرات ۱۱۴ میکرون (شکل ۲) به تدریج و همراه با هم زدن به محلول اضافه شد تا مقدار ماده جامد سرامیکی در دوغاب به مقدار مورد نظر برسد. در ادامه تترامتیل آمونیوم هیدروکسید^۲ $(\text{N}(\text{CH}_3)_4\text{OH})$ به میزان ۵٪ وزنی پودر به محلول اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه هم زدن ادامه یافت تا از طریق باردار شدن سطحی ذرات پودر و ایجاد دافعه الکترواستاتیک، یک محلول یکنواخت ایجاد شد. سپس سدیم هگزامتافسفات و فسفات کلسیم به محلول افزوده شد. سوسپانسیون حاصل به منظور از بین رفتن آگلومره‌های وجود آمده مدت ۱ ساعت آسیاب شد. پس از آن گاززدایی تحت خلا به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد.

در این مرحله دوغاب یکنواخت و آماده ریخته‌گری حاصل شد. با افزودن هگزان دیوئیک اسید، محلول حاصل در یک قالب غیرمتخلخل ریخته‌گری شد، در مدت زمان کوتاهی عملیات پدیده ژل شدن تکمیل شد. در تحقیق حاضر از قالب غیرمتخلخل پلیاستیکی مکعبی شکل به طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ابعاد $3 \times 2 \times 1$ cm و قطر بدنه کم به منظور انتقال رطوبت بهتر استفاده شد. بعد از انجام ریخته‌گری درون قالب، درب آن بسته و در یک محل ثابت به مدت ۳۶ ساعت در دمای محیط نگهداری شد. در جدول ۱ نمونه‌های ساخته شده آورده شده است. روندنمای مراحل ساخت نمونه نیز در شکل ۳ نشان داده شده است.

¹ Egg box model

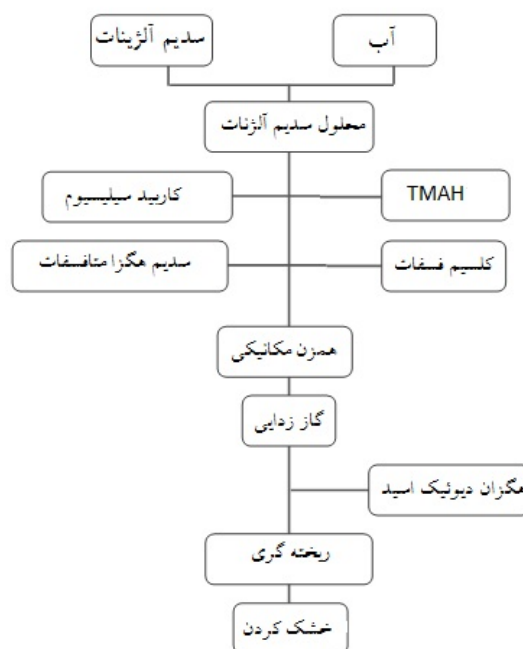
² Tetra Methyl Ammonium Hydroxide (TMAH)



شکل ۲- توزیع اندازه ذرات سیلیسیم کاربید پودر توزیع اندازه ذرات سیلیسیم کاربید پودر

جدول ۱- میزان فسفات کلسیم مورد استفاده در ژل‌های ساخته شده (۳۵٪ حجمی پودر و ۱/۵ درصد وزنی سدیم آلزینات)

نمونه	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
فسفات کلسیم (g)	۱/۰	۱/۲	۱/۵	۲/۰



شکل ۳- روند نمای مراحل ساخت نمونه‌ها

۳- نتایج و بحث

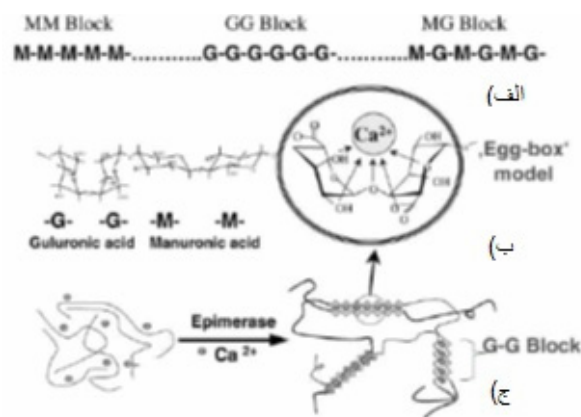
با توجه به جدول ۱ تاثیر مقدار یون دو ظرفیتی کلسیم در رفتار پدیده ژل شدن قطعات کاربید سیلیسیم مورد بررسی قرار گرفت. با تغییر پارامتر مورد نظر در بررسی نمونه A₁ هیچ تغییری در ساخت ژل حاصل نشد که علت اصلی آن را می‌توان به میزان کمبود فسفات کلسیم نسبت داد.

پلیمرهای آلزیناتی به دلیل داشتن بار منفی با یون‌های دو یا چند ظرفیتی (به غیر از منیزیم) پیوندهای عرضی به وجود آورده و ایجاد تار و رشته، ژل و دانه‌های آلزیناتی می‌نماید (شکل ۴).

قدرت اتصال به کاتیون‌های دو ظرفیتی برای فرآیند تشکیل ژل در آلزینات الزامی است [۱۶]. از این رو نمک دو ظرفیتی کلسیم هم از نظر ابعادی با حفره ایجاد شده در طول زنجیره پلیمری مطابقت دارد و هم تمایل شدید به مولکول آلزینات دارد.

کمبود فسفات کلسیم موجب می‌شود که با آلزینات واکنش انجام نشود و پدیده ژل شدن رخ ندهد. این موضوع سبب می‌شود که پس از خشک شدن نمونه، لایه نازکی از آلزینات و فسفات کلسیم روی سطح قرار بگیرد. همانطور که در شکل ۵ مشاهده

می‌شود، در نمونه A1 به علت مقدار کم $Ca_3(PO_4)_2$ ، کلسیم به میزان لازم وجود نداشته و در نتیجه قدرت کافی برای نگه داشتن ذرات در سیستم ژل سدیم آلژینات را ندارد [۱۰]. از این رو ذرات ته نشین شده و یک لایه به رنگ روشن روی سطح نمونه بوجود می‌آید که بیانگر عدم همگن بودن ژل است.

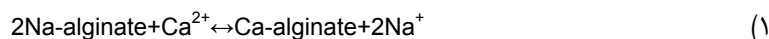


شکل ۴- الف) توالی بلوک‌های MM، GG و MG، ب) مکانیزم تشکیل ژل آلژینات و ج) ساختمان ژل تشکیل شده از بلوک‌های GG [۱۱]



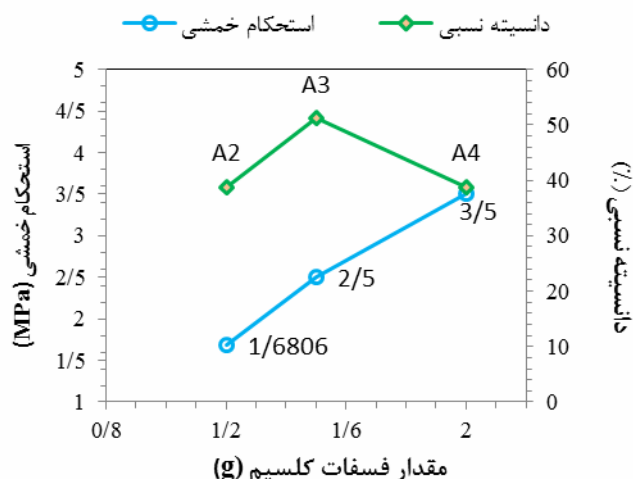
شکل ۵- نمونه A1 حاصل از ژل ناهمگن

هنگامی که نمک فلزی دوظرفیتی به محلول سدیم آلژینات افزوده می‌شود، کاتیون دوظرفیتی جایگزین کاتیون سدیم شده و ژل شدن برگشت‌ناپذیر به طور آنی رخ می‌دهد. واکنش ژل شدن در رابطه (۱) آورده شده است [۱۷].



اما با افزایش $Ca_3(PO_4)_2$ در سوسپانسیون، میزان کلسیم برای نگهداری ذرات بیش‌تر شده و در نتیجه چگالی اتصالات بالا رفته و استحکام بدنه خام افزایش می‌یابد. در این حالت توزیع پیوندهای موثر بین یون‌های کلسیم و آلژینات سدیم یکنواخت می‌شود که در نتیجه آن خواص مکانیکی بدنه خام بهبود می‌یابد. شکل ۶ نمودار افقی تاثیر مقدار فسفات کلسیم بر چگالی نسبی و استحکام خمشی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود در نمونه A_2 چگالی و استحکام بدنه خام کاهش می‌یابد. علت این امر را می‌توان جایگزین شدن یون‌های سدیم به صورت ناقص بر روی یون‌های کلسیم دانست. همچنین سوسپانسیون با میزان بیشتر $Ca_3(PO_4)_2$ در نمونه A_4 به سرعت سخت می‌شود که باعث هتروژن شدن ساختار و کاهش چگالی نسبی می‌شود. تحقیقات دیگری توسط ونگ^۱ و همکارانش در این زمینه انجام شده است. در این تحقیق میزان فسفات کلسیم به میزان ۱/۲ گرم و ۱ میلی لیتر محلول کی‌لیت‌ساز در سوسپانسیون استفاده شد که استحکام خمشی ۲/۴۵، چگالی نسبی ۵۱/۵۷٪ برای ۴۵٪ حجمی پودر کاربید سیلیسیم گزارش شده است [۴]. در مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر تفاوت زیادی در استحکام مشاهده می‌شود که علت اصلی آن را می‌توان وجود کی‌لیت در محلول دانست. شکل ۶ تاثیر فسفات کلسیم بر استحکام خام و دانسیته نمونه‌های حاصل از سوسپانسیون ۳۵٪ حجمی کاربید سیلیسیم نمونه‌های A_2 ، A_3 و A_4 را نشان می‌دهد.

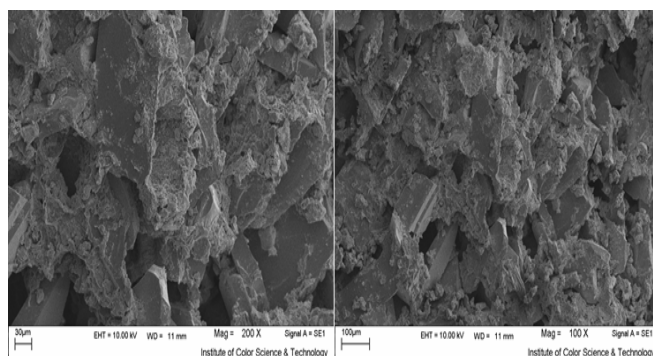
¹ Wang



شکل ۶- تاثیر میزان فسفات کلسیم بر روی استحکام خام و چگالی نسبی

مکانیزم اتصالات عرضی در ژل‌های آلزینات را می‌توان به صورت مدل جعبه تخم مرغی در نظر گرفت که در آن یون‌های کلسیم بین زنجیره‌های پلی گلوکورات قرار می‌گیرند. زنجیره‌ها به شکل قلاب پلی ساکارید، ساختاری مشابه با جعبه تخم مرغی تشکیل می‌دهند که در آن یون‌های کلسیم نقش تخم مرغ را دارند. اتصال یون‌های کلسیم قوی است، زیرا علاوه بر اتصال یونی به گروه‌های کربوکسیل، اتم‌های هیدروکسیل اکسیژن و حلقه‌های متعددی توانایی ایجاد پیوند با کاتیون‌ها را دارند [۱۸]. بنابراین ذرات سیلیسیم کاربرد در بین این اتصالات قرار گرفته و با توجه به میزان استحکام قابل قبول آن‌ها، قابلیت ماشین‌کاری رضایت بخشی دارند [۱۹].

شکل ۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح قطعه خام ریخته‌گری ژلی شده را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، حضور ذرات سیلیسیم کاربرد در بین شبکه سه بعدی ژل کاملاً قابل مشاهده است.



شکل ۷- تصویر از نمونه A₃ خام ریخته‌گری ژلی شده پودر سیلیسیم کاربرد در دو بزرگ‌نمایی متفاوت تصویر از نمونه A₃ خام ریخته‌گری ژلی شده پودر سیلیسیم کاربرد در دو بزرگ‌نمایی متفاوت

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از روش ریخته‌گری ژلی پیش‌شکل کاربرد سیلیسیم ساخته شد. نتایج حاصل به طور خلاصه عبارتند از:

- استحکام بدنه خام با افزایش میزان کلسیم افزایش یافت که علت آن را می‌توان افزایش چگالی اتصالات دانست. یون‌های سدیم بر روی مولکول‌های آلزینات سدیم با نمک کلسیم اضافه شده به دوغاب جایگزین شدند. در این حالت توزیع کل پیوندهای موثر بین یون‌های کلسیم و آلزینات سدیم در میزان کلسیم بیش‌تر یکنواخت‌تر شد. در نتیجه خواص مکانیکی بدنه خام افزایش یافت.

- با افزایش میزان فسفات کلسیم به ۶ درصد حجمی استحکام خمشی نمونه های خام به ۳/۵MPa افزایش یافت.
- چگالی نسبی با افزایش ۶ درصد حجمی فسفات کلسیم ۳۸/۷۵ حاصل شد که علت این کاهش چگالی، کمبود میزان یون سدیم و کی لیت نشدن کامل یون های کلسیم است.
- در این تحقیق مقدار بهینه فسفات کلسیم ۵ درصد حجمی به دست آمد.
- پیش شکل با ۵ درصد حجمی فسفات کلسیم با بیشینه چگالی نسبی ۵۶/۱٪ حاصل شد که نشان دهنده جایگزینی کامل یون های سدیم بر روی یون های فسفات کلسیم است.
- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی حضور ذرات سیلیسیم کاربرد در بین شبکه یکنواخت ژل را نشان می دهد. استحکام خام نمونه ۲/۵ MPa بدست آمد که نشان می دهد استحکام بدنه خام به طور کلی توسط شبکه سه بعدی ژل تعیین می شود.

مراجع

- [1] B. Heidenreich, "Melt Infiltration Process", in *Ceramic Matrix Composites: Fiber Reinforced Ceramics and their Applications*, W. Krenkel, Ed., Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Chap. 5, 2008.
- [2] R. Riedel, E. Ionescu and I.W. Chen, "Modern Trends in Advanced Ceramics", in *Ceramics Science and Technology*. Vol. 1: Structures, R. Riedel and I.W. Chen, Eds., Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Chap. 1, 2008.
- [3] S.G. Huang, K. Vanmeensel, O. Van der Biest, J. Vleugels., "Binderless WC and WC-VC Materials Obtained by Pulsed Electric Current Sintering", *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, vol. 26, pp. 41-47, 2008.
- [4] X. Wang, Zhi-Peng Xie, , Yong Huang, Yi-Bing Cheng., "Gelcasting of Silicon Carbide Based on Gelation of Sodium Alginate", *Ceramics International*, vol. 28, pp. 865-871, 2002.
- [5] Y. Huang and J. Yang, "Novel Colloidal Forming of Ceramics", *Springer*, 2011.
- [6] N. Keller, C. Pham-Huu, S. Roy, M.J. Ledoux, C. Estournes, J. Guille, "Influence of the preparation conditions on the synthesis of high surface area SiC for use as a heterogeneous catalyst support", *J. Mater. Sci.*, 34 (1999) 3189-3202.
- [7] M.A. Janney, O.O. Omatete, C.A. Walls, S.D. Nuiui, R.J. Ogle, and G. Westmoreland, "Development of Low Toxicity Gelcasting System", *J. Am. Ceram. Soc.*, 81, 3, 581-591, 1998.
- [8] H. Akhondi, E. Taheri-Nassaj, and H. Sarpoolaky H. "Gelcasting of alumina nanopowders based on gelation of sodium alginate", *Ceram. Int*;35(3):1033-7., 2009.
- [9] م. نادری نژاد "بررسی تاثیر شرایط ژل شدن بر نحوه توزیع تخلخل و خواص پریفورم تنگستن کاربایدی در تولید نانوکامپوزیت W-ZrC"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دی ماه ۹۱.
- [10] D.W. Richerson, "Modern Ceramic Engineering: Properties, Processing and Use in Design", 2nd. ed., NY: Marcel Dekker, inc., pp. 519-564, 1992.
- [11] I. Santacruz, M.I. Nieto, R. Moreno, "Application of Alginate Gelation to Aqueous Tape Casting Technology", *Materials Research Bulletin*, vol. 37pp. 671-682, 2002.
- [12] Y. Huang and J. Yang, "Novel Colloidal Forming of Ceramics", *Springer*, 2011.
- [13] M.N. Rahaman, "Ceramic Processing and Sintering", 2nd. ed., New York: Marcel Dekker, Inc., 2003.
- [14] U. Paik, "Effect Particle dispersion on microstructure and strength of reaction -bonded Silicon Carbide" *Material Science and Engineering*, PP.267-274, 2002.
- [15] M. Dong, X.Mao, Z. Zhang , Q. liu, "Gel casting of SiC using epoxy resin as gel former" *Ceramics International*, Vol.35, PP. 1363-1366, 2009.
- [16] W. Sabra, A.P. Zeng, W.D. Deckwer, "Bacterial Alginate: Physiology, Product Quality and Process Aspects", *Appl. Microbiol Biotechnol*, vol. 56, pp. 315-325, 2001.
- [17] A. A. Najafzadeh khoei, A. Habibolahzadeh, Fathallah Qods, H. Baharvandi, "Fabrication of tungsten Carbide foam through gel- casting process using nontoxic sodium alginate", *Refractory Materials* 43, pp. 115-120, 2014.
- [18] Z.P. Xie, Y. Huang, Y.L. Chen, "A New Gel Casting of Ceramics by Reaction of Sodium Alginate and Calcium Iodate at Increased Temperatures", *Journal of Materials Science Letters*, vol. 20, pp. 1255-1257, 2001.
- [19] M. D. ValaJic, V.D. Krrstic, "Strength and machining of gel cast SiC Ceramics ", *Materials Science*, PP.2943-2947, 2002.



دکتر جعفر جوادپور، نویسنده‌ی
مسئول مقاله، دانشگاه علم و
صنعت ایران

تأثیر پلی‌وینیل پیرولیدون (PVP) بر اندازه ذرات و خواص نوری نانوذرات اکسید روی سنتز شده با روش ترمولیز

مریم کریمی^۱، سید محمد میر کاظمی^۱، جعفر جوادپور^{۱*}، یاسر وحیدشاد^۲،
محمد رضا جهان نما^۲

^۱ دانشگاه علم و صنعت ایران، ^۲ پژوهشکده سامانه‌های حمل و نقل فضایی ایران

چکیده: نانوذرات اکسید روی (ZnO) با استفاده از روش ساده و تک‌مرحله‌ای ترمولیز، با حل کردن استات روی به عنوان منبع تامین‌کننده روی و پلی‌وینیل‌پیرولیدون به عنوان عامل فعال‌ساز سطحی در اتیلن‌گلیکول در دمای ۶۰°C تهیه شده است. در این تحقیق تاثیر مقادیر مختلف عامل فعال‌ساز سطحی PVP بر روی ساختار و فاز نهایی نانوذرات حاصل بررسی شد. دمای تجزیه کمپلکس در این سنتزها ۱۵۰°C انتخاب شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد ساختار کریستالی ترکیب حاصل ورتزیت است و اندازه بلورک‌های این ترکیب با افزایش مقدار PVP تا ۰/۱۹۷ گرم دارای روند کاهشی است و بیشتر از این مقدار افزایش می‌یابد. ترکیب اکسید روی حاصل از سنتز، توسط آنالیزهای پراش اشعه ایکس (XRD) و UV-Vis به ترتیب به منظور مطالعه ویژگی‌های ساختاری، بررسی خواص نوری مشخصه‌یابی می‌شوند. همچنین برای بررسی رفتار حرارتی این ماده و بررسی توزیع اندازه ذرات به ترتیب از دستگاه توزین حرارتی و آنالیز پراکنش دینامیک نور استفاده شد.
کلمات کلیدی: نانوذرات ZnO، ترمولیز، پلی‌وینیل‌پیرولیدون.

