



سال دهم، شماره پنجاهم

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

گروه مشاوران:

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

۱	تازه‌ها
۱	اخبار انجمن سرامیک ایران
۱	پانزدهمین کنفرانس و نمایشگاه انجمن سرامیک اروپا
۴	اولین نمایشگاه بین‌المللی تکنولوژی سرامیک و چهارمین کنگره سرامیک و چاپ دیجیتال
۸	اولین نمایشگاه بین‌المللی شیشه و صنایع وابسته
۲۶	اخبار شرکت‌ها
۲۶	رییس کل سازمان توسعه تجارت ایران گفت کاشی و سرامیک با تخفیف ۸۰ درصدی ...
۲۷	رونق دوباره هنر سفالگری در وان
۲۷	برگزاری نخستین همایش بین‌المللی نانوالیاف ایران
۲۸	عرضه محصولات فناوری نانو در نمایشگاه کاشی و سرامیک
۲۹	نخستین نمایشگاه بین‌المللی تکنولوژی سرامیک در اصفهان برپا می‌شود
۳۱	اخبار علمی
۳۱	دستبند سرامیکی بایو مغناطیسی
۳۱	نیتريد بور
۳۱	گوی سرامیکی تولید کننده یون منفی
۳۲	آشنایی با سرامیک‌های پزشکی
۳۳	رونمایی از خودروی پرشتاب بی ام و
۳۴	ساخت ماده سرامیکی که تولید هواپیماهای با سرعت ۵ برابر صوت را آسان می‌کند.
۳۵	ایجاد فرصت طلایی برای توزیع جهانی فناوری نانو سرامیک
۳۵	تولید آزمایشگاهی فوم‌های آلومینیومی ضربه‌گیر در دانشگاه سمنان
۳۶	شرکت‌های تولید لبنیات به دنبال تولید محصولاتی با طعم فناوری نانو
۳۷	همکاری مشترک برای توسعه فناوری چاپ سه بعدی در صنعت فضایی
۳۹	مقالات مروری
۳۹	روش‌های پژوهشی و تولید محصولات با ترکیبات لومینسانس در معماری و فضاهای شهری
۴۷	بررسی تاثیر CaO بر سینترپذیری و خواص نانو کامپوزیت‌های SiC
۵۵	بررسی عوامل موثر بر خاصیت پوشش‌های فتوکاتالیستی نانو ذره اکسید تیتانیم
۶۵	مروری بر سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار
۷۵	سرامیک اپتیکی ایتریا؛ خواص و کاربردها
۸۰	اکسیدهای ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لانتانیدها به عنوان کاتد پیل‌های سوختی ...
۸۹	تازه‌های نشر

۹۰

۹۲

۱۰۰

معرفی پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی

لیست اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران

تقویم رویدادهای سرامیک

اخبار انجمن سرامیک ایران

پانزدهمین کنفرانس و نمایشگاه انجمن سرامیک اروپا

۱۸ الی ۲۲ تیر ماه ۱۳۹۶

بوداپست، مجارستان

پانزدهمین کنفرانس و نمایشگاه انجمن سرامیک اروپا که در ابتدا قرار بود در کشور ترکیه برگزار شود، به دلیل مسائل امنیتی در کشور مجارستان و در مرکز همایش‌های بوداپست در ۱۸ الی ۲۲ تیرماه با همکاری مشترک انجمن سرامیک ترکیه و انجمن علمی صنایع سیلیکاتی مجارستان برگزار شد.



در این کنفرانس بیش از ۸۰۰ شرکت کننده از ۶۰ کشور مختلف حضور داشتند، که بیشترین شرکت کنندگان مربوط به کشورهای اروپایی بودند. تعداد کل ایرانی‌های حاضر در این کنفرانس ۱۱ نفر از کشورهای ایران و ایرانی‌های مقیم کشورهای دیگر بودند.



از این تعداد ۶ نفر شرکت کننده از ایران بودند که خانم مهندس سلین غریبیان، آقای مهندس حسام الدین محمدی و آقای مهندس پویا تراب احمدی به عنوان اعضای انجمن سرامیک ایران در این کنفرانس حضور داشتند. خانم غریبیان در بخش مسابقه دانشجویی نماینده انجمن سرامیک ایران بودند که ارائه شفاهی در مورد ماشین‌کاری بدنه‌های نیتريد سیلیسیومی به روش EDM را ارائه دادند.



آقایان محمدی و تراب احمدی ارائه‌های شفاهی در دو عنوان مختلف ارائه دادند.