۱- مقدمه

اکسید روی یکی از مهمترین نیمه رساناهای مورد استفاده در علم و صنعت امروز به شمار می‌رود. از این ترکیب به عنوان رنگدانه در تولید رنگ، مواد بیولوژیک و آنتی‌باکتریال، کاربردهای سنسوری، سلول‌های خورشیدی و دیودهای نوری استفاده می‌شود [۱]. اکسید روی یک ماده مفید برای ساخت بسیاری از قطعات الکترونیکی است شکاف انرژی مستقیم این ماده در حالت ۳/۳۷eV بالک است و تحرک الکترون‌های بالا در حدود ۵۰ cm²/V بر خوردار است. ZnO علاوه بر خواص ذکر شده دارای ویژگی‌های دیگری مانند رسانایی الکتریکی بالا (۱۰^{-۳} Ω.cm⁻¹) همچنین تعداد حامل‌های بار آن در حدود ۱۰^{۲۱} cm⁻³ است [۲ و ۳].

روش‌های متعددی برای سنتز نانوذرات معرفی شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش سل-ژل، سنتز میکرومولسیون، روش مکانوشیمیایی، اسپری پیرولیز، تجزیه حرارتی پیش‌ماده‌های آلی، سنتز هیدروترمال، خودچینشی، سنتز میکروموج [۴]، سنتز پلاسمای RF [۵]، و ترمولیز [۶] اشاره کرد. در سنتز نانوذرات به روش شیمیایی، جذب شیمیایی ترکیبات آلی یا عامل پوشش دهنده سطحی بر روی شکل ذرات تاثیر گذار است. تفاوت در تمایل پیوند عوامل پوششی با یک صفحه نسبت به صفحات دیگر سبب ایجاد تاثیرات چشمگیر بر رشد و مورفولوژی ذرات می‌شود [۷]. PVP ماده‌ی پلیمری غیر سمی و غیر یونی است که دارای گروه‌های عاملی C=O، C-N و CH₂ است که به صورت گسترده در سنتز نانوذرات مورد استفاده قرار می‌گیرد مولکول PVP حاوی یک بخش آبدوست (پیرولیدون) و یک بخش آب‌گریز (گروه آلکیل) است به همین دلیل آب و بسیاری از مایعات غیرآبی حلال مناسبی برای آن به شمار می‌رود [۸].

۲- فعالیت‌های تجربی

برای سنتز نانوذرات ZnO از مخلوطی از استات روی (Zn(O₂CCH₃)₂(H₂O)₂, 99.99%, Merck) به عنوان ماده اولیه تامین کننده روی، اتیلن گلیکول ((CH₂OH)₂, 99.99%, Merck) به عنوان حلال و پلی‌وینیل پیرولیدون^۱ ((C₆H₉NO)_n, PVP) (99.99%, Merck) به عنوان عامل فعال‌ساز سطح استفاده شد. مقدار مواد مورد استفاده در سنتز ۱/۷۵ میلی مول استات روی به همراه مقادیر مختلف PVP (مطابق جدول ۱) در ۲۰ میلی‌لیتر حلال اتیلن گلیکول در یک فلاکس سه دهانه حل شدند سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق هم خورد، با رسیدن به دمای ۶۰°C در این دما به مدت ۱ ساعت هم خورد سپس با اعمال گاز آرگون دما با نرخ گرمایش ۵ درجه بر دقیقه به دمای ۱۵۰°C رسانده شد و در این دما نیز به مدت یک ساعت نگهداری شد برای یکنواخت بودن فرآیند گرمایش از حمام روغن استفاده شد. شیری رنگ شدن مخلوط واکنش بیانگر شروع فرآیند جوانه‌زنی و رشد بود. پس از تکمیل واکنش تا رسیدن به دمای اتاق به محتویات داخل فلاکس زمان داده شد سپس ۲۰ میلی‌لیتر اتانول اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد محصول سانتریفیوژ دوباره در یک حلال قطبی مانند اتانول پخش شده و عمل شست و شو چند بار انجام گرفت و در دمای ۸۰°C به مدت ۲۴ ساعت خشک شد که پس از آن این ماده سنتز شده آماده مشخصه‌یابی و آنالیز بود. خواص ساختاری نمونه‌های سنتز شده پراش اشعه ایکس از مدل Explorer ساخت شرکت GNR با لامپ آند مس در محدوده ۹۰-۱۵°C با سرعت روبش ۰/۰۲ درجه در ثانیه استفاده شد. طیف جذب توسط دستگاه اسپکترومتر ماوراء بنفش/مرئی دستگاه PG instruments Ltd مدل T80+ در محدوده ۱۱۰۰-۳۰۰ nm اندازه‌گیری شده است. برای طیف-سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز^۲ (FT-IR) نانو ذرات ZnO از دستگاه Nicolet 6700 ساخت شرکت Thermo scientific در محدوده طول موج ۴۰۰۰-۵۰۰ cm⁻¹ استفاده شده است. همچنین به منظور بررسی آنالیز حرارتی از دستگاه توزین حرارتی^۳ (TGA) مدل PT-1600 ساخت شرکت Linseis در محدوده دمایی ۵۰°C تا ۷۰۰°C در اتمسفر هوا استفاده شد. برای بررسی توزیع اندازه ذرات نیز از دستگاه Zetasize شرکت MALVERN استفاده شد. آنالیز پراکنش دینامیک نور^۴ (DLS) تکنیکی برای تعیین اندازه ذرات است.

۳- نتایج و بحث

برای بررسی اثر مقادیر مختلف PVP بر سنتز نانوذرات ZnO در شکل ۱ الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های سنتز شده با مقادیر مختلف از این عامل فعال‌ساز سطح ارائه شده است. بر اساس این نتایج سه پیک اصلی در موقعیت‌های ۳۱/۷°، ۳۴/۴° و ۳۶/۲° قرار دارند که با توجه به ساختار مرجع ثبت شده در نرم‌افزار ارائه دهنده طیف‌های XRD و نیز کارت استاندارد ۱۴۵۱-۳۶ ساختار هگزاگونال ZnO را تایید می‌کند. زوایای ۳۱/۷°، ۳۴/۴° و ۳۶/۲° = ۲θ به ترتیب توسط صفحات (۱۰۰)، (۰۰۲) و (۱۰۱) در ساختار هگزاگونال برای ترکیب ZnO با ثوابت شبکه a = ۳/۲۴۹ Å و c = ۵/۲۰۶ Å اندیس گذاری می‌شود [۹]. در این تحقیق تاثیر مقادیر مختلف PVP در دمای ۱۵۰°C مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جدول ۱ اندازه نانوذرات ZnO با مقدار ۰/۱۹۴ گرم PVP طبق رابطه شرر دارای کوچکترین اندازه بلورک معادل ۱۷ nm است. از طرفی سنتز نانوذرات بدون عامل فعال‌ساز سطحی بالاترین اندازه بلورک را نشان می‌دهد زیرا PVP یک عامل پوششی است که به دلیل میان‌کنش‌های قوی سطح نانوذرات با این عامل فعال‌ساز سطحی و جذب انتخابی آن روی صفحات مختلف کریستالوگرافی رشد صفحات در جهت‌های خاص متوقف شده و سبب کاهش قطر نانوذرات ZnO می‌شود [۱۰]. در این سنتز PVP سرعت رشد و اندازه ی نانو ذرات ZnO را تنظیم کرده است. علاوه بر پهنای پیک‌ها و در نتیجه اندازه بلورک‌ها نکته دیگری که از الگوی پراش اشعه ایکس قابل درک است شدت پیک (۰۰۲) که تایید کننده این واقعیت است که استفاده از عامل فعال‌ساز سطحی PVP در نمونه ۰/۱۹۴ گرم PVP رشد برخی از صفحات ZnO در جهت‌های (۱۰۱) و (۱۰۰) کاهش داده و بنابراین پیک (۰۰۲) نسبت به سایر نمونه‌ها رشد داشته است.

¹ Polyvinylpyrrolidone

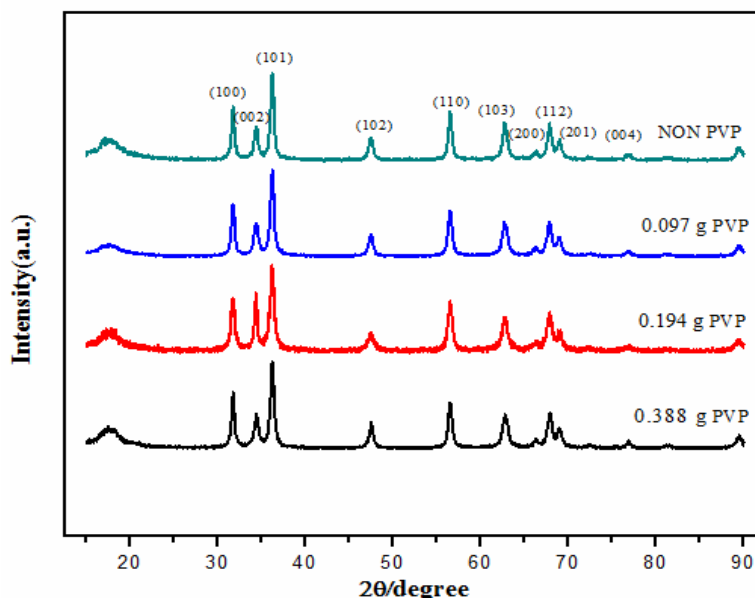
² Fourier Transform Infrared (FT-IR)

³ Thermal Gravimetric Analysis

⁴ Dynamic light scattering

جدول ۱- شرایط سنتز نمونه‌های ZnO با مقادیر مختلف PVP

شماره نمونه	استات روی دی‌هیدراته	حلال	PVP	دما	مدت زمان گرمایش (h)	اندازه بلورک (nm)
ZO-T1	۱/۷۵ mMol	اتیلن‌گلیکول	۰	۱۵۰°C	۱	۲۴
ZO-T2	۱/۷۵ mMol	اتیلن‌گلیکول	۰/۰۹۷	۱۵۰°C	۱	۱۹
ZO-T3	۱/۷۵ mMol	اتیلن‌گلیکول	۰/۱۹۴	۱۵۰°C	۱	۱۷
ZO-T4	۱/۷۵ mMol	اتیلن‌گلیکول	۰/۳۸۸	۱۵۰°C	۱	۲۰



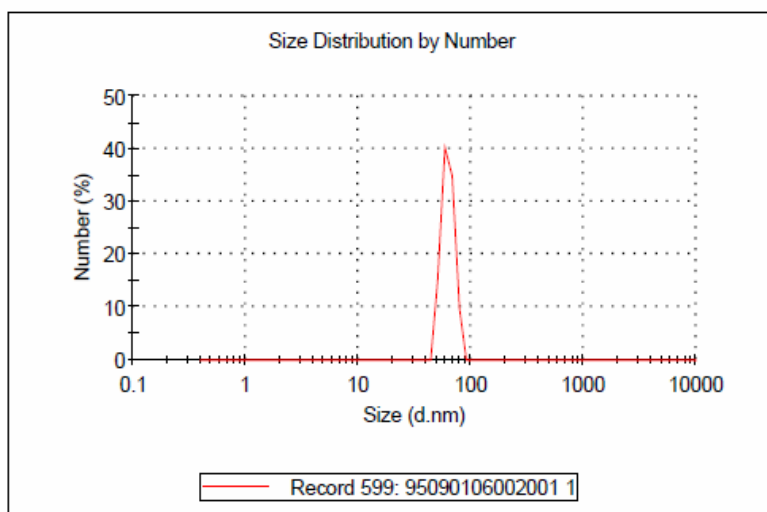
شکل ۱- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های سنتز شده ZnO با روش ترمولیز برای بررسی تاثیر مقادیر مختلف PVP

۳-۱- آنالیز پراکنش دینامیک نور نانوذرات ZnO

در شکل ۲ نتایج آزمون DLS برای نانوذرات ZnO با کد نمونه ZO-T4 مشاهده می‌شود. میانگین اندازه ذرات برای نمونه ZnO سنتز شده در دمای ۱۵۰°C با توجه به نمودار در حدود ۶۰ nm است. با توجه به اندازه ذرات محاسبه شده توسط DLS برای نمونه ZnO، دو احتمال را می‌توان در نظر گرفت ابتدا اینکه نانوذرات به حدی کوچک هستند که با وجود آگلومره شدن در محیط اتانولی دارای ابعاد نانومتری هستند و احتمال دوم ممانعت فضایی مناسبی که PVP در سطح ZnO اعمال می‌کند و سبب دافعه بین نانوذرات ZnO می‌شود از این رو مانع آگلومراسیون شده و نانوذرات ZnO دارای اندازه‌های کوچکتری هستند.

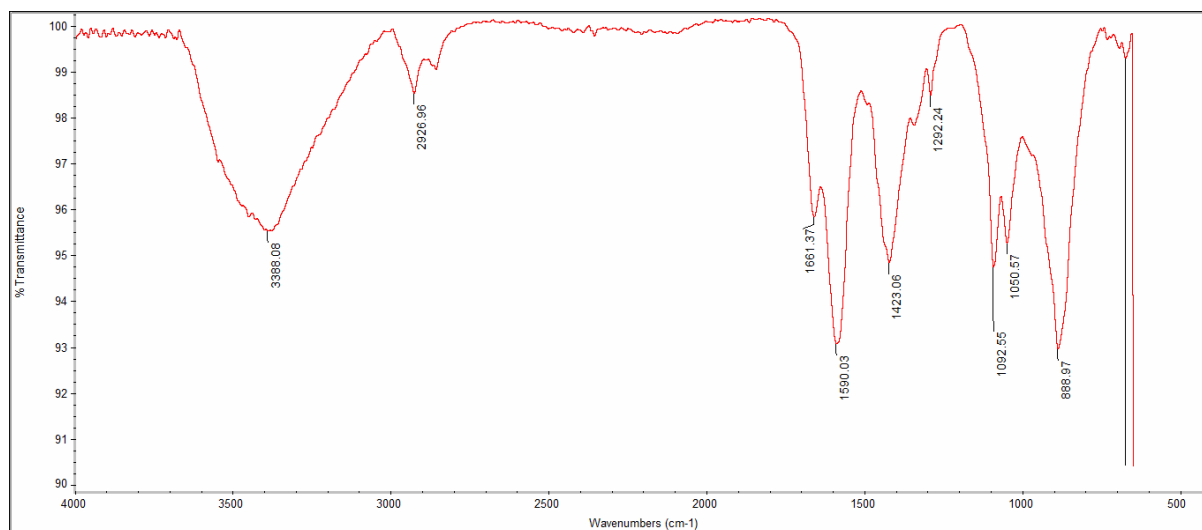
۳-۲- مطالعه طیف‌سنجی مادون قرمز نانوذرات ZnO

در شکل ۳ طیف بدست آمده در دستگاه طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه برای نانوذرات ZnO با کد نمونه ZO-T4 نشان داده شده است. در این طیف ارتعاشات کششی O-H را در 3388 cm^{-1} نشان می‌دهد؛ همچنین پیک موجود در 2926 cm^{-1} کشش غیر متقارن در پیوند C-H را به نمایش می‌گذارد. در طول موج‌های 1590 cm^{-1} و 1423 cm^{-1} نیز پیک‌های شاخص در طیف FTIR نانوذرات ZnO مشاهده می‌شود که این پیک‌ها به ترتیب کشش غیرمتقارن در پیوند C=O و خمش در پیوند C-H₂ را نشان می‌دهند. در جدول ۲ پیک‌های شاخص برای ترکیبات PVP و حلال اتیلن‌گلیکول آورده شده است با مقایسه این مقادیر با طول موج‌های موجود در طیف FTIR گروه‌های عاملی اتصال یافته روی سطح ZnO مشخص می‌شود.



Size d.nm	Number %	Size d.nm	Number %
0.4000	0.0	68.06	34.8
0.4632	0.0	78.82	9.8
0.5365	0.0	91.28	0.0
0.6213	0.0	105.7	0.0
0.7195	0.0	122.4	0.0
0.8332	0.0	141.8	0.0
0.9649	0.0	164.2	0.0
1.117	0.0	190.1	0.0
1.294	0.0	220.2	0.0
1.499	0.0	255.0	0.0
1.736	0.0	295.3	0.0
2.010	0.0	342.0	0.0
2.328	0.0	396.1	0.0
2.696	0.0	458.7	0.0
3.122	0.0	531.2	0.0
3.615	0.0	615.1	0.0
4.187	0.0	712.4	0.0
4.849	0.0	825.0	0.0
5.615	0.0	955.4	0.0
6.503	0.0	1106	0.0
7.531	0.0	1281	0.0
8.721	0.0	1484	0.0
10.10	0.0	1718	0.0
11.70	0.0	1990	0.0
13.54	0.0	2305	0.0
15.69	0.0	2669	0.0
18.17	0.0	3091	0.0
21.04	0.0	3580	0.0
24.36	0.0	4145	0.0
28.21	0.0	4801	0.0
32.67	0.0	5560	0.0
37.84	0.0	6439	0.0
43.82	0.0	7456	0.0
50.75	15.2	8635	0.0
58.77	40.2	1.000e4	0.0

شکل ۲- نمودار و داده‌های آزمون DLS نانوذرات ZnO



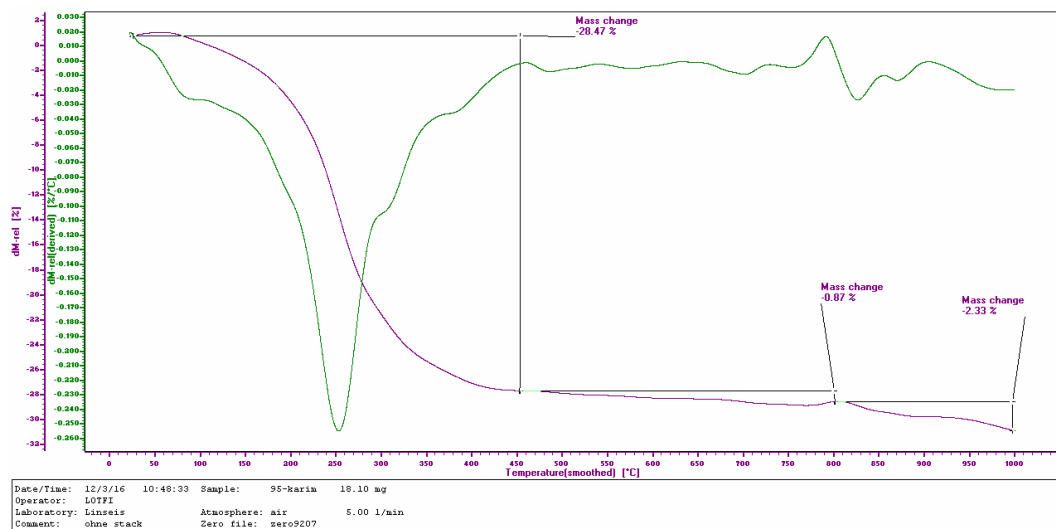
شکل ۳- موقعیت طیف FT-IR مواد خالص، کمپلکس و پودر نهایی ZnO سنتز شده با روش ترمولیز

جدول ۲- موقعیت طیف FT-IR مواد خالص، کمپلکس و پودر نهایی ZnO سنتز شده با روش ترمولیز

EG(cm ⁻¹)	۳۲۹۹	۲۹۳۶	۲۸۷۳	۱۴۱۲	۱۲۰۴	۱۰۸۳	۱۰۳۲	۸۸۱	۸۶۱
PVP(cm ⁻¹)	۳۴۴۱	۲۹۴۸	۱۶۵۰	۱۴۹۲	۱۴۶۰	۱۴۲۱	۱۳۱۶	۱۲۸۴	-
نانوذرات (cm ⁻¹)	۳۳۸۸	۲۹۲۶	۱۶۶۱	۱۵۹۰	۱۴۲۳	۱۲۹۲	۱۰۹۲	۱۰۵۰	۸۸۸
	PVP	EG	PVP&EG	PVP	PVP	EG	EG	EG	EG

۳-۳- بررسی رفتار حرارتی نانوذرات ZnO

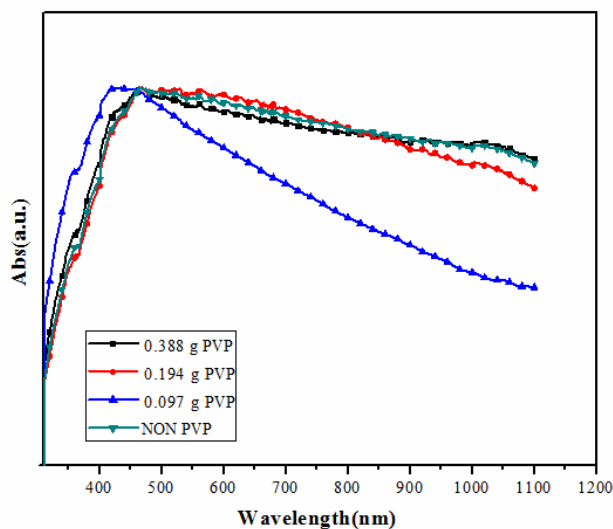
با توجه به شکل ۴ رفتار نمونه ZnO بهینه تحت گرمایش از محدوده $35-1000^{\circ}\text{C}$ مورد بررسی قرار گرفت. از ابتدای گرمایش تا دمای حدود 450°C نمونه دارای تغییرات وزن شدید است به گونه‌ای که در این بازه دمایی ۲۸٪ از حجم خود را از دست می‌دهد این کاهش شدید ناشی از دو مرحله خروج آب‌های ساختاری و خروج عامل فعال‌ساز سطحی PVP است که با توجه به نمودار روند کاهش وزن به صورت تک مرحله‌ای رخ داده است. پس سوختن مواد آلی بر جای مانده از مرحله سنتز نمودار به حالت تقریباً افقی در آمده و با تغییرات وزن کوچکی همراه است که نشان می‌دهد در بالای دمای 450°C اتفاقی خاصی رخ نمی‌دهد [۱۱].



شکل ۴- منحنی گرماسنجی نمونه سنتز شده ZnO

۳-۴- بررسی خواص نوری نانوذرات ZnO

پیک جذب نانوذرات ZnO در شکل ۵ برای مقادیر مختلف PVP نشان داده شده است تمامی نمونه‌های ZnO مورد آزمون در حلال اتیلن‌گلیکول پراکنده شده‌اند. در بررسی انجام شده برای مقادیر مختلف PVP نشان می‌دهد که اغلب نمونه‌ها به استثنای نمونه ZO-T2 طیف جذب یکسانی داشته‌اند و بیشینه جذب آنها حدود 460nm را نشان می‌دهد اما طیف جذب نمونه مذکور بیشینه جذب 430nm را از خود نشان داده است از طرفی جذب این نمونه در طول موج‌های بالاتر به طور چشمگیری کمتر از سایر نمونه‌ها است.



شکل ۵- طیف جذب UV-Vis نمونه‌های ZnO سنتز شده در مقادیر مختلف PVP

۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از سنتز نانوذرات ZnO در حلال اتیلن گلیکول، حد بهینه‌ای از سورفکتانت موجب بهترین نتایج در فرآیند سنتز شد به طوری که کمترین اندازه ذرات در نمونه‌ای با مقدار PVP ۰/۱۹۷ گرم مشاهده شد و نشان‌دهنده این واقعیت است که از طرفی طیف‌سنجی مادون قرمز وجود عوامل پوششی PVP بر روی نانوذرات ZnO را پس از سنتز تایید می‌کند. در بررسی خواص نوری بیشینه جذب نمونه‌های مختلف در محدوده ۴۶۰nm مشاهده می‌شود. بررسی توزیع اندازه ذرات به روش DLS نشان داد اکثریت ذرات اندازه‌ای بین ۶۸-۵۸ نانومتر را دارا هستند.

مراجع

- [1] C. F. Klingshirn, A. Waag, A. Hoffmann, and J. Geurts, Zinc oxide: from fundamental properties towards novel applications, Vol. 120. Springer Science & Business Media, 2010.
- [2] J. N. Duenow, T. A. Gessert, D. M. Wood, T. M. Barnes, M. Young, B. To, and T. J. Coutts, "Transparent conducting zinc oxide thin films doped with aluminum and molybdenum," J. Vac. Sci. Technol. A Vacuum, Surfaces, Film., Vol. 25, No. 4, pp. 955-960, 2007.
- [3] N. M. Muhammad, A. M. Naeem, N. Duraisamy, D.-S. Kim, and K.-H. Choi, "Fabrication of high quality zinc-oxide layers through electrohydrodynamic atomization," Thin Solid Films, Vol. 520, No. 6, pp. 1751-1756, 2012.
- [4] R. Hong, T. Pan, J. Qian, and H. Li, "Synthesis and surface modification of ZnO nanoparticles," Chem. Eng. J., Vol. 119, No. 2, pp. 71-81, 2006.
- [5] J. Bin Lee, H. J. Kim, S. G. Kim, C. S. Hwang, S. H. Hong, Y. H. Shin, and N. H. Lee, "Deposition of ZnO thin films by magnetron sputtering for a film bulk acoustic resonator," Thin Solid Films, Vol. 435, No. 1, pp. 179-185, 2003.
- [6] X. Gao, X. Li, and W. Yu, "Flowerlike ZnO nanostructures via hexamethylenetetramine-assisted thermolysis of zinc- ethylenediamine complex," J. Phys. Chem. B, Vol. 109, No. 3, pp. 1155-1161, 2005.
- [7] S. Kumar and T. Nann, "Shape control of II-VI semiconductor nanomaterials," Small, Vol. 2, No. 3, pp. 316-329, 2006.
- [8] K. M. Koczkur, S. Mourdikoudis, L. Polavarapu, and S. E. Skrabalak, "Polyvinylpyrrolidone (PVP) in nanoparticle synthesis," Dalt. Trans., Vol. 44, No. 41, pp. 17883-17905, 2015.
- [9] صولتی، المیرا، درانیان، داوود، "بررسی خواص فوتولومینسانس و اکسیتونی نانو ذرات اکسید روی"، بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران، تهران، ۱۳۹۳.
- [10] M. Eskandari, V. Ahmadi, and S. H. Ahmadi, "Low temperature synthesis of ZnO nanorods by using PVP and their characterization," Phys. B Condens. Matter, Vol. 404, No. 14, pp. 1924-1928, 2009.
- [11] S. Maensiri, P. Laokul, and V. Promarak, "Synthesis and optical properties of nanocrystalline ZnO powders by a simple method using zinc acetate dihydrate and poly (vinyl pyrrolidone)," J. Cryst. Growth, Vol. 289, No. 1, pp. 102-106, 2006.

اثر pH محیط سنتز بر روی اندازه نانوبلورک‌ها و تغییر فاز زیرکونیا تهیه شده به روش سل-ژل

لیلا کرم زاده^{۱*}، ایمان مباشرپور^۱، محمد صادق عبدی مقصدلو^۲، ابراهیم جباری^۱

^۱ پژوهشکده سرامیک، پژوهشگاه مواد و انرژی، کرج، ایران

^۲ گروه مواد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ملایر، ایران



مهندس لیلا کرم زاده، نویسنده‌ی اول مقاله، پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده سرامیک

I_karami89@yahoo.com

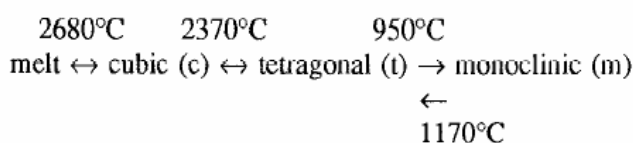
چکیده: دمای ذوب بالا، ضریب انبساط حرارتی بالا، هدایت حرارتی پایین و مقاومت سایشی خوب، زیرکونیا را به عنوان یک گزینه مناسب برای کاربردهای صنعت سرامیک مطرح ساخته است. در این پژوهش تاثیر pH محیط سنتز بر روی نوع فاز و اندازه ذرات زیرکونیا سنتز شده بررسی شده است. به منظور بررسی و مطالعه تغییرات ساختاری پودر زیرکونیا سنتز شده از روش‌های پراش اشعه ایکس (XRD) و طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) استفاده گردید. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (TEM) نیز اندازه دانه‌ها و مورفولوژی آنها تخمین زده شد. نتایج نشان دهنده آن بود که اندازه بلورک‌های فاز تتراگونال و مونوکلینیک به ترتیب برابر با ۲۸ و ۶۸ نانومتر با روش سنتز در محیط اسیدی و در محیط بازی اندازه بلورک‌ها به ترتیب ۹۲ و ۳۲ نانومتر برای فازهای تتراگونال و مونوکلینیک به دست آمد. با توجه به نتایج در محیط بازی اندازه بلورک‌های فاز تتراگونال افزایش یافته ولی درصد کسر حجمی فاز تتراگونال کاهش یافته است در حالی که در محیط اسیدی درصد کسر حجمی فاز تتراگونال به دست آمده نسبت به محیط بازی بیشتر بوده ولی از اندازه بلورک کوچکتری برخوردار است.

کلمات کلیدی: زیرکونیا، تتراگونال، مونوکلینیک، سل-ژل.

۱- مقدمه

زیرکونیا یک ماده سخت، مستحکم و از لحاظ شیمیایی بی اثر است. نقطه ذوب آن بالا و ضریب اصطلاح و حرارتی ویژه آن پایین است. زیرکونیا در زمینه‌های مختلف علوم و تکنولوژی کاربرد دارد. زیرکونیا یک عایق حرارتی عالی است و از لحاظ زیستی هم ماده‌ای سازگار می‌باشد [۱]. زیرکونیا دارای ترکیبی از ویژگی‌ها از جمله سختی بالا، قدرت بالا، نقطه ذوب بالا و سازگاری زیستی بالا می‌باشد [۱].

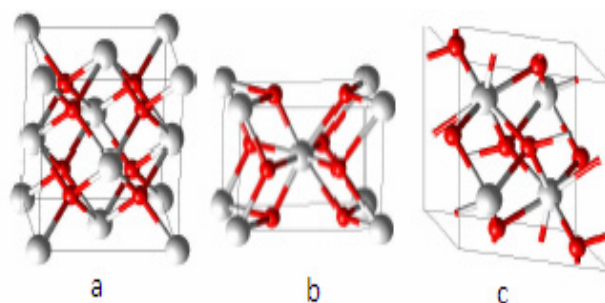
زیرکونیا در فشار محیط دارای پلیمرهای زیر می‌باشد:



استحاله t→m یک استحاله مارتنزیتی است که با افزایش حجم ۳٪ در دمای ۹۵۰ سانتیگراد و ۴/۹٪ در دمای محیط همراه می‌باشد. این تغییرات حجمی می‌تواند منجر به ایجاد میکروترکیب‌هایی در حین سرد شدن شده و باعث تضعیف تخریب خواص مکانیکی ماده گردد. در شکل (۱) ساختارهای کریستالی زیرکونیا نشان داده می‌شود [۱].

ساختار مونوکلینیک (m) از دمای اتاق تا دمای ۱۱۷۰ سانتیگراد پایدار می‌باشد و در این نقطه به فاز تتراگونال (t) تبدیل می‌شود. فاز تتراگونال تا دمای ۲۳۷۰ سانتیگراد پایدار مانده و بعد از آن به فاز مکعبی (c) تبدیل می‌گردد. در یک ماده خالص، فاز مکعبی فقط در بالای دمای ۲۳۷۰ سانتیگراد پایدار بوده و در محصولات زینتر شده در دماهای پایین‌تر، این فاز تشکیل نمی‌گردد. زیرکونیای زینتر شده در بالای دمای ۱۱۷۰ سانتیگراد، در طول سرد کردن ناگهانی، به دلیل تغییرات چگالی در اثر استحاله تتراگونال به مونوکلینیک رخ می‌دهد متلاشی می‌شود. در کاربردهایی که دما در آنها

به بالای ۱۰۰۰ سانتیگراد می‌رسد بایستی زیرکونیا پایدار شود تا از تبدیل آن به فازهای دیگر که معمولاً مخرب نیز می‌باشند جلوگیری بعمل آید. با کاهش دما تا زیر دمای محیط می‌توان از ایجاد این استحاله جلوگیری کرد. این عمل یا با کاهش اندازه دانه فاز تتراگونال (تا زیر $1\mu\text{m}$) انجام شده که در اثر کاهش اندازه دانه، حجم ماده و بنابراین انرژی آزاد شیمیایی، که نیروی محرکه استحاله می‌باشد، کاهش یابد و یا به وسیله استفاده از اکسیدهای پایدار کننده‌ای مناسب مثل ایتریا انجام گردد. اگر کریستال‌های تتراگونال بدون اینکه دچار استحاله گردند در ساختار باقی بمانند، استحکام‌یابی و چقرمه سازی قابل توجهی در هنگام استحاله کریستال‌های تتراگونال به منوکلینیک در طی بار گذاری رخ خواهد داد. در دمای اتاق این ذرات ریز زیرکونیای تتراگونال نیمه پایدار می‌باشند که بدین معنی است که فاز تتراگونال از دیدگاه ترمودینامیکی ناپایدار اما از دیدگاه سینتیکی پایدار می‌باشند. اگرچه بر سر این مطلب که استحاله فازی پدیده‌ای است که توسط جوانه‌زنی کنترل می‌شود، توافق وجود دارد، اما در مورد مکانیزم جوانه‌زنی توافقی وجود ندارد [۲ و ۱].



شکل ۱- ساختارهای کریستالی زیرکونیا (a) منوکلینیک (b) تتراگونال (c) مکعبی. دایره‌های سیاه اتم زیرکونیا و دایره‌های سفید اتم اکسیژن می‌باشند [۱].

برای سنتز زیرکونیا روش‌های زیادی وجود دارد. برای مثال آسیاب مکانیکی، روش‌های شیمیایی، هیدروترمال، سنتز شیمیایی بخار، رسوب دهی از محلول‌های نمکی آلی، تراکم گازهای خنثی و سل-ژل از جمله این روش‌ها هستند [۳-۶]. از بین این روش‌ها، فرآیند سل-ژل به دلیل قیمت مناسب‌تر، راحتی کنترل پارامترهای سنتز و ترکیب شیمیایی برای سنتز نانوپودرهای کامپوزیتی، بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

در این روش سنتز، pH محیط یکی از پارامترهای موثر بر تشکیل کمپلکس‌ها بوده که در نهایت بر روی اندازه ذرات و بلورک‌ها تاثیر خواهد گذاشت. در فرآیند سل-ژل واکنش دو ماده آب و آلکوکسید بسیار کند است و با افزودن الکل، محلول رقیق‌تر هم می‌شود، در نتیجه سرعت واکنش باز هم کاهش می‌یابد. برای افزایش سرعت واکنش، می‌توان از کاتالیزور استفاده کرد. کاتالیزوری را که برای تسریع واکنش مورد استفاده قرار می‌دهیم باید به گونه‌ای باشد که بعد از انجام واکنش بتوان آن را به راحتی از محیط خارج کرد. به عنوان مثال در گزارش محققان، هم از اسیدها و هم از بازها به عنوان کاتالیزور در آماده سازی ذرات سیلیس استفاده شده است که هر کدام مزایا و معایب خود را دارند. در محیطی با خاصیت بازی، ذرات تا اندازه ۱۰۰ تا ۲۰۰ نانومتر به سرعت رشد می‌کنند. در این حالت، نیروهای دافعه باعث می‌شود که ذرات جدا از هم باقی بمانند. در محیط اسیدی، ذرات در اندازه ۲ تا ۴ نانومتر متوقف می‌شوند، ولی در ادامه فرآیند، به سرعت به هم می‌پیوندند و ذرات بزرگتر را تشکیل می‌دهند. از معایب دیگر این کاتالیزورها این است که باعث به وجود آمدن محصولات جانبی می‌شوند و دیگر نمی‌توان محصول را با همان پیوندهای شیمیایی مورد نظر تهیه کرد [۷ و ۸].

هدف اصلی این تحقیق نیز تلاش برای سنتز زیرکونیای تتراگونال پایدار با بلورک‌های نانومتری با استفاده از فرآیند سل-ژل در دمای پایین با تغییر pH محیط و بررسی تاثیر این تغییر بر روی اندازه‌های نانو بلورک‌های زیرکونیا تتراگونال و میزان فاز به دست آمده بوده است.

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- سنتز زیرکونیا در محیط اسیدی

نمک اکسی دی کلرید زیرکونیم هشت آبه (Merck No.8917) با فرمول $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ را در مقدار مشخصی اسید اگزالیک

$(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ به نسبت ۱: ۰/۷ حل کرده و در هم می‌آمیزیم. به منظور افزایش سرعت ژل شدن و رسیدن به مورفولوژی مناسب پلی وینیل الکل را نیز در سوسپانسیون فوق افزوده، محلول را بر روی همزن مغناطیسی و با دور مشخص (۸۰۰rpm) همگن و یکنواخت می‌کنیم نتیجه یک محلول شفاف و یکدست خواهد بود که با ادامه همزدن یکنواخت، محلول ویسکوز و کدر خواهد شد. در ادامه محصول را تحت حرارت ۵۰ درجه سانتیگراد در آون به مدت ۲۴ ساعت خشک می‌کنیم. در نهایت در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه کلسینه می‌کنیم. در این آزمایش pH محلول در حدود ۱ الی ۲ باقی می‌ماند.

۲-۲- سنتز زیرکونیا در محیط بازی

نمک اکسی دی کلرید زیرکونیم هشت آبه (Merck No.8917) با فرمول $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ یک مولار بدست را به آمونیاک ۲۵ درصد به وسیله یک ارتعاشگر مغناطیسی با دور مشخص (۸۰۰rpm) به مدت یک ساعت در دمای اتاق مخلوط می‌کنیم. سپس رسوب به دست آمده با استفاده از یک کاغذ صافی فیلتر می‌شود. pH محلول را در محدوده ۹ کنترل می‌کنیم. سپس سوسپانسیون بدست آمده به مدت یک ساعت جهت حذف آلودگی‌های احتمالی موجود، تحت امواج فراصوت در دستگاه آلتراسونیک قرار داده سپس در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۲۴ ساعت خشک می‌شود و سپس در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۳۰ دقیقه کلسینه می‌شود.

۲-۳- مشخصه‌یابی و آنالیز

برای تعیین فازهای به دست آمده بعد از حرارت دیدن نمونه‌ها و مطالعه ساختار آنها از روش‌های پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده گردید. الگوهای پراش پرتو ایکس با دستگاه پراش پرتو ایکس Siemens تحت ولتاژ ۳۰Kv و جریان ۲۵mA صورت گرفت. در تمام آزمایش‌ها از اشعه ایکس $Cu K\alpha$ با طول موج $1/5404 \text{ \AA}$ استفاده شد. زمان اقامت در هر گام یک ثانیه، اندازه گام ۰/۰۲ درجه و محدوده روبش بین ۲۰ تا ۷۰ درجه انتخاب گردید. جهت تعیین نوع فازها و بررسی پیک‌های شناسایی شده، از نرم‌افزار X'Pert High Score Plus استفاده شد.

اندازه متوسط دانه‌ها با استفاده از فرمول Scherrer بر مبنای رابطه (۱) زیر تعیین گردید [۹]:

$$d = \frac{0.9\lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

که در آن، B عرض پیک در نصف ارتفاع (برحسب رادیان)، λ طول موج اشعه مورد استفاده بر حسب nm، θ زاویه تفرق بلندترین پیک برحسب رادیان و d قطر متوسط دانه‌ها بر حسب nm می‌باشد. این رابطه هنگامی قابل استفاده است که اندازه دانه‌های کریستالی کمتر از 1000 \AA باشد. اندازه دانه‌های محاسبه شده با کمک رابطه شرر تخمینی بوده و با اعمال نسبت‌های تصحیح مربوط می‌توان دقت این روش را بهبود بخشید. برای تعیین اندازه دانه‌ها از پیک‌های مربوط به صفحاتی که دارای ماکزیمم شدت هستند، به دلیل وضوح و تفکیک مناسب آنها از سایر پیک‌ها استفاده گردید.

کسر حجمی فازها زیرکونیا نیز با استفاده از الگوی پراش اشعه ایکس و به کمک رابطه (۲) موسوم به رابطه Garvie Nicholson (G-N) محاسبه می‌شود [۱۰].

$$X_m = \frac{I_m(111) + I_m(\bar{1}\bar{1}\bar{1})}{I_m(111) + I_m(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) + I_t(101)} \quad (2)$$

که در آن X_m درصد فاز مونوکلینیک، I_m شدت پیک صفحات کریستالی فاز مونوکلینیک، و I_t شدت پیک صفحه کریستالی فاز تتراگونال می‌باشد.