ارائه‌های شفاهی و پوسترها به ۱۲ قسمت تحت عناوین زیر تقسیم بندی شده بودند:

- پیشرفت‌های اخیر در زمینه فرآوری و سنتز با تأکید بر مواد افزودنی
- فرآیندهای دما بالا و روش‌های سینتر پیشرفته
- سرامیک‌های ساختاری پیشرفته
- الکتروسرامیک‌ها و مواد اپتیکی
- کاربرد سرامیک‌ها در تبدیل انرژی‌های جدید، ذخیره و استفاده از آنها
- کاربرد سرامیک‌ها و شیشه‌ها در زمینه پزشکی
- چالش‌ها و فرصت‌ها در صنایع سرامیک
- مدل‌سازی، شبیه‌سازی و آزمون‌های درجا سرامیک‌ها
- سرامیک‌های پایه بور
- میراث فرهنگی
- دیرگذاها
- هنر و سرامیک‌ها

در این همایش دو سخنرانی اصلی ارائه شد، که یکی از آنها توسط رئیس انجمن سرامیک اروپا پروفیسور Povel Sajgalik، در مورد نیتريد سيليسیوم به عنوان کاندیدای مناسب برای ایمپلنت کامپوزیتی بایواکتیو بود و دیگری توسط رئیس سابق انجمن سرامیک آمریکا پروفیسور Mrityunjay Singh، در مورد سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر ارائه شد. در کنار این دو سخنرانی اصلی، ۱۰۰ سخنران مدعو در زمینه‌های مختلف نتایج پژوهش‌های اخیر خود را ارائه کردند. در طول ۵ روز همایش ۳۰۰ ارائه شفاهی در ۶ سالن اصلی و جانبی برگزار شد.



ارائه پوسترها نیز در دو روز آخر همایش انجام شد. در کنار کنفرانس ۶ گردهمایی جانبی نیز تحت عناوین زیر برگزار شدند:

- سرمایه‌های پیشرفته برای کاربردهای دندانی
- سیستم‌های تولید هوشمند برای صنایع
- سرمایه‌ها و کامپوزیت‌ها در محیط خورنده هسته‌ای
- مرزهای جدید در تکنیک‌های شناسایی سرمایه‌ها
- انجمن سرمایه‌های جوان
- مسابقه سخنرانی دانشجویی

گردهمایی انجمن سرمایه‌های جوان در روز سوم کنفرانس با حضور رئیس مسابقه دانشجویی پروفیسور Louis Winnubst و سردبیر مجله انجمن سرمایه اروپا پروفیسور Richard Todd در کشتی برگزار شد. هدف از این گردهمایی آشنایی سرمایه‌ها جوان در مورد کارهای پژوهشی یکدیگر و تبادل اطلاعات در مورد امکانات ارائه شده در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی در محیط دوستانه‌تر بود. در ابتدای گردهمایی توضیحاتی در مورد فعالیت‌های این انجمن توسط نماینده آنها از بلژیک ارائه شد. سپس پروفیسور وینابست از حضور سرمایه‌ها در گردهمایی تشکر کرده و پروفیسور تاد را جهت ارائه سخنرانی دعوت کردند. پروفیسور تاد در حین سخنرانی خود راهنمایی‌های کاربردی را جهت نگارش، ارسال و چاپ مقاله ارائه دادند.



در بخش مسابقه دانشجویی ۲۰ کشور مختلف نماینده‌های خود را جهت شرکت در این مسابقه معرفی کرده بودند، که در این مسابقه نماینده کشور اسلونی با پژوهشی در زمینه لایه‌های نازک سرامیکی برنده اعلام شد. در بخش نمایشگاهی کنفرانس ۱۴ غرفه به کارخانه‌ها و شرکت‌های فعال در زمینه سرامیک از کشورهای پرتغال، آمریکا، هلند، اتریش، سوئد، فرانسه، بلژیک و ترکیه اختصاص داده شده بود. در بین تمامی غرفه‌ها حضور تعداد زیادی از شرکت‌های فعال در زمینه چاپ سه بعدی نظیر ADMATEC، LITHOZ و 3D CERAM بسیار چشم‌گیر بود.



انجمن سرامیک اروپا شامل ۲۷ عضو از کشورهای اروپایی و ۳ عضو وابسته از کشورهای آسیایی می‌باشد. قابل ذکر است که انجمن سرامیک ایران از سال ۲۰۱۳ میلادی به عضویت انجمن سرامیک اروپا در آمده است. شرکت کردن در چنین کنفرانس‌های بین‌المللی علاوه بر افزایش دانش، به بدست آوردن تجربه‌های ارزشمند در نتیجه تعاملات علمی و اجتماعی با نماینده‌های سایر کشورها کمک شایسته‌ای می‌کند. نتیجه این تعاملات می‌تواند تأثیر زیادی بر روی پیشرفت علمی و فکری افراد در سطح بین‌المللی داشته باشد. بدیهی است که حضور در این کنفرانس‌ها می‌تواند کمک شایانی در ادامه تحصیل دانشجویان در مقاطع تحصیلات تکمیلی داشته باشد و به دست آوردن چنین تجربه‌هایی برای تمامی دانشجویان تحصیلات تکمیلی ضروری می‌باشد. امیدواریم که با حضور هرچه بیشتر نمایندگان ایران در کنفرانس‌های بین‌المللی اسم ایران بیش از پیش در مجامع علمی بین‌المللی مطرح شود.