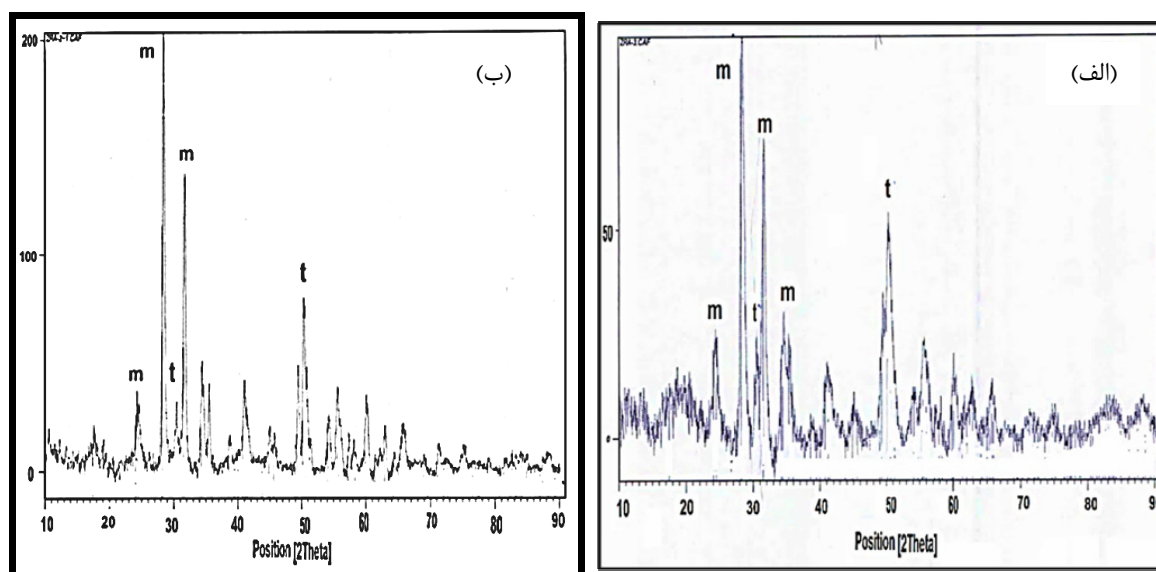
برای تعیین بنیان شیمیایی پودرهای زیرکونیا به دست آمده در محیط اسیدی و بازی از طیف سنجی فرو سرخ استفاده شد. برای مطالعات طیف سنجی فرو سرخ از دستگاه FT-IR مدل Bruker IFS 48 ساخت آلمان در محدوده عدد موج $4000 - 500 \text{ cm}^{-1}$ در حالت عبوری استفاده شد.

برای بررسی اندازه و مورفولوژی ذرات زیرکونیا تهیه شده، پس از عملیات حرارتی و همچنین بررسی مورفولوژی و اندازه ذرات در محیط‌های سنتز متفاوت از دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری Philips استفاده شد.

جهت نمونه سازی در میکروسکوپ الکترونی عبوری، نمونه‌های پودر به صورت سوسپانسیون تهیه شد. این سوسپانسیون بر روی یک سری فیلم کربنی ریخته و مجموعه بر روی یک شبکه فلزی از جنس مس قرار گرفت. با استفاده از تصاویر حاصل، اندازه متوسط ذرات پودر تعیین و تغییرات آن بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

در شکل ۲ الگوی پراش اشعه ایکس زیرکونیا سنتز شده در دو محیط اسیدی (شکل ۲ الف) و بازی (شکل ۲ ب) مشاهده می‌شود. با توجه به این دو الگو مشاهده می‌شود که در هر دوروش سنتز زیرکونیا به دست آمده شامل فازهای مونوکلینیک و تتراگونال است. با کمک روش Garvie Nicholson میزان فازهای به دست آمده در هر روش تعیین شد که به ترتیب مطابق با جدول ۱ برای روش اسیدی ۵۴ درصد تتراگونال و برای روش بازی ۳۳ درصد کسر حجمی فاز تتراگونال بوده است. همچنین با استفاده از روش شرر و با استفاده از پیک اصلی فازهای تتراگونال و مونوکلینیک اندازه بلورک‌های این دو فاز در هر کدام از روش‌های سنتز اسیدی و بازی تعیین گردید. نتایج نشان دهنده آن بود که اندازه بلورک‌های فاز تتراگونال و مونوکلینیک به ترتیب برابر با ۲۸ و ۶۸ نانومتر با روش سنتز در محیط اسیدی است. در محیط بازی اندازه بلورک‌ها به ترتیب ۹۲ و ۳۲ نانومتر برای فازهای تتراگونال و مونوکلینیک به دست آمد. با توجه به نتایج می‌توان گفت در محیط اسیدی درصد کسر حجمی فاز تتراگونال به دست آمده نسبت به محیط بازی بیشتر بوده ولی از اندازه بلورک کوچکتری برخوردار است. در محیط بازی اندازه بلورک‌های فاز تتراگونال افزایش یافته ولی درصد کسر حجمی فاز تتراگونال کاهش یافته است.

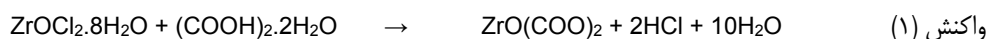


شکل ۲- الگوی پراش اشعه ایکس زیرکونیا سنتز شده در دو محیط اسیدی (الف) و بازی (ب) (m: فاز مونوکلینیک و t: فاز تتراگونال)

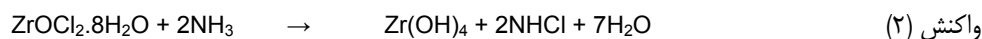
جدول ۱- مقایسه کسر حجمی فاز تتراگونال و اندازه دانه‌های فازهای تتراگونال و مونوکلینیک زیرکونیا به دست آمده در محیط اسیدی و بازی

محیط واکنش	اندازه دانه فاز تتراگونال nm	اندازه دانه فاز مونوکلینیک nm	کسر حجمی فاز تتراگونال (%)
اسیدی	28	68	54
بازی	92	32	33

سنتز در محیط اسیدی بر اساس واکنش (۱) اتفاق می‌افتد. در محیط‌های اسیدی واکنش‌های هیدرولیز و متراکم شدن یک جا اتفاق می‌افتد، پس از آن گروه‌های هیدراته با یکدیگر اتصال پیدا کرده که در اثر این فرآیند یک توده ژل مانند تشکیل می‌شود. خواص ژل نیز وابسته به نسبت مولی آب و اکسید، دما، نوع حلالیت و ماهیت کاتالیزور است.



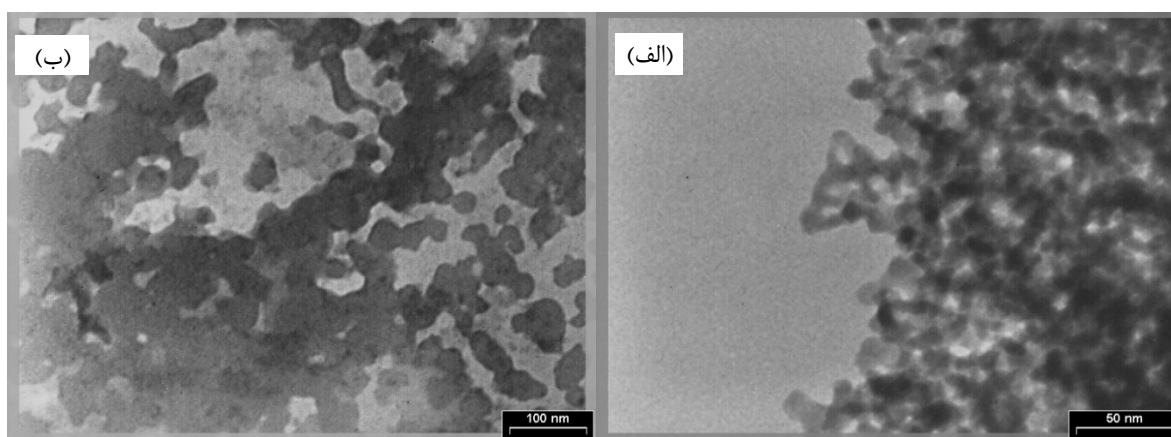
سنتز در محیط بازی مطابق با واکنش ۲ صورت می‌گیرد. در محیط بازی واکنش هیدرولیز بسیار سریع‌تر از واکنش متراکم شدن اتفاق می‌افتد. تهیه هیدروکسید زیرکونیا $\text{Zr}(\text{OH})_4$ شامل هیدرولیز پیش سازه‌های زیرکونیایی در آب تحت شرایط قلیایی می‌باشد. در نتیجه در محیط قلیایی حصول محصول رسوبی غیر قابل کنترل است. برای کنترل بر شرایط رسوب می‌توان از الکل به جای آب به عنوان محلول استفاده کرده و یا ذرات را در اندازه کوچک و به صورت همگن در محلول پخش نمود، به نحوی که حرکت براونی، سل کلوییدی را به صورت سوسپانسیون نگه دارد و از ته نشین شدن آن جلوگیری کند.



در سنتز به روش سل-ژل شرایط پایداری فاز تتراگونال، بیشتر خواهد بود. از آنجایی که انرژی آزاد فاز منوکلینیک در حالت بالک پایین‌تر از تتراگونال و برعکس انرژی آزاد سطحی ذرات نانو فاز تتراگونال پایین‌تر از منوکلینیک است، لذا زمانی که اندازه این ذرات در یک دمای معین از یک حد بحرانی کوچک‌تر باشد، فاز تتراگونال پایدار خواهد بود [۳].

فاکتورهایی مانند تنش‌های موجود در مرز حوزه‌های مغناطیسی، نطفه‌های جوانه‌زنی، جای خالی‌های آنیونی، و کاتیون‌های جذب شده به پایداری فاز تتراگونال کمک می‌کنند [۴ و ۵]. حضور گروه‌های هیدروکسیل OH و لیگاندهایی نظیر سولفات، فسفات و کربوکسیل (COOH) عامل پایدارکننده فاز تتراگونال هستند.

جهت بررسی نتایج به دست آمده در مورد اندازه بلورک‌ها توسط آنالیز XRD و مشاهده دانه‌ها، پودر زیرکونیا سنتز شده پس از خشک شدن و بعد از کلسینه کردن در دمای 1000°C در دو محیط سنتزی بازی و اسیدی توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در شکل‌های ۳ الف و ب نشان داده شده است. با توجه به تصاویر به دست آمده و تخمین اندازه بلورک‌ها از روی تصاویر می‌توان گفت نتایج به دست آمده از مشاهده دانه‌ها در زیر میکروسکوپ الکترونی عبوری با نتایج محاسبه اندازه دانه‌ها به وسیله رابطه شرر تقریباً همخوانی داشته و با هم مطابقت می‌کنند.

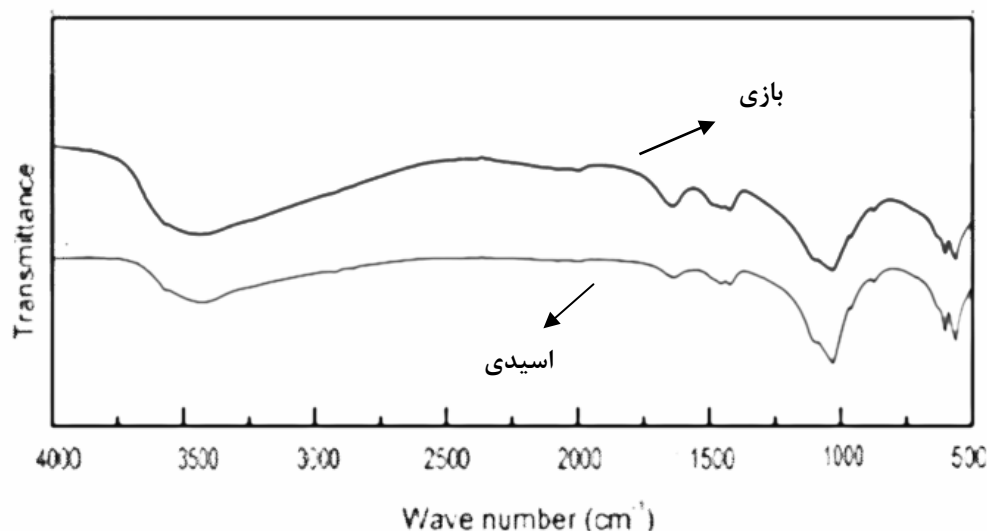


شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از پودر زیرکونیا سنتز شده در دو محیط اسیدی (الف) و بازی (ب)

همانطور که در شکل ۳ الف مشخص است در محیط اسیدی ذرات پودر زیرکونیا به دست آمده ریزتر و درهم تنیده و به صورت آگلومره هستند در حالی که در مورد ذرات زیرکونیا سنتز شده در محیط بازی شکل ۳ ب ذرات زیرکونیا به دست آمده درشت‌تر بوده در حالی که پدیده آگلومره شدن همچنان در این پودر به دلیل ریز بودن ذرات مشاهده می‌شود.

بررسی اتصال پیوندی نانوپودرهای زیرکونیایی به دست آمده در هر دو محیط اسیدی و بازی به وسیله آنالیز FT-IR مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که رفتار الگوی طیف سنجی مادون قرمز پودر زیرکونیا سنتز شده در هر دو محیط اسیدی و بازی یکسان بوده و تقریباً بر هم منطبق‌اند. پیک موجود در طول موج 670 cm^{-1} بیانگر ارتعاشات کششی پیوندهای Zr-O می‌باشد. پیک‌های متعلق به فاز زیرکونیایی تتراگونال عموماً در عدد موج‌های 574 cm^{-1} و 667 cm^{-1} مشاهده می‌شوند [۱۱ و ۱۲]. پیک موجود در محدوده 3500 cm^{-1} مربوط به رطوبت هوای جذب شده و یا گروه‌های

هیدروکسیل جذب شده بر روی سطح است. پیک‌های ضعیف موجود در محدوده 1100 cm^{-1} ، 1390 و 1620 مربوط به گروه‌های کربنات و کربونیل است که می‌تواند از طریق جذب سطحی گازهای مونو اکسید کربن و دی اکسید کربن بر روی زیرکونیا سنتز شده به وجود آمده باشد [۱۱ و ۱۲].



شکل ۴- طیف سنجی مادون قرمز زیرکونیا سنتز شده در دو محیط اسیدی (الف) و بازی (ب)

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که در هر دوروش سنتز زیرکونیا در محیط اسیدی و بازی زیرکونیا به دست آمده شامل فازهای مونوکلینیک و تتراگونال است. میزان فازهای به دست آمده در روش اسیدی ۵۴ درصد تتراگونال و برای روش بازی ۳۳ درصد کسر حجمی فاز تتراگونال بوده است. نتایج نشان دهنده آن بود که اندازه بلورک‌های فاز تتراگونال و مونوکلینیک به ترتیب برابر با ۲۸ و ۶۸ نانومتر با روش سنتز در محیط اسیدی است. در محیط بازی اندازه بلورک‌ها به ترتیب ۹۲ و ۳۲ نانومتر برای فازهای تتراگونال و مونو کلینیک به دست آمد. می‌توان گفت در محیط اسیدی درصد کسر حجمی فاز تتراگونال به دست آمده نسبت به محیط بازی بیشتر بوده ولی از اندازه بلورک کوچکتری برخوردار است. در محیط بازی اندازه بلورک‌های فاز تتراگونال افزایش یافته ولی درصد کسر حجمی فاز تتراگونال کاهش یافته است.

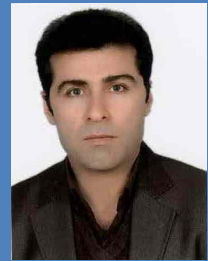
مراجع

- [1] W. E. Lee and W. M. Rainforth, "Ceramics Microstructures Property Control By Processing", Chapman & Hall, 1994.
- [2] D. E. Clark and B. K. Zaitos, "Corrosion of Glass, Ceramics and Ceramic Superconductors: Principles, Testing, Characterization and Applications", Noyes publication, 1992.
- [3] A.U. Maheswari, S.S. Kumar, and M. Sivakumar, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 6, 2013, 4409.
- [4] F. Davar, A. Hassankhani, and M.R. Loghman-Estarkic, Ceramics International, 39, 2013, 2933.
- [5] M. Bashir, S. Riaz, Z.N. Kayani, and S. Naseem, Journal of Sol-Gel Science and Technology, 74, 2015, 289.
- [6] N. Mamana, A. Ortiz, F. Sánchez-Bajo, R. Caruso, Ceramics International 40, 2014 16829.
- [7] M. M. Kashani-Motlagh, A. Maghsoudipour, L. Majidzadeh Gorjani and F. Hashemzadeh, International Journal of the Physical Sciences, 6(10), 2011, 2518.
- [8] C. N. Chervin, B. J. Clapsaddle, H. W. Chiu, A. E. Gash, J. H. Satcher, Jr., S. M. Kauzlarich, Chemistry of Materials, 2005, UCRL-JRNL-209759.
- [9] B. D. Culity, "Elements of X-Ray Diffraction", Addison-Wesley, Reading, MA. 1978.
- [10] M. R. Gauna, M. S. Conconi, S. Gomez, G. Suarez, E. F. Aglietti, N. M. Rendtorff, Ceramics – Silikáty 59 (4), 2015, 318.
- [11] J. Judes, V. Kamaraj, Materials Science-Poland, 27, 2009, No. 2,
- [12] B. Bagchi, R. Nath Basu, Journal of Alloys and Compounds, 647, 2015, 620.

لایه‌نشانی و بررسی خواص لایه نازک کربن شبه الماسی اعمال شده بر پنجره مادون قرمز سیلیکونی

اکبر اسحاقی*، عباسعلی آقایی

دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان



دکتر اکبر اسحاقی، نویسنده‌ی
اول مقاله، دانشگاه صنعتی مالک
اشتر، دانشکده مهندسی مواد

eshaghi.akbar@gmail.com

چکیده: پنجره‌های مادون قرمز به عنوان محافظ سامانه‌های الکترواپتیک در صنایع هوایی و فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال این پنجره‌ها تحت تاثیر شرایط نامساعد محیطی قرار گرفته و در نتیجه عملکرد سامانه‌های الکترواپتیک نیز دچار اختلال می‌شود. اعمال پوشش‌های محافظ بر پنجره‌های مادون قرمز باعث افزایش عملکرد این پنجره‌ها خواهد شد. در این تحقیق لایه نازک کربن شبه الماسی با استفاده از دو گاز هیدروژن و متان به روش رسوب شیمیایی بخار تقویت شده به کمک پلاسما با منبع تغذیه فرکانس رادیویی (RF-PECVD) بر سطح پنجره‌های مادون قرمز سیلیکونی اعمال گردید. ارزیابی ساختاری پوشش با استفاده از آنالیز پراش سنجی پرتو ایکس و طیف‌سنجی رامان صورت گرفت. به منظور تعیین ضریب شکست لایه نازک کربن شبه الماسی روش بیضی‌سنجی مورد استفاده قرار گرفت. طیف بازتاب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه UV-Vis-NIR recording spectrophotometer و همچنین برای اندازه‌گیری طیف عبور از روش طیف‌سنجی تبدیل فوری مادون قرمز استفاده شد. تست سایش ملایم و شدید نیز با هدف بررسی مقاومت سایشی پوشش صورت گرفت. نتایج نشان داد با اعمال لایه نازک کربن شبه الماسی میزان عبور بستره‌های سیلیکونی افزایش یافته است. همچنین نتایج تست سایش نشان داد کربن شبه الماسی با ضخامت ۵۴۰ nm در برابر سایش ملایم و شدید مقاوم بوده و عبور نمونه‌ها در اثر سایش کاهش نیافته است.

کلمات کلیدی: پنجره مادون قرمز، خواص اپتیکی، کربن شبه الماسی، لایه نازک.

۱- مقدمه

فناوری مادون قرمز یکی از فناوری‌های جدید و پرکاربرد در زمینه‌های گوناگون صنعتی، نظامی و پزشکی است. از جمله مهمترین کاربردهای پنجره‌های مادون قرمز می‌توان به دام محافظ ردیاب موشک‌های جنگی، محافظ سیستم تصویربرداری و انتقال سیگنال مادون قرمز در موشک‌های مافوق صوت، سیستم‌های نظارت، سامانه‌های شناسایی هوایی، سیستم رادارهای لیزری، دوربین‌های مادون قرمز پزشکی و نیز کاربردهای آزمایشگاهی اشاره کرد [۱-۵]. پنجره‌های مادون قرمز به سه دسته تک کریستال، پلی کریستال و شیشه تقسیم می‌شوند. سیلیکون به دو شکل تک کریستال و پلی کریستال به عنوان پنجره مادون قرمز استفاده می‌شود [۱]. در این تحقیق از قرص سیلیکونی پلی کریستال به عنوان زیرلایه استفاده شد.