تهیه گزارش توسط: مهندس سلین غریبیان

اولین نمایشگاه بین‌المللی تکنولوژی سرامیک و چهارمین کنگره سرامیک و چاپ دیجیتال

۱۵ الی ۱۸ شهریور ۱۳۹۶

محل نمایشگاه بین‌المللی استان اصفهان

اولین نمایشگاه بین‌المللی تکنولوژی سرامیک مربوط به تکنولوژی صنعت کاشی و سرامیک در تاریخ ۱۵ الی ۱۸ شهریور ماه ۱۳۹۶ در محل نمایشگاه بین‌المللی استان اصفهان برگزار شد. با توجه به همزمانی برگزاری این نمایشگاه با چهارمین دوره سرامیک و چاپ دیجیتال و حضور کارشناسان صنعت سرامیک خارجی و داخلی ترکیبی از، ملاقات‌های تجاری در این نمایشگاه و استفاده علمی و صنعتی در این گردهمایی گردید. برگزاری همزمان این گردهمایی با نمایشگاه CeramTech اصفهان باعث شد تا علاوه بر مباحث تکنولوژیکی و علمی ارایه شده در گردهمایی به صورت روزانه، نمایشگاهی نیز برای انجام مبادلات تجاری شرکت‌های تامین کننده ماشین آلات، مواد اولیه، رنگ و لعاب، معادن و شرکت‌های مهندسی فعال در زمینه کاشی و سرامیک و بحث و گفتگو با دست اندرکاران صنعت کاشی و سرامیک فراهم گردید.

اصفهان با توجه به جاذبه‌های توریستی، وجود فرودگاه با پرواز بین‌المللی، موقعیت جغرافیایی مرکزی، نزدیکی به کارخانجات کاشی و سرامیک و شرکت‌های تامین کننده تجهیزات و ماشین آلات و همینطور مواد معدنی در منطقه، نزدیکی به منطقه خوشه صنعتی کاشی و سرامیک از جمله یزد، میبد، اردکان و نایین، وجود امکانات نمایشگاهی مطلوب و ... این منطقه را برای برگزاری نمایشگاه تخصصی در این صنعت مناسب می‌سازد. با توجه به تمهیدات در نظر گرفته از جمله سرویس‌های رایگان رفت و آمد روزانه از منطقه یزد و میبد به اصفهان، خوشبختانه این نمایشگاه با بازدید حرفه‌ای متخصصین و صنعتگران از سراسر کشور مواجه شد.



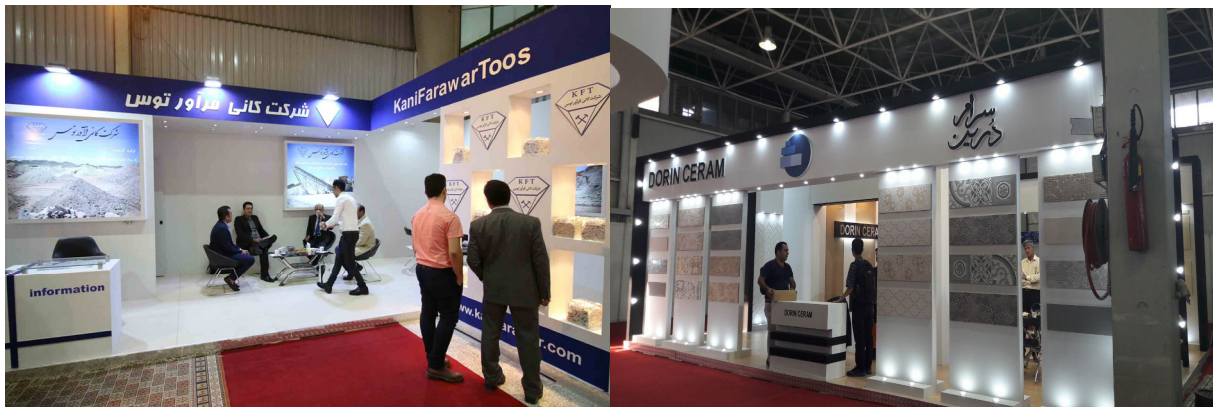
از جمله موضوعاتی که در گردهمایی و نمایشگاه سرامیک اصفهان مطرح شد می‌توان به مواردی از جمله تکنولوژی تولید کاشی‌های سایز بزرگ، کوره‌های تولید کاشی‌های سایز بزرگ، ماشین آلات چاپ دیجیتال، تکنولوژی و خدمات چاپ دیجیتال، جوهرهای چاپ دیجیتال، طراحی چاپ دیجیتال، ماشین آلات تولید کاشی و سرامیک، کوره‌ها و پخت، مواد اولیه صنعت کاشی و سرامیک، مواد معدنی صنعت کاشی و سرامیک، رنگ و لعاب، حمل و نقل و بسته‌بندی، خدمات فنی مهندسی، خدمات نصب کاشی، چسب کاشی، قطعات یدکی صنعت کاشی و سرامیک، بازرگانی‌ها و شرکت‌های خدماتی اشاره کرد. در این نمایشگاه، از جمله شرکت‌ها و تولیدکنندگانی که مجوز حضور داشتند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- شرکت‌های تولیدکننده ماشین آلات تولید کاشی و سرامیک اعم از کوره، خشک کن، اسپری دراپر، بالمیل، ماشین آلات