شفافیت بالای یک پنجره مادون قرمز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سیلیکون به عنوان پنجره مادون قرمز در محدوده طول موجی ۳-۵ میکرون کاربرد بیشتری دارد اما ضریب شکست سیلیکون به اندازه‌ای بالا است که اتلاف بازتابشی قابل توجهی را ایجاد می‌کند، به طوری که میزان عبور یک زیرلایه سیلیکونی جلا داده شده در محدوده ۳-۵ میکرون حدود ۵۵٪ می‌باشد [۶]. از این رو، این ماده به تنهایی نمی‌تواند نیازهای کاربردهای عملی را برآورده سازد و ضرورت اعمال یک پوشش ضدبازتاب مشخص می‌شود.

یکی از چالش‌های دیگر در استفاده از پنجره‌های مادون قرمز، حفاظت آن‌ها از آسیب به وسیله برخورد با ذرات است. زیرا این عنصر خارجی‌ترین بخش سامانه بوده و همواره در معرض عوامل بسیاری مانند: فشار اتمسفر، تنش پرتاب، شوک حرارتی ناشی از برخورد قطرات سرد، فرسایش، برخورد ذرات جامد و غیره می‌باشد. بنابراین، انتخاب یک ماده مناسب به منظور افزایش مقاومت

سایشی سیلیکون نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کربن شبه الماسی، پوشش‌های ژرمانیم-کربن، پوشش‌های پایه فسفر و الماس از جمله پوشش‌هایی است که به عنوان پوشش مقاوم به سایش در پنجره‌های مادون قرمز کاربرد دارد [۷۱]. در نتیجه به منظور بهبود عبوردهی به واسطه کاهش بازتاب و حفاظت در برابر فرسایش باران و ماسه، نیاز به پوشش‌های ضدبازتاب و محافظ احساس می‌شود. کربن شبه الماسی دارای ضریب شکست متغیر در محدوده ۱/۷ تا ۲/۲ است، لذا می‌تواند به عنوان پوشش ضدبازتاب استفاده شود. همچنین از آن جایی که این پوشش دارای سختی متغیر (محدوده کمتر از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ kg/mm²) می‌باشد، برای محافظت در مقابل سایش ذرات جامد، بسیار عالی است. این ماده، چسبندگی بسیار خوبی به ژرمانیم و سیلیکون دارد [۸۱]. در این تحقیق ابتدا پارامترهای بهینه برای لایه‌نشانی کربن شبه الماسی با ضریب شکست مناسب به روش رسوب شیمیایی بخار تقویت شده به کمک پلازما تعیین شد. سپس ضخامت بهینه برای داشتن بیشینه عبور محاسبه گردید و در ادامه لایه نازک کربن شبه الماسی به عنوان یک پوشش ضدبازتاب و مقاوم به سایش بر یک طرف و دو طرف پنجره‌های مادون قرمز سیلیکونی اعمال گردید. در نهایت مقاومت سایشی پوشش بررسی شد.

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- مواد

برای ساخت لایه نازک کربن شبه الماسی از دو گاز هیدروژن و متان با خلوص به ترتیب ۹۹/۹۹۵٪ و ۹۹/۹۹۹٪ استفاده شد. همچنین از قرص سیلیکونی خام (بدون هیچ گونه پوششی) با قطر ۲۵ میلی‌متر به عنوان زیرلایه استفاده گردید.

۲-۲- لایه‌نشانی

در این پژوهش ابتدا نمونه‌ها با آب و صابون و الکل به دقت شستشو شدند. در مرحله بعدی فرآیند پلازما اسپینگ هیدروژن به عنوان فرآیندی تکمیلی جهت رفع آلودگی‌های ناخواسته احتمالی و فعال‌سازی سطح به منظور افزایش چسبندگی پوشش به سطح زیرلایه انجام گرفت [۹]. پارامترهای فرآیند پلازما اسپینگ در جدول ۱ آورده شده است. پس از این فرآیند، فرآیند لایه نشانی به روش رسوب شیمیایی بخار تقویت شده به کمک پلازما صورت گرفت. پارامترهای این فرآیند در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- پارامترهای فرآیند پلازما اسپینگ هیدروژن

مقدار	پارامتر (واحد)
۱۰ ^{-۵}	فشار اولیه (torr)
۱۰۰ ± ۲	توان فرکانس (W)
۴۶/۵	دبی گاز هیدروژن (sccm)
۱	فشار کاری (torr)
۲۰	زمان اسپینگ (min)
دمای محیط	دمای فرآیند (oC)
۱/۵	فاصله آند و کاتد (cm)

جدول ۲- شرایط فرآیند لایه نشانی لایه نازک کربن شبه الماسی

مقدار	پارامتر (واحد)
۱۰۰ ± ۲	توان فرکانس (W)
۹/۶ به ۳۸/۴	دبی گاز هیدروژن به متان (sccm)
۱	فشار کاری (torr)
دمای محیط	دمای فرآیند (°C)
۱/۵	فاصله آند و کاتد (cm)

۲-۳- روش‌های مشخصه‌یابی

تشکیل لایه نازک کربن شبه الماسی و حالت کربن در ساختار با استفاده از آنالیز طیف‌سنجی رامان ارزیابی شد. در این تحقیق از دستگاه طیف‌سنج رامان مدل Senterra ساخت شرکت آلمانی Burker استفاده و طیف‌سنجی در محدوده طول‌موجی ۲۲۰۰-۷۰۰ nm انجام شد.

ساختار لایه نازک کربن شبه الماسی با استفاده از دستگاه پراش سنج پرتو ایکس مدل D8 Advance از شرکت Burker ساخت کشور آلمان مورد بررسی قرار گرفت. در پراش‌سنجی پرتو ایکس از تابش $K\alpha$ مس استفاده شد و طیف‌سنجی در بازه $2\theta=5-80$ صورت گرفت.

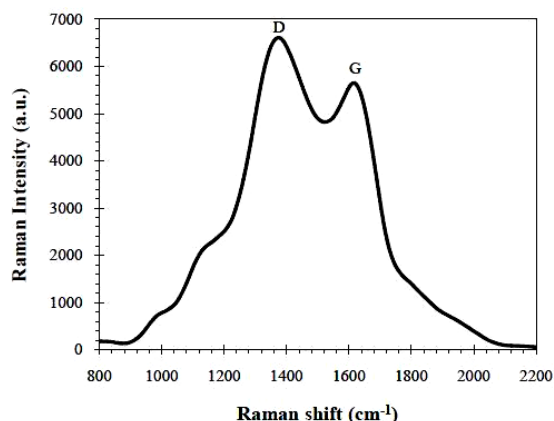
برای تعیین منحنی ضریب شکست لایه نازک کربن شبه الماسی از دستگاه بیضی‌سنج مدل Horiba در محدوده طول‌موج nm ۱۰۰۰-۳۷۰ استفاده شد. طیف بازتاب توسط دستگاه UV-VIS-NIR Recording Spectrophotometer بدست آمد. لازم به ذکر است دقت کالیبره دستگاه استفاده شده در حدود ۰/۵٪ عبوردهی و خطای دستگاه در حد صدم درصد عبوردهی می‌باشد. همچنین به منظور بررسی میزان شفافیت نمونه‌های سیلیکونی از دستگاه FTIR استفاده گردید. این طیف‌سنجی در محدوده طول موجی $2-15 \mu m$ انجام گرفت. مقاومت سایشی پوشش توسط تست سایش ملایم و شدید بررسی شد.

برای انجام تست سایش ملایم پارچه کتانی و نمونه پوشش داده شده لازم می‌باشد. بعد از انجام این تست، نباید هیچ نشانه واضحی از بدتر شدن کیفیت لایه نظیر وجود رگه یا خراش در قطعه مشاهده گردد. روش تست به این صورت است که در زمان ۱ ساعت پس از تست رطوبت، نمونه لایه‌نشانی شده، تحت سایش ملایم قرار می‌گیرد. این کار با سایش سطح لایه‌نشانی شده به کمک یک پارچه کتانی درشت بافت (که استاندارد MIL CCC-C-440 را پاس می‌نماید) با ضخامت ۶/۴ میلی‌متر که دارای پهنای ۹/۵ میلی‌متر می‌باشد، صورت می‌گیرد. این پارچه بر روی تستر ثابت شده و سطح آن را به طور کامل می‌پوشاند. تستر باید عرض سطح قطعه را از یک نقطه تا نقطه دیگر در یک مسیر، برای ۲۵ دور کامل (۵۰ بار رفت و برگشت) با نیروی حداقل ۱ پوند که به طور متوالی اعمال می‌گردد طی نماید. طول مسیر باید حداقل ۲ برابر پهنای پارچه بوده و جهت اعمال نیرو باید همواره بر سطح قطعه عمود می‌باشد. سپس قطعه بر اساس روش تمیزکاری سطوح لایه‌نشانی شده تمیز و خشک گردیده و آسیب‌های احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

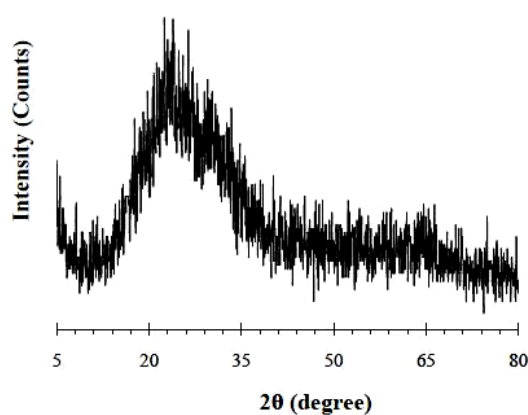
برای انجام تست سایش شدید پاک‌کن استاندارد و نمونه پوشش داده شده لازم می‌باشد. بعد از تست سایش شدید نباید هیچ‌گونه آسیب واضحی نظیر کنده شدن لایه و یا خراش در قطعه مشاهده گردد. در این تست لازم است که مقاومت به سایش نمونه لایه‌نشانی شده، به کمک مداد پاک‌کن مورد تأیید استاندارد MIL-E-12397 که بر روی یک تستر قرار گرفته مورد بررسی قرار گیرد. مداد پاک‌کن باید عرض سطح قطعه را از یک نقطه تا نقطه دیگر در یک مسیر، برای ۱۰ دور کامل با نیروی برابر ۲ تا ۲/۵ پوند که به طور متوالی به آن اعمال می‌گردد طی نماید. طول مسیر باید تقریباً سه برابر قطر مداد پاک‌کن بوده و جهت اعمال نیرو باید همواره بر سطح قطعه عمود می‌باشد. سپس قطعه بر اساس روش تمیزکاری سطوح لایه‌نشانی شده تمیز خشک گردیده و سپس آسیب‌های احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳- نتایج و بحث

نتیجه آنالیز طیف‌سنجی رامان در شکل ۱ نشان داده شده است. تشکیل پیک D (ناشی از پیوندهای گرافیتی نامنظم) و نیز پیک G (ناشی از پیوندهای گرافیتی تک کریستال) به ترتیب در عددهای موجی 1340 cm^{-1} و 1550 cm^{-1} تشکیل لایه نازک کربن شبه‌الماسی را اثبات می‌کند [۱۱ و ۱۰]. میزان نسبی شدت I_D/I_G و نیز موقعیت پیک G، نسبت SP^3/SP^2 را در پوشش مشخص می‌کند. با افزایش نسبت I_D/I_G میزان SP^2 در پوشش افزایش می‌یابد [۱۲ و ۱۳]. طیف پراش‌سنجی پرتو ایکس لایه نازک کربن شبه الماسی در شکل ۲ نشان داده شده است. عدم وجود پیک تیز در طیف مشخص می‌کند که پوشش دارای ساختاری آمورف است [۱۴ و ۱۰].



شکل ۱- طیف پراش سنجی پرتو ایکس لایه نازک کربن شبه الماسی



شکل ۲- طیف پراش سنجی پرتو ایکس لایه نازک کربن شبه الماسی

پارامترهای فرایند لایه‌نشانی به گونه‌ای انتخاب گردیده است که ضریب شکست پوشش، به مقدار بهینه نزدیک باشد. برای این منظور از رابطه ۱ استفاده می‌شود [۱۵ و ۱۶].

$$n_{AR} = \sqrt{n_o n_{si}} \quad (1)$$

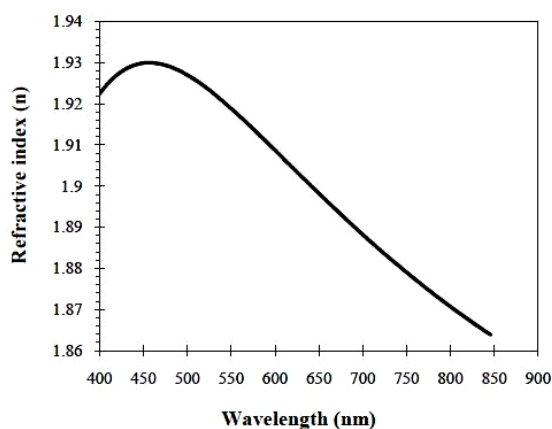
در این رابطه n_{AR} ضریب شکست پوشش ضد بازتاب، n_o ضریب شکست هوا، n_{si} ضریب شکست زیر لایه سیلیکونی در طول موج ۴۰۰۰ nm است که با جایگذاری مقادیر ۱ برای ضریب شکست هوا و ۳/۴۲۵ برای ضریب شکست سیلیکون، ضریب شکست بهینه پوشش از نظر تئوری در طول موج ۴۰۰۰ nm برابر ۱/۸۵ بدست می‌آید [۱۷]. از طرفی چون ضریب شکست لایه نازک کربن شبه الماسی تنظیم‌پذیر است، می‌توان در ضمن فرایند لایه‌نشانی با تغییر پارامترهای لایه‌نشانی ضریب شکست پوشش را تا حد قابل قبولی به مقدار ۱/۸۵ نزدیک کرد [۱۰]. شکل ۳ منحنی ضریب شکست لایه نازک کربن شبه الماسی را نسبت به طول موج نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، لایه نازک کربن شبه الماسی اعمال شده بر سطح نمونه‌های سیلیکونی دارای ضریب شکست برابر ۲/۰۲ در طول موج ۵۵۰ nm است. بررسی منحنی شکل ۱ نشان می‌دهد ضریب شکست این لایه در طول موج ۱۰۰۰ nm برابر ۱/۹۵ شده است. بنابراین از شیب نمودار ضریب شکست بر حسب طول موج و با استفاده از روش برون‌یابی می‌توان نتیجه گرفت که ضریب شکست پوشش در طول موج ۴۰۰۰ nm با مقدار تئوری (بدست آمده از رابطه ۱) مطابقت خوبی دارد.

پس از تعیین ضریب شکست بهینه، ضخامت بهینه اپتیکی جهت برخورداری کربن شبه الماسی از خواص ضد بازتابی با استفاده از رابطه (۲) بدست می‌آید [۱۵ و ۱۶]:

$$d_{AR} = \frac{n \lambda_o}{4 n_{AR}} \quad (2)$$

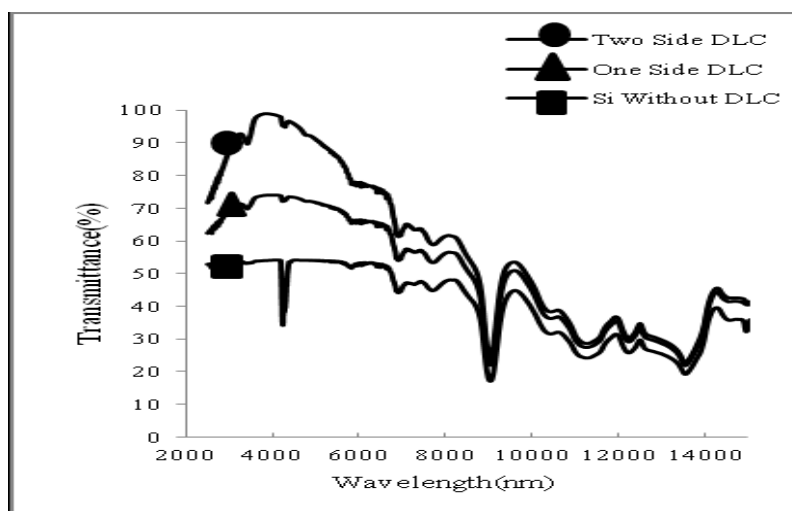
در این رابطه d_{AR} ضخامت بهینه اپتیکی (nm)، λ_0 طول موج (nm) و n_{AR} ضریب شکست بدست آمده از شکل ۱ است. با جای گذاری مقادیر در رابطه (۲) ضخامت بهینه بدست می آید:

$$d_{AR} = \frac{4000}{4 \times 1.85} = 540.54 \text{ nm}$$



شکل ۳- منحنی ضریب شکست لایه نازک کربن شبه الماسی

بنابراین ضخامت بهینه لایه نازک کربن شبه الماسی برای داشتن کمترین بازتاب برابر ۵۴۰ نانومتر است که در ادامه این ضخامت در دو حالت یک طرف و دو طرف سطح نمونه های سیلیکونی اعمال شد. به منظور بررسی شفافیت نمونه های سیلیکونی پس از اعمال لایه نازک کربن شبه الماسی، طیف عبور در سه حالت نمونه بدون پوشش، یک طرف پوشش دار و دو طرف پوشش دار تهیه گردید. این طیف سنجی در محدوده ۱۵-۲ میکرون صورت گرفته که در شکل ۴ نشان داده شده است.



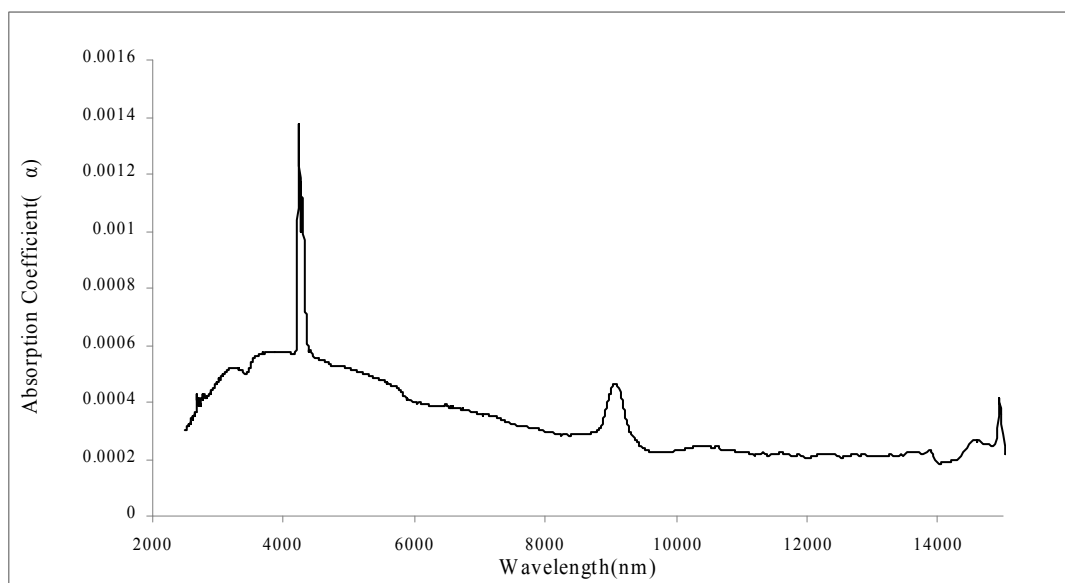
شکل ۴- طیف عبور پنجره مادون قرمز سیلیکونی دو طرف پوشش دار، یک طرف پوشش دار و بدون پوشش

همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود با اعمال لایه نازک ضد بازتاب کربن شبه الماسی شفافیت در محدوده مادون قرمز افزایش می یابد که این میزان افزایش برای حالت دو طرف پوشش دار بیشتر است. بنابراین از لایه نازک کربن شبه الماسی می توان به عنوان یک پوشش اپتیکی به منظور افزایش شفافیت پنجره های مادون قرمز استفاده کرد. با استفاده از میزان عبور نمونه بدون پوشش T_0 و نمونه دارای یک طرف پوشش T طبق رابطه (۳) می توان ضریب جذب نمونه ها را به دست آورد.

$$\alpha = -\frac{1}{d} \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) \quad (3)$$

در رابطه (۳) ضخامت نمونه می‌باشد.