خط لعاب، سیستم چاپ دیجیتال، پرس، سامانه‌های انتقال مواد و تجهیزات، فرآیند خردایش، سامانه‌های کمکی خط اعم از ماشین آلات سرمایش خط قبل از چاپ دیجیتال و

- شرکت‌های تولیدکننده پخت سوم
- شرکت‌های تولیدکننده ماشین آلات تولید انواع آجر اعم از آجرهای ساختمانی و دیرگداز و همچنین سایر تجهیزات و مواد اولیه مرتبط با آجر و
- شرکت‌های تأمین کننده مواد اولیه و معدنی مرتبط با صنعت کاشی و سرامیک و آجر، معادن و سایر تجهیزات جانبی مرتبط.
- شرکت‌های تأمین کننده رنگ و لعاب، مواد ادیتو و افزودنی‌ها به انگوب و لعاب، جوهر دیجیتال، انواع افکت، رنگدانه، عکس‌برگردان و ... شرکت‌های خدمات مهندسی و ارائه دهنده مشاوره صنعتی و خدمات به شرکت‌های کاشی و سرامیک.
- ماشین آلات و تجهیزات تولید انواع چینی بهداشتی و همچنین چینی مظروف و شرکت‌های مرتبط با مواد اولیه و تجهیزات موردنیاز تولید این محصولات.
- انجمن‌ها، سندیکاها و فعال و مرتبط با صنعت کاشی و سرامیک، نشریات تخصصی و نهادهای علمی و تخصصی فعال در زمینه کاشی و سرامیک.

شرکت‌های Siti B&T, Sacmi, Tecnoferrari, Xaar, Sicer, Efi Cretaprint, Welko ICF, Kerajet, System Ceramics, Projecta Engineering و هم چنین تعداد زیادی از شرکت‌های چینی و ترکیه‌ای هم چون China Glaze, Refmak, Modena نیز در این نمایشگاه شرکت داشتند.



در چهارمین دوره سرامیک و چاپ دیجیتال که در چهار روز برگزار شد، محوریت موضوع به چاپ دیجیتال و کاشی‌های سائز بزرگ اختصاص داده شد و تکنولوژی‌های مربوط به تولید این کاشی‌ها و نوآوری‌های صنعت چاپ دیجیتال در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت.



انجمن سرامیک ایران نیز در سالن میرداماد مجموعه نمایشگاه‌های اصفهان با ارائه فعالیت‌ها و انتشارات و جذب اعضای جدید، حضوری فعال در این نمایشگاه داشت.





اولین نمایشگاه بین‌المللی شیشه و صنایع وابسته

۱ الی ۴ شهریورماه ۱۳۹۶

محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران

شیشه به‌عنوان یکی از صنایع مهم و با اهمیت در ایران مطرح بوده و اهمیت آن به‌دلیل وجود صددرصد مواد اولیه این صنعت در داخل کشور به‌راحتی قابل دسترسی و دستیابی است و از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار است. سیلیس، سدیم کربنات، آهک، اکسیدمنیزیم و دولومیت مواد اولیه شیشه هستند که معادن این مواد در ایران وجود دارد و تمامی این مواد با سهولت و قیمت پایین در دسترس است و شاید همین مسئله نخستین و مهم‌ترین مزیت این صنعت به حساب می‌آید.

رسیدن به بازارهای گسترده جهانی، مستلزم حرکت به سوی اقتصاد باز، بکارگیری استراتژی‌های جهش صادراتی و نگاه مدیرانه به نیازها و خواسته‌های مشتریان گوناگون در بازارهای مختلف می‌باشد. توفیق در دستیابی به این هدف، نیازمند حضور پررنگ بخش خصوصی و نیز بخش‌های وابسته به دولتی در بازارهای مختلف می‌باشد. یکی از سکوه‌های بسیار مهم در معرفی و شناسایی توانایی‌ها و قابلیت‌های فنی واحدهای تولیدی و خدماتی، نمایشگاه‌ها می‌باشند که به‌عنوان یک شاخه مهم بازرگانی بین‌الملل مطرح است. شرکت‌ها از طریق شرکت در نمایشگاه‌های بین‌المللی امکانات خود را به تولید کالاهایی اختصاص می‌دهند که نظر خریداران را هرچه بهتر تامین کند. چنین تولیدکنندگانی بجای تاکید روی کالایی خاص معمولاً نوع خدمتی که آن کالا ارائه می‌دهد را مورد توجه قرار می‌دهند. شرکت کنندگان در نمایشگاه بین‌المللی با درک دقیق تهدیدات، رقبا و فرصت‌های موجود و کسب ایده‌های جدید جهت ارضای نیازهای مصرف کنندگان کالاهای خود شانس خود را جهت صادرات هرچه بیشتر افزایش می‌دهند. به همین منظور اولین نمایشگاه بین‌المللی شیشه و صنایع وابسته با حضور بیش از ۴۰ شرکت داخلی و خارجی به مدت ۴ روز از ۱ الی ۴ شهریورماه ۱۳۹۶ در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار شد.



انجمن سرامیک ایران نیز در سالن ۱۰ با ارائه فعالیت‌ها و انتشارات و انجام مصاحبه‌ها، حضوری فعال در این نمایشگاه داشت. در مدت بازدید از این نمایشگاه، ملاقات‌هایی با چند شرکت داخلی انجام شد که در آنها ضمن معرفی انجمن سرامیک ایران، بر گسترش همکاری‌های آینده به شکل شرکت در سمینارها و نمایشگاه‌ها تاکید شد.



آقای مهندس امیری مدیر کل صنایع معدنی غیرفلزی وزارت صنعت معدن و تجارت به همراه مهندس روشنفکر ریاست هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران نیز ضمن بازدید از نمایشگاه، با حضور در غرفه انجمن، در مورد فعالیت‌های انجمن نظراتی را ارائه نمودند.



در این نمایشگاه ضمن بازدید از غرفه‌های حاضر در نمایشگاه، با چند تن از مدیران و کارشناسان برخی از این شرکت‌ها از جمله شرکت شیشه لیا، بلور و شیشه کاوه، سپیده جام توس و همچنین مهندس زجاجی دبیر انجمن صنفی صنعت شیشه مصاحبه‌ای انجام گرفت.





در روز شنبه آخرین روز نمایشگاه، جلسه کمیته تخصصی شیشه انجمن سرمایه‌گذاران ایران با حضور همه اعضا این کمیته در غرفه انجمن صنفی صنعت شیشه برگزار شد.

در این جلسه مهندس زجاجی ضمن گزارش وضعیت صنعت شیشه و برگزاری اولین نمایشگاه شیشه از فعالیت‌های اتی این گروه صحبت نموده و نحوه برگزاری ششمین گردهمایی صنعت شیشه در محل شیشه رازی در مهر ماه به بحث و بررسی گذاشته شد.

آقای مهندس روشنفکر به اهداف اصلی این دوره از هیات مدیره انجمن اشاره نمودند که قصد یافتن راهکار مناسب برای نزدیکی هرچه بیشتر صنعت و دانشگاه و رفع مشکلات در میان می‌باشد.

آقای مهندس امیری مدیر کل صنایع معدنی غیرفلزی وزارت صنعت معدن و تجارت نیز در این جلسه حاضر و با شنیدن نظرات اعضا به ارتباط بیشتر انجمن‌های علمی و وزارت صنعت معدن و تجارت اشاره نمودند.



سپس عکس یادبود توسط اعضای کمیته تخصصی در مقابل غرفه انجمن صنفی گرفته شد.



مصاحبه با جناب آقای مهندس زجاجی، دبیر انجمن صنفی صنعت شیشه



۱- با توجه به اینکه اولین دوره برگزاری نمایشگاه شیشه بود آیا انتظارات برآورده شد؟

همیشه برای اولین نمایشگاه‌ها مخصوصاً نمایشگاه‌های تخصصی نگرانی‌هایی وجود دارد. ما نیز با در نظر گرفتن این موارد یک سطح انتظاری داشتیم. خوشبختانه صنایع به انجمن اعتماد کردند و با اینکه بیشتر آن‌ها در نمایشگاه صنعت ساختمان نیز شرکت کرده بودند با این وجود به احترام و اعتبار انجمن در این نمایشگاه نیز شرکت کردند و نمایشگاه شکل گرفت و بالاتر از سطح انتظار ما ظاهر شد. بنا به تایید

صاحبان صنایع و شرکت کنندگان داخلی و خارجی از جمله مسئول نماشگاه دوسلدورف، این نمایشگاه از بسیاری از نمایشگاه‌ها در سراسر دنیا از جمله هند، روسیه و ... بهتر بود. البته لازم به ذکر است که مسلماً سقف انتظارات ما در این حد نیست و تنها با توجه به اینکه این دوره اولین دوره برگزاری نمایشگاه شیشه بود می‌توان گفت انتظارات ما را برآورده کرد. همچنین طی مذاکراتی که با مسئولین نمایشگاه دوسلدورف (جزو بزرگ‌ترین نمایشگاه‌های صنعت شیشه) انجام گرفت پیشنهاد دوسالانه برای برگزاری این نمایشگاه مطرح شد و شدیداً استقبال کردند که امور مربوط به بخش خارجی این نمایشگاه با برند آن‌ها انجام گیرد. به هر حال لازم است تمامی امکانات در این زمینه بررسی شده و تصمیم‌گیری نهایی صورت گیرد.