منحنی ضریب جذب برحسب طول موج در شکل ۵ آمده است. همان طور که مشاهده می‌شود پوشش دارای ضریب جذب بسیار پایین در محدوده طول موجی ۱۵-۲ میکرون می‌باشد.



شکل ۵- منحنی ضریب جذب لایه نازک کربن شبه الماسی

برای بررسی مقاومت به سایش پوشش تست سایش ملایم به این صورت انجام شد که پارچه کتان برای ۲۵ دور کامل با نیروی برابر با ۱ پوند روی سطح نمونه اعمال شد. بعد از انجام این تست، هیچ نشانه واضحی از بدتر شدن کیفیت لایه نظیر وجود رگه یا خراش در قطعه مشاهده نشد و نمونه سیلیکونی دارای پوشش کربن شبه الماسی با ضخامت ۵۴۰ nm این تست را که طبق استاندارد MIL CCC-C-440 صورت گرفت، با موفقیت گذراند.

برای بررسی مقاومت به سایش نمونه سیلیکونی طبق استاندارد MIL-E-12397، پاک‌کن برای ۱۰ دور کامل با نیروی عمودی ۲,۵ پوند روی سطح پوشش اعمال شد. بعد از انجام تست سایش شدید هیچ‌گونه آسیب واضحی نظیر کنده‌شدن لایه و یا خراش در قطعه مشاهده نشد و نمونه سیلیکونی دارای پوشش کربن شبه الماسی با ضخامت ۵۴۰ nm این تست را نیز با موفقیت گذراند.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش لایه نازک ضدبازتاب کربن شبه الماسی با استفاده از دو گاز هیدروژن و متان به روش رسوب شیمیایی بخار تقویت شده به کمک پلاسما با منبع تغذیه فرکانس رادیویی (RF-PECVD) بر سطح پنجره مادون قرمز سیلیکونی اعمال شد و نتایج زیر به دست آمد:

- ضریب شکست لایه نازک کربن شبه الماسی در این پژوهش با ضریب شکست تئوری بدست آمده از روابط فیزیکی مطابقت دارد که در نتیجه می‌تواند به عنوان یک پوشش ضدبازتاب عمل کند بنابراین ضخامت بهینه اپتیکی در طول موج ۴۰۰۰ nm نانومتر برابر ۵۴۰ nm محاسبه گردید.
- اثبات شد که با اعمال لایه نازک کربن شبه الماسی شفافیت پنجره‌های مادون قرمز سیلیکونی در محدوده طول موج مادون قرمز افزایش می‌یابد.
- همچنین نتیجه می‌شود که با اعمال لایه نازک کربن شبه الماسی بر روی پنجره‌های مادون قرمز سیلیکونی مقاومت به سایش بهبود می‌یابد.

مراجع

- [1] D. C. Harris, "Materials for infrared windows and domes", SPIE Optical Engineering Press, Washington , 1999.
- [2] Y.Liu, Y.He, Z. Yuan, J. Zhu and J. Han, "Numerical and experimental study on thermal shock damage of CVD ZnS infrared window material", *Journal of Alloys and Compounds* Vol. 589, pp. 101–108, 2014.
- [3] B. Tang, Y. Yang, Y. Fan and L. Zhang, "Barium Gallogermanate Glass Ceramics for Infrared Applications", *Journal of Materials Science and Technology*, Vol. 26, pp. 558-563, 2010.
- [4] M. Hopf and J. U. G. Hopf, "Near Infrared Transillumination in Acute Maxillary Sinusitis: Theoretical Background – Clinical Application Diagnostic Potential – Limitations", *Medical Laser Application* Vol. 18, pp. 217–231, 2003.
- [5] D. C. Harris, "Durable 3–5 mm transmitting infrared window materials", *Infrared Physics & Technology* Vol. 39, pp. 185–201, 1998.
- [6] A. Rogalski and K. Chrzanowski, "Infrared devices and techniques", *Opto-Electronics Review*, Vol. 10, pp. 111–136, 2002.
- [7] A.A. Deom, A. Luc, S. Amara and D.L. Balageas, "Towards more realistic erosion simulation tests for high velocity EM and IR windows", *Wear*, pp. 13–24, 1999.
- [8] مجیری، ف، لایه‌نشانی و ارزیابی اثرات لایه نازک DLC بر بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی سیلیکونی، پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد (شناسایی و انتخاب مواد)، دانشکده مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اردیبهشت ماه ۱۳۹۲.
- [9] W. Seok Choi, K. Kim, J. Yi and B. Hong, "Diamond-like carbon protective anti-reflection coating for Si solar cell", *Materials Letters* 62 (2008) 577–580.
- [10] J. Robertson, "Diamond-like amorphous carbon", *Materials Science and Engineering R*, Vol. 37, pp. 129-281, 2002.
- [11] X. B. Yan, T. Xu, S. R. Yang, H. W. Liu and Q J Xue, "Characterization of hydrogenated diamond-like carbon films electrochemically deposited on a silicon substrate", *Journal of Physics D: Applied Physics*, Vol. 37, pp. 2416-2424, 2004.
- [12] L. Qiang, B. Zhang, Y. Zhou and J. Zhang, "Improving the internal stress and wear resistance of DLC film by low content Ti Doping", *Solid State Sciences*, Vol. 20 pp. 17-22, 2013.
- [13] T. Kitagawa, K. Miyauchi, N. Toyoda, K. Kanda, T. Ikeda, H. Tsubakino, J. Matsuo, Sh. Matsui and I. Yamada, "Influence of residual Arp in Ar cluster ion beam for DLC film formation", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, Vol. 206, pp. 884–888, 2003.
- [14] R. Chakraborty, R. Mandal and R. Das, "Studies on the influence of argon flow rate on PECVD grown diamond-like nanocomposite film", *Optik*, Vol. 124 pp. 6915– 6918, 2013.
- [15] F. J. Pern, Zh. Panosyan, A. A. Gippius, J. A. Kontsevov, K. Touryan, S. Voskanyan and Y. Yengibaryan, "Diamond-like carbon coatings as encapsulants for photovoltaic solar cells", Prepared for the 31st IEEE Photovoltaic Specialists Conference and Exhibition Lake Buena Vista, Florida January, pp. 3–7, 2005.
- [16] O. S. Heavens, "Thin film physics", Distributed in the U.S.A by Halsted press, NewYork, 1970.



keivan.asadian@gmail.com

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

بررسی سنتز پودر تک فاز Zn_2TiO_4 با استفاده از مایکروویو

کیوان اسدیان^{*}، نفیسه شاهقلی، تورج عبادزاده

پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده نیمه‌هادی

چکیده: در این تحقیق سنتز ترکیب Zn_2TiO_4 با استفاده از واکنش حالت جامد از دو طریق حرارت‌دهی در مایکروویو و کوره الکتریکی بررسی شده است. نتایج آنالیز XRD نشان داده است که در حرارت‌دهی از طریق مایکروویو در دمای $1000^\circ C$ اولین پیک قوی از فاز Zn_2TiO_4 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 فازهایی مربوط به مواد اولیه در نمونه دیده نشده است. لازم به ذکر است که برای سنتز کامل پودر تک فاز Zn_2TiO_4 در مایکروویو تنها ۳۶ 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 نگه‌داری 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: تیتانات روی، سرامیک دی‌الکتریک مایکروویو، گرمایش مایکروویو، سنتز، واکنش حالت جامد.

۱- مقدمه

در طی دو دهه گذشته، سرامیک‌های دی‌الکتریک مایکروویو به طور گسترده در مشدها، فیلترها و آنتن‌ها در سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم استفاده می‌شوند [۱]. سرامیک‌های مورد استفاده در این زمینه باید سه شرط زیر را دارا باشند [۲]:

۱- دارای فاکتور کیفیت (Q) بالایی باشند. واژه $Q \times f$ (که در آن f فرکانس اندازه‌گیری است) معمولاً بجای Q در بیان نتایج بکار می‌رود زیرا که امکان مقایسه Q که در فرکانس‌های متفاوت اندازه‌گیری شده است را فراهم می‌آورد. یادآوری می‌شود حاصل $Q \times f$ در فرکانس‌های مایکروویو تقریباً مساوی می‌باشد.

۲- دارای ضریب دی‌الکتریک (ϵ_r) بالایی باشند؛ چرا که ضریب دی‌الکتریک با اندازه قطعه تناسب عکس دارد.

۳- دارای ضریب دمایی فرکانس رزونانس (τ_f) ، نزدیک به صفر باشند. تیتانات‌های روی، گروهی از ترکیبات دی‌الکتریک با دمای زینتر پایین هستند که می‌توان آن‌ها را بدون استفاده از کمک زینترها در دمای $1100^\circ C$ و یا با استفاده از کمک زینترها (مثل مقادیر کمی از شیشه‌ها) در دمای $900^\circ C$ زینتر کرد. تیتانات‌های روی اغلب در ساخت رنگدانه‌های رنگ و ترمیستورهای ریخته‌گری ذوبی^۳ به کار می‌روند. این ترکیبات در ابتدا به عنوان جاذب برای خارج کردن سولفور از محصولات گازی زغال سنگ به کار می‌رفت. اما امروزه با توجه به گسترش دی‌الکتریک‌های مایکروویو، از آن‌ها در مشدهای دی‌الکتریک و فیلترها در ابزارهای مایکروویو استفاده می‌شود [۳ و ۴].

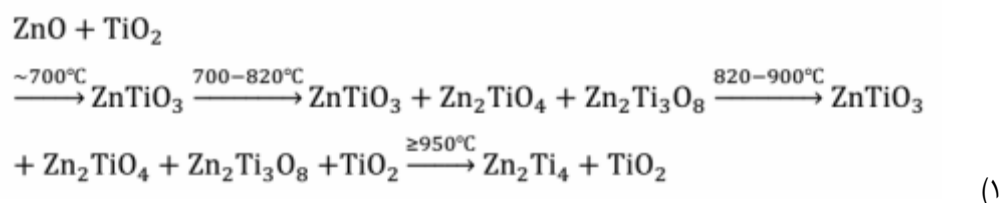
مطالعات بنیادی درباره سیستم $ZnO-TiO_2$ اولین بار توسط دولین و راس [۵] و بارترام و اسلیپتیس

¹ Quality factor

² Temperature Coefficient of Resonant Frequency

³ Fusion Cast Thermistors

[۶] در سال ۱۹۶۰ انجام گرفته است. این افراد وجود سه ترکیب $\alpha\text{-Zn}_2\text{TiO}_4$ (مکعبی)، ZnTiO_3 (هگزاگونال) و $\text{Zn}_2\text{Ti}_3\text{O}_8$ (مکعبی) را در این سیستم گزارش کردند. استحاله‌های فاز در سیستم ZnO-TiO_2 به صورت رابطه (۱) است [۷]:



ZnTiO_3 دارای ساختار پروسکایت بوده و یک ماده با قابلیت کاربرد در مشدهای دی‌الکتریک، سنسورهای گاز (برای اتانول، CO، NO و ...) و پیگمنت‌های رنگ است [۸]. یاماگوچی و همکارانش [۹] مشخص کردند که ترکیب ZnTi_3O_8 شکل دیگری از ترکیب ZnTiO_3 در دمای پایین‌تر است. Zn_2TiO_4 به راحتی از واکنش حالت جامد ۲ مول ZnO و ۱ مول TiO_2 بدست می‌آید. برخلاف آن؛ سنتز ZnTiO_3 از ۱ مول ZnO و ۱ مول TiO_2 به علت تجزیه ZnTiO_3 به $\alpha\text{-Zn}_2\text{TiO}_4$ و روتایل در دماهای بالای 945°C مشکل می‌باشد. اما این ترکیب به علت کاربرد در LTCC و دارا بودن خواص مایکروویو دی‌الکتریک مناسب بیش‌تر مورد توجه است. بطور کلی خواص ZnTiO_3 سینتر شده در دمای پایین‌تر از 945°C عبارت است از: $\epsilon_r = 22$ ، $\tau_f = -60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ و $(Q \times f) = 40,000 \text{ GHz}$ است. در حالی که خواص $\text{Zn}_2\text{TiO}_4 \epsilon_r = 21$ ، $\tau_f = -60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ و $Q \times f = 20,000 \text{ GHz}$ است و به راحتی از سینتر $2\text{ZnO}:1\text{TiO}_2$ در دماهای بالا بدست می‌آید اما فاکتور کیفیت آن پایین‌تر است [۱۰]. البته لی و همکارانش [۱۱] تشکیل فاز مکعبی ZnTiO_3 به صورت رسوب از زمینه Zn_2TiO_4 که دارای ساختار و پارامترهای شبکه یکسان با فاز زمینه است را نیز گزارش کرده‌اند، اورتوتیتانات با ساختار اسپینلی و شبکه مکعبی، در بین سه ترکیب ذکر شده در سیستم ZnO-TiO_2 پایدارتر است و به عنوان یک شکل تیتانات دما بالا به طور گسترده بررسی شده است.

همانطور که مشخص است خواص مواد به فرآیندهای سنتز شامل شرایط سنتز کردن و خواص فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه وابسته است. از طرفی خواص پودر سنتز شده بر روی دمای زینتر نقشی موثر و چشم‌گیر دارد. به عنوان مثال اگر تیتانات‌های روی سنتز شده دارای اندازه دانه بسیار کوچک باشند؛ می‌توان بدون افزودن کمک زینتر در دمای پایین‌تر متراکم کرد و خواص دی‌الکتریک مایکروویو مطلوب‌تری بدست آورد [۴].

تاکنون سنتز ترکیبات $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ با فرآیندهای مختلف در بسیاری از مقالات گزارش شده است؛ که این فرآیندها عموماً پیچیده و هزینه‌بر هستند. ابرادویک و همکارانش [۱۲] اثر فعال سازی مکانیکی را بر روی ترکیبات تیتانات روی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بعد از ۳۰ دقیقه آسیاب کاری مکانیکی ۲ مول ZnO و ۱ مول TiO_2 ، پیک‌های Zn_2TiO_4 در XRD ظاهر می‌شود. ارزیابی ریزساختار نمونه‌ها در تحقیق آن‌ها نشان داده است که فعال سازی مکانیکی منجر به افزایش منطقه گردنی در مرحله زینتر و همچنین افزایش چگالی سرامیک می‌گردد. مانیک و همکارش [۱۳] نیز ترکیبات Zn_2TiO_4 و ZnTiO_3 نانوکریستال را با آسیاب کاری پراثرتری پودرهای ZnO و TiO_2 بدست آوردند. نتایج آن‌ها حاکی از آن است که پس از ۳۰ دقیقه، Zn_2TiO_4 تشکیل می‌شود در حالی که ZnTiO_3 پس از ۲ ساعت آسیاب بدست خواهد آمد. پس از ۵ دقیقه آسیاب a-TiO_2 به فاز s-TiO_2 (فشار بالا) تبدیل می‌شود. برای توجیه تشکیل Zn_2TiO_4 فرض شده است که اتم‌های Zn در شبکه ZnO با اتم‌های Ti جانشین شده و هنگامی که محلول جامد ZnO-a-TiO_2 به استوکیومتری ۲:۱ درصد مولی می‌رسد، فاز اسپینل تشکیل خواهد شد. اسپینل معکوس نیز از محلول جامد ZnO-s-TiO_2 تشکیل می‌شود. پس از ۲ ساعت آسیاب نیز ZnTiO_3 از محلول جامد با نسبت استوکیومتری ۱:۱ بدست می‌آید. یو و همکارش [۱۴] نانوذرات ZnTiO_3 را به روش سل-ژل سنتز کردند. آن‌ها با استفاده از طیف XRD نشان دادند که ZnTiO_3 در 500°C تشکیل می‌شود؛ اما در این دما فاز اصلی ZnO می‌باشد. با افزایش دما به 550°C تنها فاز موجود ZnTiO_3 است که در محدوده دمایی وسیعی پایدار بوده و در دمای 950°C به Zn_2TiO_4 و روتایل تجزیه می‌گردد. آگگل [۱۵] نیز دو ترکیب ZnTiO_3 و Zn_2TiO_4 را سنتز و خصوصیات آن‌ها را بررسی کرد. وی هدف از بررسی خود را بدست آوردن ساختارهای اتمی دقیق این دو ترکیب دانست. وی به منظور دستیابی به هدف خود مخلوط پودرهای خالص ZnO و TiO_2 را با نسبت‌های مولی

معین در آسیاب گلوله‌ای با نسبت پودر به گلوله ۱ به ۲۰ با دور ۴۰۰ rpm به مدت ۲۴ ساعت آسیاب کرد. سپس در دمای ۸۰۰ و ۹۵۰ درجه سانتیگراد کلسیناسیون را به مدت ۲۴ ساعت انجام داد. نتایج بررسی‌ها و آنالیز XRD پودرهای سنتز شده نشان داد که ذرات تشکیل شده میزان تبلور بالایی داشته و اندازه ذرات بدست آمده که از طریق رابطه شرر محاسبه شد و برای $ZnTiO_3$ و Zn_2TiO_4 به ترتیب ۴۵ و ۲۰ میکرون به دست آمد.

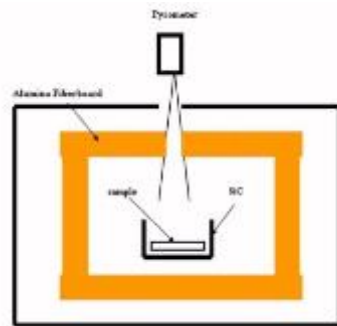
طی سال‌های اخیر گرمایش با میکروویو به دلیل راحتی و کارایی بالا توجه عمومی زیادی را به خود جلب کرده است. گرمایش معمولی در کوره الکتریکی به طریقی است که گرما را از طریق هدایت و جابه‌جایی به جسم منتقل می‌کند در حالی که گرمایش با میکروویو عمدتاً یک فرآیند حرارت‌دهی حجمی است که باعث گرم شدن ماده می‌گردد. با مقایسه این دو روش گرمایشی در می‌یابیم که در گرمایش با میکروویو علاوه بر کاهش مصرف انرژی، به ریزساختارهایی ریزتر و با خواص بهتر دست خواهیم یافت [۱۶].

در این تحقیق سنتز ترکیب Zn_2TiO_4 با استفاده از واکنش حالت جامد از دو طریق حرارت دهی در میکروویو و کوره الکتریکی انجام شد و پودرهای تهیه شده با استفاده از آنالیزهای XRD، SEM، STA مورد بررسی قرار گرفت.

۲- فعالیت‌های تجربی

در گام اول پودرهای ZnO (Merk، ۹۹/۹٪) و TiO_2 (Merk، ۹۹/۹٪) با نسبت استوکیومتری مشخص که قبلاً در خشک کن در دمای $150^\circ C$ به مدت ۲ ساعت برای خروج آب‌های اضافی و رطوبت احتمالی، خشک شده بود را توزین 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 منظور مخلوط‌شدن به مدت ۳۰ ساعت در آسیاب لرزشی آسیاب شد. سپس مخلوط بدست آمده در خشک کن با دمای $120^\circ C$ به مدت ۲ ساعت خشک شد. پس از مخلوط شدن و به منظور بررسی و ارزیابی رفتار حرارتی مواد مورد استفاده، مخلوط بدست آمده با آنالیز STA مورد بررسی قرار گرفت. این آنالیز از دمای محیط تا $1200^\circ C$ با سرعت گرمایش $10^\circ C/min$ و در اتمسفر هوا انجام شد. کلسیناسیون به دو صورت زیر انجام شد:

الف) کلسیناسیون در میکروویو: دستگاه مورد استفاده یک اجاق میکروویو معمولی با فرکانس $2/45 GHz$ و توان $900 W$ بود. برای اندازه‌گیری دما از یک پیرومتر (RAYR312MSCL2G) استفاده شد. شکل ۱ چگونگی قرارگیری پیرومتر را نشان می‌دهد.

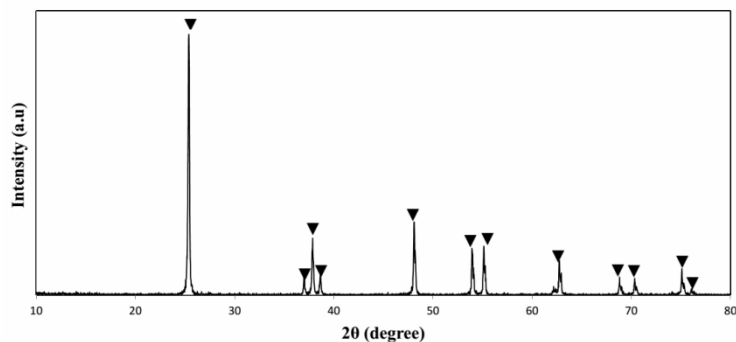


شکل ۱- نمایش دستگاه میکروویو و چگونگی قرارگیری پیرومتر

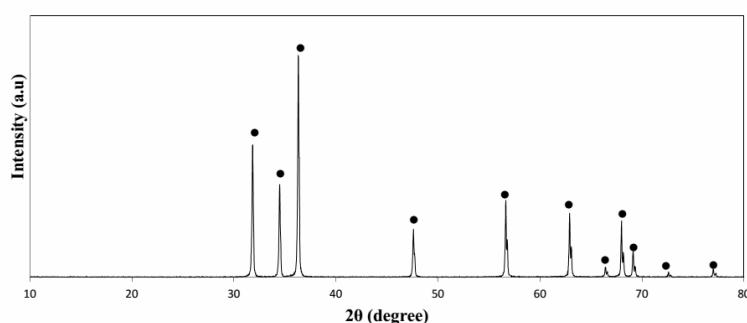
ب) کلسیناسیون در کوره الکتریکی: پودر خشک شده در بوتله آلومینایی قرار داده شد و در کوره الکتریکی در دماهای مختلف با زمان نگهداری ۰، ۳۰ min، ۶۰ min و ۱۲۰ min حرارت داده شدند. سرعت گرم کردن کوره $10^\circ C/min$ و پس از حرارت دهی در دمای ماکزیمم، کوره در آن دما خاموش شد تا بطور طبیعی سرد گردد. برای بررسی فازهای تشکیل شده پودرهای سنتز شده؛ از دستگاه XRD (Philips (Netherlands) مدل ۳۷۱۰) با مشخصات $I=30$ mA، $V=40 kV$ و اشعه بکار رفته $CuK\alpha$ با طول موج $\lambda=1.5404 \text{ \AA}$ استفاده شد. برای تشخیص فازی، طیف در رنج ۸۰-۱۰ درجه با مشخصات $step\ size=0.02^\circ$ و $time\ per\ step=1\ Sec$ جمع آوری شد. همچنین بررسی مورفولوژی و اندازه دانه‌های پودر سنتز شده در هر دو روش با استفاده از SEM مورد بررسی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

همانگونه که گفته شد؛ به منظور اطمینان از خلوص مواد اولیه، بررسی فازی بر روی آن‌ها انجام شد. شکل ۲ و شکل ۳ به ترتیب الگوی تفرق اشعه‌ی X مربوط به اکسید تیتانیوم و اکسید روی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که هر دو ماده تک فاز هستند و فاز ثانویه‌ای در آن‌ها دیده نمی‌شود.

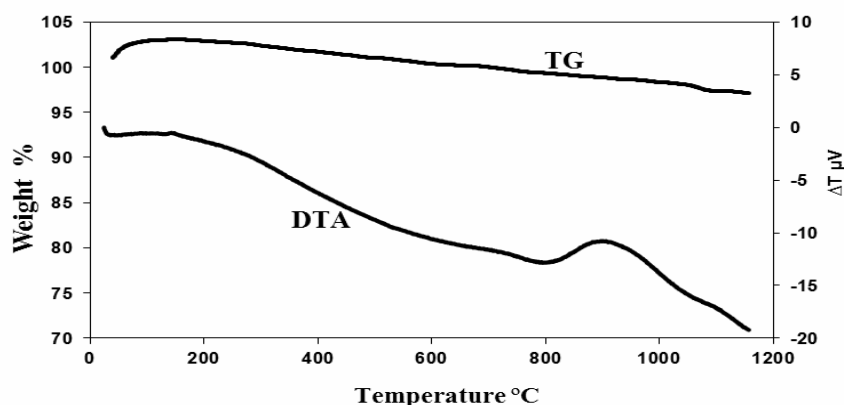


شکل ۲- الگوی تفرق اشعه‌ی X مربوط به ماده اولیه TiO_2 (▼)



شکل ۳- الگوی تفرق اشعه‌ی X مربوط به ماده اولیه ZnO (●)

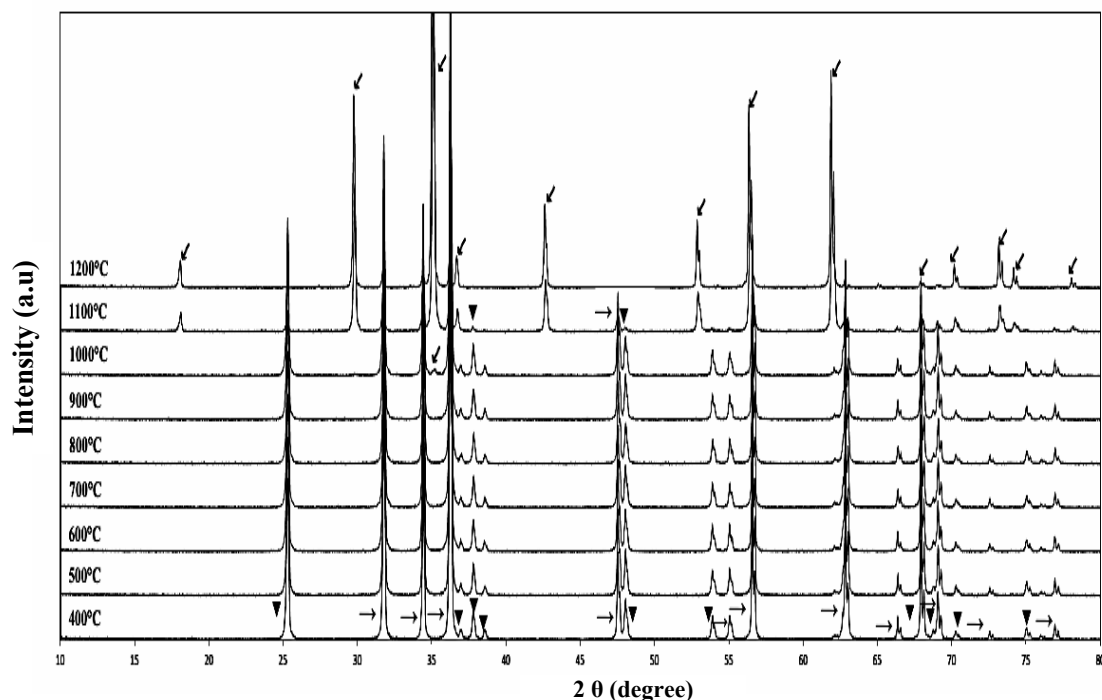
نمودار STA برای مخلوط پودرهای اکسید روی و اکسید تیتانیوم در شکل ۴ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در منحنی TG این نمودار تغییر محسوسی دیده نمی‌شود. به عبارت دیگر در ترکیب مورد نظر تغییر وزن محسوسی وجود ندارد. همچنین در منحنی DTA این نمودار یک پیک پهن گرمازا در حدود 950°C دیده می‌شود که می‌توان به آغاز تشکیل ترکیب Zn_2TiO_4 و گرمازا بودن واکنش آن نسبت داد.



شکل ۴- منحنی STA مخلوط پودرهای ZnO و TiO_2 حرارت داده شده از دمای محیط تا 1200°C

شکل ۵ الگوی تفرق نمونه‌های سنتز شده در دماهای 400°C تا 1200°C در کوره میکروویو را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در دمای 400°C فقط پیک‌های مواد اولیه دیده می‌شود و در این دما فاز جدیدی تشکیل نشده است. این موضوع تا

دمای 900°C وجود دارد و با افزایش دما از شدت این پیک‌ها کاسته می‌شود. با افزایش بیش‌تر دما در 1000°C اولین پیک از فاز Zn_2TiO_4 ظاهر شده است که در شکل مشخص شده است. در دمای 1100°C علی‌رغم ظاهر شدن پیک‌های دیگر از این فاز، چند پیک کوچک از ماده‌ی اولیه TiO_2 دیده می‌شود که در دمای 1200°C ناپدید می‌شود. در این دما کلیه پیک‌ها مربوط به فاز مورد نظر است و هیچ پیک اضافی دیده نمی‌شود.



شکل ۵- الگوی پراش اشعه X مربوط به نمونه‌های سنتز شده در میکروویو در دماهای مختلف؛ ▼: TiO_2 ، →: ZnO ، ▲: Zn_2TiO_4

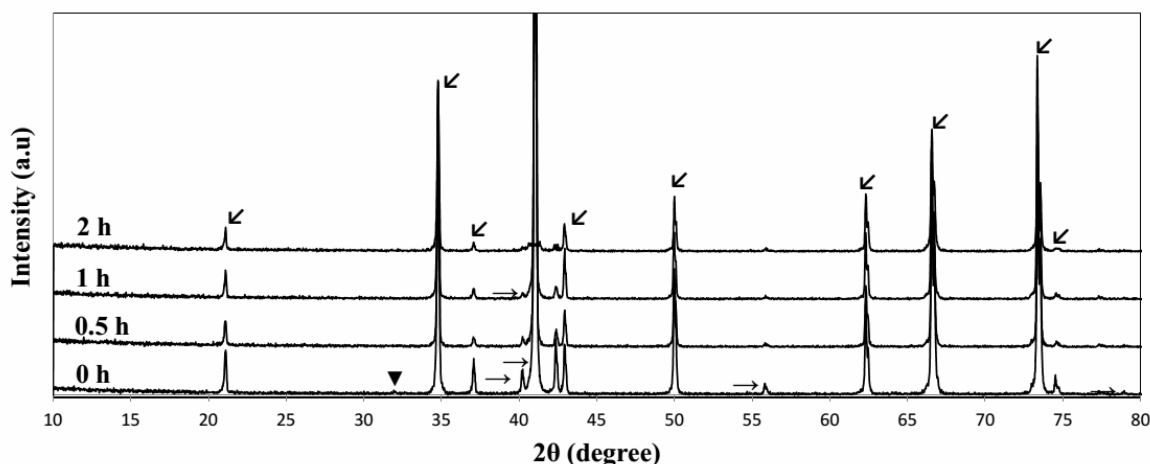
در جدول ۱ زمان لازم برای رسیدن به دماهای مورد نظر در کوره میکروویو آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود زمان لازم برای رسیدن به دمای 1200°C ، ۳۶ دقیقه است. به عبارت دیگر برای سنتز پودر Zn_2TiO_4 خالص این زمان کافی است. کوتاه بودن زمان سنتز در کوره میکروویو، کم هزینه بودن و به صرفه بودن این روش را برای سنتز این ماده نشان می‌دهد.

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

دما ($^{\circ}\text{C}$)	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۲۰۰
زمان (min)	۵	۶	۷	۶	۹	۱۱	۱۸	۱۹	۳۶

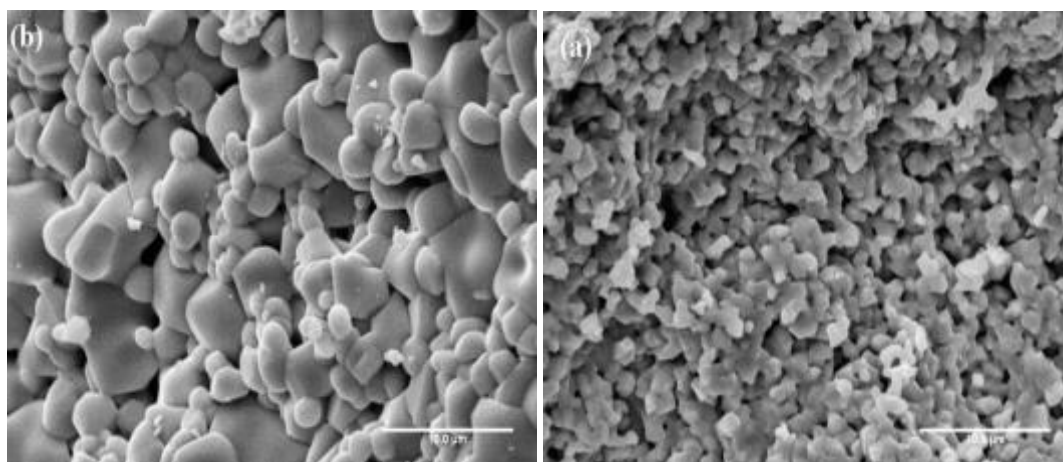
برای مقایسه روش حرارت‌دهی میکروویو با حرارت‌دهی مرسوم در کوره الکتریکی، نمونه‌هایی نیز در دمای 1200°C با زمان نگهداری ۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه در کوره الکتریکی حرارت داده شدند (سرعت گرم کردن کوره $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ بود و بعد از نگهداری در دمای ماکزیمم کوره به طور طبیعی سرد گردید).

شکل ۶ الگوی پراش اشعه X نمونه‌های سنتز شده در کوره الکتریکی در دمای 1200°C آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در این دما بدون زمان نگهداری نیز فاز Zn_2TiO_4 تشکیل شده است و پیک‌های اصلی این فاز وجود دارد. اما نکته‌ای که در این نمودارها دیده می‌شود پیک‌های کوچکی مربوط به مواد اولیه است که اثبات می‌کند سنتز فاز Zn_2TiO_4 هنوز کامل نشده است. با افزایش زمان نگهداری تا ۲ ساعت سنتز فاز مورد نظر انجام شده است و هیچ گونه پیک‌ی مربوط به مواد اولیه و یا فازهای ثانویه در الگوی پراش اشعه X آن دیده نمی‌شود.



شکل ۶- الگوی پراش اشعه X مربوط به نمونه‌های سنتز شده در کوره الکتریکی در دمای 1200°C در زمان‌های مختلف: \blacktriangledown : TiO_2 ، \blacktriangleleft : Zn_2TiO_4 ، \rightarrow : ZnO

تصاویر SEM پودرهای سنتز شده از طریق حرارت‌دهی در میکروویو و کوره الکتریکی در دمای 1200°C در شکل ۷ آورده شده است. این تصاویر نشان می‌دهد که پودرهای سنتز شده با هر دو روش تا حد زیادی آگلومره هستند. به عبارت دیگر ذرات کوچک‌تر 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 حرارت دهی در میکروویو مربوط دانست که باعث می‌شود ذرات فرصت به هم پیوستن و تشکیل آگلومره‌های بزرگ‌تر را نداشته باشند. 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- تصویر SEM ترکیب Zn_2TiO_4 سنتز شده در دمای 1200°C (a) میکروویو (b) کوره الکتریکی

۴- نتیجه‌گیری

- با استفاده از حرارت دهی میکروویو امکان سنتز فاز Zn_2TiO_4 در دمای 1200°C وجود دارد. زمان کل حرارت دهی از دمای اتاق به این دما ۳۶ 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 240 دقیقه زمان برای تشکیل فاز در کوره الکتریکی لازم است. این نتیجه برتری حرارت دهی میکروویو نسبت به حرارت دهی در کوره الکتریکی را نشان می‌دهد.
- با توجه به نتایج پراش اشعه X، در حرارت دهی توسط امواج میکروویو تشکیل فاز Zn_2TiO_4 از دمای 1000°C آغاز و در دمای 1200°C تکمیل می‌گردد.
 - آنالیز STA نشان داد که در دمای حدود 950°C یک پیک گرمازا وجود دارد که می‌توان به تشکیل فاز Zn_2TiO_4 مربوط دانست.
 - آنالیز SEM نشان داد که در هر دو روش حرارت دهی میکروویو 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 بودند اما آگلومره‌های تشکیل شده با حرارت دهی در میکروویو بسیار کوچک‌تر از کوره الکتریکی بودند که می‌توان به سریع بودن فرآیند حرارت دهی در میکروویو اشاره کرد که سبب می‌شود آگلومره‌ها فرصت بزرگ شدن و رشد نداشته باشند.

مراجع

- [1] R. Freer, F. Azough; "Microstructural engineering of microwave dielectric ceramics" Journal of the European Ceramic Society 28 (2008) 1433–1441.
- [2] H. BarzegarBafrooei, E. TaheriNassaj, C.F. Hu, Q. Huang, T. Ebadzadeh; "Microwave sintering of nanopowder ZnNb_2O_6 : Densification, microstructure and microwave dielectric properties" Physica B 454 (2014), 35–4.
- [3] M. T. Sebastian, Dielectric Materials for Wireless Communication Elsevier, 2008.
- [4] S. Ghanbarnezhad, A. Nemat, R. Naghizadeh; "Low Temperature Synthesis of Zinc-Titanate Ultra Fine Powders" APCBEE Procedia 5 (2013) 6–10.
- [5] F. H. Dullin and D. E. Rase, "Phase Equilibria in the System $\text{ZnO}-\text{TiO}_2$ ", Journal of the American Ceramic Society, 43 (1960) 125-131.
- [6] S. F. Bartram and R. A. Slepety, "Compound Formation and Crystal Structure in the System $\text{ZnO}-\text{TiO}_2$ ", Journal of the American Ceramic Society, 44 (1961) 493-499.
- [7] X. Liu, M. Zhao, F. Gao, L. Zhao, and C. Tian, "Effects of WO_3 additions on the phase structure and transition of zinc titanate ceramics", Journal of Alloys and Compounds, 450 (2008) 440-445.
- [8] H. Obayashi, Y. Sakurai, and T. Gejo, "Perovskite-type oxides as ethanol sensors", Journal of Solid State Chemistry, 17 (1976) 299-303.
- [9] O. Yamaguchi, M. Morimi, H. Kawabata, and K. Shimizu, "Formation and Transformation of ZnTiO_3 ", Journal of the American Ceramic Society, 70 (1987), C-97-C-98.
- [10] C.-F. Shih, W.-M. Li, M.-M. Lin, C.-Y. Hsiao, and K.-T. Hung, "Low-temperature sintered $\text{Zn}_2\text{TiO}_4:\text{TiO}_2$ with near-zero temperature coefficient of resonant frequency at microwave frequency", Journal of Alloys and Compounds, 485 (2009) 408-412.
- [11] C. Li, Y. Bando, M. Nakamura, N. Kimizuka, and H. Kito, "Precipitate within the spinel-type Zn_2TiO_4 matrix studied by high-resolution analytical transmission electron microscopy", Materials Research Bulletin, 35 (2000) 351-358.
- [12] N. Obradovic, N. Mitrovic, and V. Pavlovic, "Structural and electrical properties of sintered zinc-titanate ceramics", Ceramics International, 35 (2009) 35-37.
- [13] S. K. Manik and S. K. Pradhan, "Preparation of nanocrystalline microwave dielectric Zn_2TiO_4 and ZnTiO_3 mixture and X-ray microstructure characterization by Rietveld method", Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 33 (2006) 69-76.
- [14] Y.H. Yu and M. Xia, "Preparation and characterization of ZnTiO_3 powders by sol-gel process", Materials Letters, 77 (2012) 10-12.
- [15] G. Akgül, "Synthesis and structural characterization of zinc titanates", Journal of Molecular Structure, 1037 (2013) 35–39.
- [16] S. Das, A. K. Mukhopadhyay, S. Datta, and D. Basu, "Prospects of microwave processing: An overview", Bulletin of Materials Science, 32 (2009) 1-13.