۲- جایگاه صنعت شیشه در ایران از نظر واردات و صادرات را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

کشور ما در صنعت شیشه و صنایع معدنی دارای مزیت است چرا که مواد اولیه این صنایع همه داخلی هستند و سوخت و انرژی نیز قابل دسترس است از این رو کاملاً اقتصادی می‌باشند. در کشور ما قیمت تمام شده در شیشه از محل کربنات سدیم و سوخت مصرفی زیر ۲۰٪ است در حالی که این عدد در سایر کشورها مثل ترکیه، چین و اروپا بالای ۴۵٪ است. ما در ایران جمعاً ۲/۲ میلیون تن شیشه تولید می‌کنیم. از این مقدار بیش از ۵۵۰ هزار تن صادر می‌کنیم که از این میزان صادرات، سهم شیشه تخت،

بیشترین مقدار است. به عبارتی ما به طور متوسط حدود ۳۵٪ محصولات را صادر می‌کنیم از این رو می‌توان گفت صنعت شیشه، صنعت بارور و حجیمی است. مشتری‌های ما از بسیاری از کشورها از جمله عراق، هند، ترکیه، آسیای میانه و اروپا هستند اما مشکل اصلی این است که ما هرچه بازاریابی می‌کنیم دولت‌ها به علت محدودیت‌های موجود نمی‌توانند همکاری کنند. ما در ایران محدودیتی برای صادرات نداریم و حتی می‌توانیم به صورت کوتاه مدت (اگر مشکلات برداشته شوند) صادرات را تا سقف ۱ میلیون تن نیز بالا ببریم از این رو می‌توان گفت صنعت شیشه در کشور ما درون افزا و برون گراست.

۳- نقش انجمن‌های علمی در ارتقا جایگاه صنعت شیشه در کشور چیست؟

ما اخیرا با انجمن سرامیک ایران شروع به همکاری کرده‌ایم زیرا اعتقاد داریم داریم که لازم است بین دانشگاه و صنعت یک پل ارتباطی وجود داشته باشد زیرا همیشه از هم جدا بوده و هر دو نیز مقصرند. زمانی که گروه شیشه تشکیل شد اعضای هیئت مدیره ترکیبی از افراد صنعتی و دانشگاهی بودند. این افراد در گردهمایی‌هایی که برگزار شد با دیدگاه‌های یکدیگر آشنا شده و ابعاد مختلفی از صنعت و دانشگاه را به یکدیگر معرفی نمودند. صنعت بایستی به دانشگاه اعتماد کرده و مشکلات و پروژه‌های صنعتی را با دانشگاه مطرح کند. هدف گروه صنعت شیشه نیز این است که جلوی هدر رفتن پروژه‌های کاربردی در زمینه شیشه را بگیرد. با این فعالیت‌ها می‌توان ارزش صادرات و محصولات را ۲ برابر کرد.

مصاحبه با سرکار خانم بیتا مزرعه، سرپرست بازاریابی گروه صنعتی شیشه کاوه

۱- جایگاه صنعت شیشه در ایران از نظر واردات و صادرات را چگونه ارزیابی می‌کنید؟



ایران در زمینه تولید و صادرات شیشه یکی از استراتژیک‌ترین کشورها محسوب می‌شود. گروه صنعتی شیشه کاوه به ۳۵ کشور شامل کشورهای آسیایی و اروپایی و کل کشورهای CIS - قسمت‌های جنوبی ایران - عراق - هند - ایتالیا - رومانی - آلمان - کاناداد - آفریقای جنوبی - آمریکای جنوبی و برزیل صادرات دارد. کشور ایران یکی از قطب‌های خاورمیانه در صادرات شیشه است از این

رو می‌توان جایگاه ایران را به صورت بین‌المللی تر بررسی کرد. در بین کشورهای خاورمیانه، شرکت شیشه جام در ترکیه دارای تولید شیشه با حجم عمده بوده و یکی از رقبای ایران محسوب می‌شود. همچنین در کشورهای امارات، هندوستان و پاکستان نیز تولید و صادرات شیشه به میزان قابل توجهی انجام می‌گیرد. از آنجا که مواد اولیه شیشه در خود ایران تهیه می‌شوند ایران در این زمینه واردات زیادی ندارد و تنها موادی که وارد می‌شود pvd برای تولید لمینت و رنگ نقره برای آینه‌ها می‌باشد. سیلیس، دولومیت، فلدسپار و کربنات از جمله مواد اولیه‌ای هستند که در ایران تولید می‌شوند.

۲- نقش انجمن‌های علمی در ارتقا جایگاه صنعت شیشه در کشور چیست؟

از طریق انجمن‌های علمی می‌توان روی تکنولوژی‌های جدید در صنعت شیشه تمرکز کرد. با توجه به اینکه این نمایشگاه، اولین نمایشگاه در زمینه شیشه و صنایع وابسته بود نیاز به بازاریابی و اطلاع رسانی بیشتری داشت که انجمن‌های علمی می‌توانند در این راستا نقش موثری داشته باشند.

مصاحبه با جناب آقای مهندس اصغرزاده مدیر عامل مجتمع تولیدی چینی مقصود

۱- جایگاه صنعت شیشه در ایران از نظر واردات و صادرات را چگونه ارزیابی می‌کنید؟



یکی از زیرشاخه‌های صنعت شیشه، شیشه اپال است به طوری که از کل مجموعه شیشه، شیشه اپال تنها درصد کمی را تشکیل داده و در کل کشور تنها ۲ تولیدکننده اپال در حال فعالیت می‌باشند: پارس اپال و سپیده جام توس. بنابراین با توجه به اینکه ما در شرکت سپیده جام توس بیشتر در زمینه شیشه و اپال کار می‌کنیم در این مصاحبه به بررسی این بخش از صنعت شیشه می‌پردازیم.

سطح تولید شیشه اپال در کشور بالا بوده و ظرفیت مناسبی دارد طوری که می‌تواند بازارهای داخلی را ساپورت کند. بخشی از واردات اپال از کشورهایی مانند چین و اسپانیا بوده و این موضوع باعث می‌شود سهم ما از بازار اپال تحت الشعاع قرار بگیرد. در صورتی که اگر شرایط به گونه ای فراهم شود که دولت هزینه‌های گمرکی سنگینی را برای شیشه‌های اپالی که وارد می‌شوند ایجاد کند، طبیعتاً ما بازار خود را خواهیم داشت و می‌توانیم جایگاه خود را حفظ کنیم. تنوع اپال در کشور ما در سطح بسیار خوبی بوده و با شرکت‌های اروپایی مثل آرکوپال و اپال امارات رقابت دارد. صادرات اپال نیز به کشورهایی مثل روسیه، آسیای میانه، هندوستان، پاکستان، عراق، کشورهای عربی خلیج فارس مثل عمان و امارات و برزیل انجام گرفته و ما در برزیل، هند و روسیه نیز دفتر نمایندگی داریم. بدیهی است که تمایل ما در راستای توسعه صادرات می‌باشد اما رقابت سنگین است. مسلماً ما راغب هستیم که از بازارهای داخلی بیشتر حمایت شده و مردم به سمت خرید محصولات داخلی تشویق شوند چر آنکه کیفیت محصولات داخلی ما در این زمینه هم سطح یا حتی فراتر از محصولات اروپایی است. همچنین محصولات ما از نظر خواص در مقایسه با چین، به مراتب بالاتر هستند. این ویژگی‌ها می‌تواند برای خریدار انگیزه خرید ایجاد کند. این محصولات از نظر قیمت نیز با یکدیگر قابل رقابت هستند. در چند سال اخیر نیز تغییرات قیمت چشمگیری در اپال نداشتیم. در نتیجه برای رقابت لازم است افزایش تولید داشته باشیم که این پدیده مستلزم تقویت بازارهای داخلی و قدرت دادن به بازارهای صادراتی و ارتقا بازارهای بین‌المللی می‌باشد.

در مجموع از کل صنعت شیشه، شیشه اپال زیر ۲٪ سهم دارد. این اولین نمایشگاه شیشه است که در آن حضور یافتیم. در نمایشگاه لوازم خانگی، حضور عامه مردم برای خرید وسایل خانه بیشتر است. از آنجا که تولیدات ما علاوه بر شیشه اپال، چینی استخوانی و قاشق و چنگال نیز می‌باشد اما در زمینه صنعت شیشه با نگرش دیگری در این نمایشگاه حضور یافتیم و بیشتر ارزیابی تکنولوژی مدنظر بود. در این راستا، از مجموعه ما شرکت سپیده جام توس و همچنین آذین قالب حضور دارند که در اصل قالب‌های صنعت شیشه را می‌سازند و می‌توانیم با شرکت‌هایی که در این زمینه نیاز به کمک دارند همکاری کنیم.

در این چند روز در زمینه بازار در مقایسه با نمایشگاه لوازم خانگی اتفاق ویژه‌ای نداشتیم. تبلیغات و اطلاع‌رسانی برای این نمایشگاه ضعیف بود و نمایشگاه در این فضا هنوز جا نیفتاده است و گرچه می‌توانستیم شاهد حضور پررنگ‌تری از مردم باشیم زیرا عامه مردم وقتی اسم شیشه را می‌شنوند شیشه ساختمان، خودرو و ویتترین مغازه‌ها برایشان تداعی می‌شود در حالی که لوازم خانگی بلور و اپال هم شیشه به حساب می‌آید. اپال به خانواده چینی نزدیک تر است تا شیشه و خیلی‌ها نمی‌دانند اپال زیرساخت شیشه است. در نتیجه ما هم چه در زمینه‌های تکنیکی، فرمولاسیون و فرایند تولید با تمام دغدغه‌های صنایع شیشه روبه رو هستیم و در صنعت شیشه در زمینه‌های خدمات آزمایشگاهی، مهندسی مثل کوره و ماشین آلات نیاز به کمک داریم.