تازه‌های نشر

کتاب خواص مکانیکی سرامیک‌ها (جلد اول)

مترجمان: مهدی خدایی، مرجان شیری، حمیدرضا بهاروندی، ناصر احسانی، داود عالی پور

خواص مکانیکی سرامیک‌ها یکی از مهم‌ترین مباحث شناختی این دسته از مواد است. بررسی رفتار سرامیک‌ها در مقابل تنش‌های وارده، از عمده‌ترین مباحث پایه برای درک خواص مکانیکی آن‌هاست؛ بنابراین به منبعی نیاز است که علاقمندان را در شناخت هر چه بیشتر سرامیک‌ها یاری نماید. کتاب حاضر مشتمل بر چهارده فصل است که با بیان مفهوم تنش و کرنش آغاز شده، سپس به بررسی انواع رفتار مکانیکی می‌پردازد. در ادامه، رفتار الاستیسیته، مکانیک شکست الاستیک خطی، اندازه‌گیری الاستیسیته، استحکام و چقرمگی شکست، بررسی آماری استحکام، اشاعه ترک در شرایط کمتر از حد بحرانی و رفتار منحنی R، را مورد بررسی قرار می‌دهد. سازوکارهای چقرمه کردن سرامیک‌ها مانند تاثیر ریزساختار بر چقرمگی، چقرمه‌کردن از طریق استحاله فازی از جمله موضوع‌های دیگر مورد اشاره در این کتاب است. خواص مکانیکی کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی تقویت‌شده با الیاف و ویسکر نیز به تفصیل مورد مطالعه قرار می‌گیرد.



معرفی پایان نامه‌های دانشجویی

پایان نامه دکترا

سنتر الیاف نانوساختار شیشه-سرامیک $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ به روش الکتروریسی و بررسی خواص دی الکتریک کامپوزیت $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ پلی متیل متاکریلات

دانشجو: مریم محمدی

استاد راهنما: پروین علیزاده

دانشگاه تربیت مدرس

چکیده: در این تحقیق اثر افزودن SiO_2 بر رفتار پخت، ریخت شناسی و خواص دی الکتریک نمونه‌های بالک و الیاف $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (CCTO) بررسی شده است. آنالیزهای TEM، SEM، FTIR، XRD، TG-DSC و امپدانس اسپکتروسکوپی جهت مطالعه نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به نتایج به دست آمده، افزودن 5 wt% SiO_2 به سرامیک‌های CCTO موجب کاهش دمای سینتر نمونه بالک از 1100°C به 1060°C و الیاف از 900°C به 800°C گردیده است. همچنین بررسی ریزساختار نمونه‌ها حاکی از ریز دانه شدن ساختار بر اثر افزودن SiO_2 (اندازه دانه نمونه بالک و الیاف به ترتیب کمتر از 2 میکرومتر و کمتر از 50 نانومتر) می‌باشد. پارامتر شبکه نمونه‌های حاوی 5 wt% SiO_2 در مقایسه با نمونه‌های خالص تغییر محسوسی نکرده است. همچنین اندازه‌گیری‌های امپدانس نشان دهنده افزایش مقاومت مرزدانه و متعاقب آن کاهش اتلاف دی الکتریک در اثر افزودن SiO_2 می‌باشد. به طوری که مقاومت مرزدانه نمونه‌های بالک غیرخالص سینتر شده به مدت 4 و 12 ساعت به ترتیب برابر با $19230(M\Omega)$ و $10819(M\Omega)$ به دست آمده و اتلاف دی الکتریک این نمونه‌ها در فرکانس 1 kHz در دمای محیط به مقادیر 0/039 و 0/068 کاهش یافته است. سنتر الیاف CCTO خالص در صورت استفاده از محلول سرامیکی حاوی نمک‌های نیترات مس و کلسیم امکان پذیر می‌باشد. محلول‌های حاوی 0/27g/m پلی وینیل پیرولیدون جهت انجام فرایند الکتروریسی پیوسته مناسب می‌باشند. ثابت دی الکتریک محاسبه شده توسط مدل لیختنر برای الیاف خالص و غیر خالص CCTO در فرکانس 1 kHz به ترتیب برابر با 148 و 47 می‌باشد. بررسی خواص دی الکتریک کامپوزیت‌های پلی متیل متاکریلات/الیاف CCTO حاکی از کاهش اتلاف دی الکتریک فصل مشترک الیاف با زمینه پلیمری در فرکانس 100 Hz از 10/1 به 0/5 در اثر افزودن 5 wt% SiO_2 می‌باشد. به منظور بهبود ترشوندگی الیاف با زمینه، فیلرها در محلول متشکل از دودسیل بنزن سولفونیک اسید و تولوئن عامل دار شده‌اند. بر اساس نتایج FTIR ظهور پیک جدید در محدوده 1222cm^{-1} نشان دهنده ایجاد پیوند مناسب میان محلول اسید سولفونیک و الیاف بوده و همین امر موجب افزایش ثابت دی الکتریک کامپوزیت‌های حاوی الیاف عامل دار شده است. کامپوزیت‌های پلی متیل متاکریلات/الیاف خالص CCTO، حاوی 50 درصد حجمی الیاف عامل دار و غیر عامل دار، به ترتیب دارای ثابت دی الکتریک برابر با 110 و 54 در فرکانس 1 هرتز می‌باشند.

پایان نامه کارشناسی ارشد

ساخت و مشخصه‌یابی نانو کامپوزیت سیمان زیست فعال کلسیم آلومیناتی / در حضور بایوگلاس حاوی نانو نقره

دانشجو: هرا اراک

استاد راهنما: محمد رضا نیلفروشان

استاد مشاور: علی دوست محمدی

دانشگاه شهرکرد

چکیده: بیوسرامیک‌ها به‌طور کلی شامل سرامیک‌ها، شیشه‌های زیستی و شیشه سرامیک‌ها می‌باشند. سیمان‌های زیست فعال از جمله بیو سرامیک‌های پر کاربرد هستند که در سیستم‌های کلسیم فسفاتی، کلسیم سیلیکاتی و کلسیم آلومیناتی قرار دارند و به دلیل توانایی پیوند با بافت‌های نرم و سخت از جمله مهم‌ترین بیومواد مصرفی در پزشکی و دندانپزشکی برای ترمیم عیوب استخوانی، دندان‌های کلیه بافت‌های نرم و سخت کاربرد دارند. در این پژوهش نمونه‌هایی با ابعاد مناسب از خمیر سیمانی حاوی شیشه زیست فعال در درصدهای وزنی ۰، ۱، ۳ و ۵ و نانو نقره در سه درصد وزنی ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ تهیه شد. هیدراسیون این نمونه‌ها در دمای ۳۷ درجه سلسیوس تحت سه دوره‌ی زمانی ۳، ۷ و ۲۸ روز داخل حمام بن ماری صورت گرفت. سپس به بررسی خواص فیزیکی نمونه‌های سیمانی اعم از دانسیته بالک؛ تخلخل باز، همچنین خواص مکانیکی، خاصیت آنتی باکتریال و به بررسی تست سمیت و آزمون FTIR پرداخته شده است نمونه حاوی ۳ درصد وزنی شیشه زیست فعال و ۰/۵ درصد وزنی نانو نقره از نظر خواص فیزیکی و تست استحکام بهینه بوده و نسبت به باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس آرتوس و گرم منفی اشریشیا کلی دارای خاصیت آنتی باکتریال است. افزایش میزان نانو نقره با میزان کشندگی باکتری رابطه مستقیم دارد به طوری که نمونه حاوی ۱ درصد وزنی بعد از گذشت ۱۰ ساعت از قرار گرفتن در دمای ۳۷ درجه داخل دستگاه چگالی نوری صفر را از خود نشان می‌دهد، نتایج حاصل از تست سمیت سلولی بیانگر این است که نانو کامپوزیت ساخته شده با داشتن درصد زیستایی ۹۳/۹۶۹۸۵ نسبت به سیمان خالص با درصد زیستایی ۸۳/۰۷۱۶۱، دارای خاصیت عدم سمیت سلولی است.

کلمات کلیدی: آلومینا، زیرکونیا، نانولوله کربنی، پلیویدون، ریخته‌گری نواری.

تقویت زیست فعالی شیشه-سرامیک‌های کلسیم فسفاتی با عملیات حرارتی کنترل شده

دانشجو: محمدرضا جلالی

استاد راهنما: ناصر هائقی کرگان

دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده: شیشه-سرامیک‌های کلسیم فسفاتی جزء دسته‌ای از مواد زیست فعال هستند که می‌توانند در کاربردهای زیست-پزشکی به ویژه در جایگزینی استخوان‌های آسیب دیده بدن استفاده شوند. با عملیات حرارتی می‌توان فاز نانوبلورهای تشکیل شده در شیشه-سرامیک را تغییر داد که این امر باعث بهبود در خواص شیشه-سرامیک‌های کلسیم فسفاتی می‌شود. در این تحقیق شیشه-سرامیک‌های کلسیم فسفاتی با مخلوط کردن مواد CaCl_2 ، NaCl و P_2O_5 و به وسیله عملیات حرارتی کنترل شده ساخته شدند. به منظور بررسی زیست فعالی، نمونه‌های شیشه-سرامیکی پس از پودر شدن، طی مدت‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز درون محلول رینگرز غوطه‌ور شدند. ترکیب و ساختار فازهای بلوری تشکیل شده در شیشه-سرامیک‌ها، قبل و بعد از غوطه‌وری با استفاده از آنالیز پراش اشعه X (XRD) مورد بررسی قرار گرفت که در پی آن مشخص شد فازهای بلوری زیست فعال بتا تری کلسیم فسفات ($\beta - \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) و بتا کلسیم پیروفسفات ($\beta - \text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$) با افزایش دمای بازیخت 540°C به 560°C در شیشه-سرامیک‌های ساخته شده شکل گرفته‌اند. همچنین به کمک اطلاعات حاصل از الگوهای XRD طیف‌های FT-IR و تصاویر SEM تشکیل لایه هیدروکسی آپاتیت روی نمونه‌ها بعد از غوطه‌وری درون محلول رینگرز بررسی شد. به طوری که در طیف‌های FT-IR، قله‌های جذبی در محدوده $450 - 550 \text{ cm}^{-1}$ ، 750 cm^{-1} ، 915 cm^{-1} و 1050 cm^{-1} مشاهده شد که این قله‌ها مربوط به پیوند P-O بوده که در شبکه بلوری هیدروکسی آپاتیت نیز دیده می‌شوند. همچنین قله‌های جذبی نیز در حدود نواحی 513 cm^{-1} ، 1618 cm^{-1} و 3417 cm^{-1} نمایان شد که مربوط به ارتعاش O-H بوده و در شبکه بلوری هیدروکسی آپاتیت به حرکات کششی یون‌های هیدروکسیل نسبت داده می‌شود. نتایج حاصل از آنالیزهای بیان شده نشان می‌دهند که با انتخاب دمای بازیخت مناسب می‌توان تشکیل هیدروکسی آپاتیت را تحت تأثیر قرار داد و به زیست فعالی بالاتری از شیشه-سرامیک کلسیم-فسفاتی ساخته شده دست یافت.

اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران

اعضای حقوقی ویژه انجمن سرامیک 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.ir



شرکت سهامی شیشه قزوین (سه)
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 سرمایه‌های 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 آر میتاژ

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 گرانبه 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 روشنفر

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

پاتروشان نیکتا



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: ۰۲۱-۸۸۷۱۶۲۶-۲۷
نشانی سایت: www.merc.ac.ir

پیشرو ذوب آتور



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.pishrozob.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 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



ترمه سرامیک
مدیر عامل: مهندس سلطانی
آدرس دفتر مرکزی: تهران،
 خیابان ونک، خیابان آفتاب، برج آفتاب، طبقه اول اداری، واحد ۱
تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۱۲۹۳۹
نشانی سایت: www.terme.ir

تهیه و تولید خاک نسوز استقلال آباد

مدیر عامل: مهندس زارعی
آدرس دفتر مرکزی: آباد، چهارراه جوادیه
تلفن دفتر مرکزی: ۰۷۱-۴۴۳۳۷۹۹۷



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

چینی اصفهان

مدیر عامل: مهندس جهانبانی
آدرس: اصفهان، جاده دولت آباد، خیابان بهارستان، اولین فرعی سمت
 چپ، خیابان خوشانی
تلفن دفتر مرکزی:
 ۰۳۱-۴۵۸۳۶۲۰۰

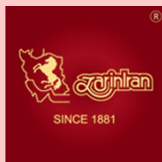


تهیه و تولید مواد اولیه آریاکانی اسپادانا

مدیر عامل: دکتر پویامهر
آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان ملاصدرا، خیابان پانزدهم،
 پلاک ۳۴، واحد ۳
تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۶۱۷۵۳۷-۸

چینی زرین ایران

مدیر عامل: مهندس قصاعی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک،
 خیابان ونک، ساختمان شماره ۲۵
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۷۰۰۴۴
نشانی سایت: www.zariniran.com



چینی زرین ایران

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



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



دانشگاه ملایر



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

رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام

مدیر عامل: مهندس مهینی
آدرس دفتر مرکزی: یزد، شهرک صنعتی خضراآباد، بلوار افاقیا،
 خیابان زیتون
تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۳-۷۲۷۲۴۴۸



درسا سرام ایساتیس

مدیر عامل: مهندس ندفیان
آدرس دفتر مرکزی: سعادت آباد،
 بلوار فرهنگ، نبش خیابان ۲۰ شرقی، پلاک ۲، طبقه ۴ شمالی
تلفن: ۰۲۱-۲۲۳۸۳۱۶۰
نشانی سایت: www.Doramic.com



Sara Loab Maybod.co

سارا لعاب میبد

مدیرعامل: مهندس جعفری پور

میبدی

آدرس دفتر مرکزی: میبد، شهرک

صنعتی جهان آباد، بلوار نسترن، انتهای

بلوار سمت راست

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۲-۷۷۷۲۲۲۸

نشانی سایت: www.saralaab.com



سارا کاشی سپاهان

مدیرعامل: 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



سرامیک‌های صنعتی اردکان

مدیرعامل: مهندس برهانی

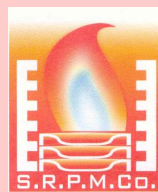
آدرس دفتر مرکزی: اصفهان،

میدان آزادی، ابتدای خیابان

سعادت آباد، پلاک ۱، طبقه ۴، واحد ۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۶۸۷۷۷۲

نشانی سایت: www.aic.ir



ساگار و قطعات نسوز

مدیرعامل: مهندس معرفتی

آدرس: مرند، کیلومتر ۵ جاده قدیم جلفا،

شهرک صنعتی سرامیکی

تلفن: ۰۴۱-۴۲۲۲۳۳۸۲

نشانی سایت: www.saggarmfg.com



شرکت صنایع سرام آرا

مدیرعامل: مهندس آهنی‌ها

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

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

پلاک ۳۳، طبقه ۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۹۱۰۴۵

نشانی سایت: www.ceramara.ir

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



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



شرکت فیبرونا

مدیرعامل: مهندس شاهپوری

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان میرزای شیرازی، نبش استاد

مطهری، شماره ۲۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۲۳۳۵۵

نشانی سایت: www.fiberona.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.nilooartile.com



صنایع کاشی زرین خراسان

مدیرعامل: مهندس عمید متشع

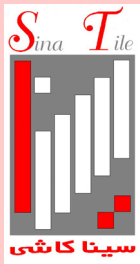
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

ملاصدرا، خیابان شیراز جنوبی، پلاک ۹۹،

طبقه اول

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۶۷۶۸۱

نشانی سایت: www.zarrintile.com



صنایع کاشی و سرامیک سینا

مدیر عامل: مهندس عزیزیان

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۷۲۳۰۱

نشانی سایت: www.sinatile.ir

صنایع کاشی و سرامیک الوند

مدیر عامل: مهندس

هوشیاری

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

فرآورده‌های نسوز آذر شهاب تبریز

مدیر عامل: 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

صنعت سرام

مدیر عامل: مهندس غفاری

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

فرجام، بین چهارراه خاور و ولیعصر، پلاک

۶۲۰ واحد ۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۷۲۳۵۸۹



کانولین و خاک‌های نسوز خراسان

مدیر عامل: 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

فرآورده‌های نسوز پارس

مدیر عامل: 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



کاشی تیما

مدیر عامل: 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



کاشی ایرانا

مدیر عامل: مهندس حاصل طلب

آدرس دفتر مرکزی: تهران، کیلومتر ۱۳

جاده مخصوص کرج، روبروی ایران خودرو

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۴۴۹۰۵۰۰۱-۵

نشانی سایت: www.irana-tile.com

کاشی طوس

مدیر عامل: 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 میبد

مدیر عامل: مهندس خالقیه

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۴۷۴۴

نشانی سایت: www.setaretile.com

کاشی کورد

مدیر عامل: 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

مدیر عامل: مهندس سقاء رضوی

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

تجاری طوس، طبقه ۵ و ۶

سندوق پستی: ۹۱۳۷۵-۴۴۳۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۷۶۷۰۰۰۱

نشانی سایت: www.firoozehtile.com



کاشی مسعود ایران

مدیر عامل: 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

مدیر عامل: مهندس معصومی
آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان
چهار باغ بالا، کوچه کاویان، پلاک ۴۱
تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۲۴۸۰۱۹
نشانی سایت: www.marjantileco.com

کسری لعاب میبد

مدیر عامل: مهندس میرحسینی
آدرس: یزد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار مریم، فرعی سمت راست
تلفن: ۰۳۵۳-۲۳۷۲۹۳۱



کاشی نوآوران

مدیر عامل: مهندس طباطبایی
آدرس دفتر مرکزی: یزد، میبد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار مریم
تلفن: ۰۳۵۳-۲۳۷۲۱۹۳
نشانی سایت: www.noavaranceramics.ir



لعاب مارال میبد

مدیر عامل: دکتر داود قهرمانی
آدرس دفتر مرکزی: یزد، میبد،
شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار
نسترن شمالی، خیابان صنعت ۹
تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵-۳۲۳۷۴۰۹۶-۷
نشانی سایت: www.marallob.ir



گلزار فارس

مدیر عامل: مهندس فرحمند
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان کریم خان
زند، خیابان سپهبد قرنی، خیابان برادران شاداب،
پلاک ۳۳، طبقه ۲
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۰۸۰۴۴
نشانی سایت: www.golsarfars.com

لعاب یاس فارس

مدیر عامل: مهندس کریمی علویچه
آدرس: شیراز، کیلومتر ۳ جاده شیراز بوشهر، بعد از پل شهید علیپور،
جاده ایستگاه شماره ۱ گاز
تلفکس: ۰۷۱۳-۸۳۰۱۹۹۰



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>



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: ۰۲۱-۸۸۸۸۶۹۸۵
نشانی سایت: www.maghsoudporcelain.com



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



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



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



شرکت مقره سازی ایران
«مانه»
Iran Insulator Co.

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: ۰۲۱-۸۸۶۶۴۸۱۱

نشانی سایت: www.mofidglass.com

مهفام جام (سهامی خاص)

مدیر عامل: مهندس دهقان

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

چهاردهم غربی، پلاک ۲۶، طبقه ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۱۵۰۱۵

تقویم رویدادهای سرامیک

پنجمین کنفرانس بین‌المللی آلومینیوم ایران

هتل المپیک، تهران

۴-۵ اردیبهشت ۱۳۹۷

<http://iiac20.ir/fa/>

ششمین کنفرانس بین‌المللی متالورژی پودر

هتل عباسی، اصفهان

۲۷ فروردین ۱۳۹۷

<http://pmauto2018.com/fa/>

7th Asia-Oceania Ceramic Federation Conference

Katahira Sakura Hall, Tohoku University, Sendai, Japan

March, 12-14 2018

<http://www.isac-6.imr.tohoku.ac.jp/>

11th International Advanced Ceramics Exhibition & Conference

China

March, 25-27 2018

<http://www.cn-aceexpo.com/>

54th Annual Symposium on Refractories

St. Louis, MO United States

March, 21-22 2018

<http://ceramics.org/sections/st-louis-section>

CERAMICS CHINA

Guangzhou China

30 May-02 Jun 2018

<http://www.ceramicschina.net/home>

Ceramitec 2018

Munich, Germany

April, 10-13 2018

<https://www.tradefairdates.com/Ceramitec-M3506/Munich.html>

XVI ECerS Conference

Torino, Italy

June, 16-20 2019

<http://www.ecers2019.org/>

Electroceramics XVI

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

Glass Association of North America (GANA) BEC Conference

Las Vegas, NV United States
March, 4-6 2018
<http://www.glasswebsite.com/>

Indian Ceramics 2018

Gujarat India
March, 7-9 2018
<http://www.indian-ceramics.com>

International Conference on Injection Molding of Metals, Ceramics and Carbides

Irvine, CA United States
May, 5-7 2018
<http://www.mim2018.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

Rimini Italy
September, 24-28 2018
<http://www.tecnargilla.it>

42nd International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC,18)

Daytona Beach, Fla. USA
January, 21-26 2018
www.ceramics.org/icacc2018

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