۲- نقش انجمن‌های علمی در ارتقا جایگاه صنعت شیشه در کشور چیست؟

انجمن سرامیک لازم است در گروه شیشه فضای بهتری را ایجاد کند. در همایش‌های شیشه اکثراً صنعت شیشه مطرح می‌شود ولی چون سهم ما خیلی جزئی است نادیده گرفته می‌شویم و به دغدغه‌های ما رسیدگی نمی‌شود. لازم است مشکلات صنایع مطرح شده و روی آن‌ها کار شود و بین صنایع و دانشگاه‌ها یک ارتباط موثر ایجاد شود تا بتوانیم در فضای صنعتی از دانشگاه‌ها و محیط‌های علمی نیز بهره ببریم. لازم است در دانشگاه‌ها پروژه‌های عملیاتی و پژوهشی و برای کارخانه‌ها دوره‌های آموزشی تعریف شود.

همچنین لازم است دوره‌های کارآموزی توسعه داده شود و با کاهش واحدهای تئوری و افزایش واحدهای عملی و بازدید از کارخانه‌ها، برای صنعت دانشجویهای ارزشمندی را پرورش داد لذا این مساله دو الزام دارد: ارتباط با صنعت و ارتباط با وزارت کار.

مصاحبه با جناب آقای معین افشار، مدیر عامل شرکت شیشه لیا

۱- جایگاه صنعت شیشه در ایران از نظر واردات و صادرات را چگونه ارزیابی می‌کنید؟



شیشه یکی از موادی است که تولید آن در ایران سابقه چند هزار ساله دارد اما صنعت شیشه به صورت مدرن دارای شاخه‌های گسترده‌ای می‌باشد و جز الیاف شیشه‌ای که در تولید آن ضعیف هستیم و کمبود تولید داریم در بقیه شاخه‌ها جایگاه خوبی داریم. در صنعت شیشه تخت با روش فلوت کارخانجات زیادی فعالند و ظرفیت تولید بیش از ۲ برابر نیاز کشور است و بخش زیادی از تولیدات داخلی به ۴ قاره صادر می‌شود. در زمینه بطری و ظروف شیشه‌ای و بلورجات مصرفی طرح‌های توسعه زیادی داشتیم. در زمینه ارتقا کیفیت، فعالیت‌های زیادی شده و به صادرات مناسبی رسیدیم. با توجه به مازاد تولید در اکثر شاخه‌ها باید بازارهای صادراتی بیشتری را مدنظر قرار دهیم. واردات شیشه محدود شده است زیرا بخش اعظم انواع شیشه در داخل تولید می‌شود و وزارت صنعت، معدن و تجارت فقط به شیشه‌هایی که در کشور تولید نداریم مجوز واردات می‌دهد و اکثر مصرف‌کننده‌ها یعنی صنایع پایین دست شیشه تمایل به استفاده از محصولات داخلی را دارند. در واردات علاوه بر مسائل حمل و نقل مثل شکستن شیشه، قیمت تمام شده بیش از خرید داخلی تمام می‌شود.

۲- نقش انجمن‌های علمی در ارتقا جایگاه صنعت شیشه در کشور چیست؟

سه سال پیش گروه تخصصی شیشه به عنوان زیرمجموعه انجمن شکل شد. گروه تخصصی شیشه چند هدف گذاری کرد:

توسعه دانش تولید شیشه و تبادل تجربیات بین تولیدکننده‌ها و ایجاد ارتباط نزدیک بین شرکت‌های مختلف: این هدف با برگزاری گردهمایی‌های دواری ۵ تا ۶ ماه ۱ بار محقق شد که شروع آن با شرکت شیشه قزوین، کاوه، آسافلوت مراغه، نوری تازه، شرکت شیشه همدان و شرکت شیشه لیا بود. در طی این گردهمایی‌ها، مقالاتی توسط اساتید و اعضای انجمن و کارشناسان صنعت شیشه ارائه شد.

هدف دیگر انجمن، برقراری ارتباط بین دانشگاه و صنعت بوده و مهم‌ترین رسالت آن نیز همین است. در ایران ارتباط منطقی بین صنعت و دانشگاه وجود ندارد و سال‌ها به همین گونه بوده و پیشرفتی حاصل نشده است. در نتیجه از اهداف مهم، برقراری رابطه نزدیک بین دانشگاه و صنایع شیشه و تعریف پروژه‌های مشترک است. با توجه به اینکه این نمایشگاه اولین نمایشگاه صنعت شیشه بود استقبال خوب بود و عمده تولیدکننده‌های شیشه در نمایشگاه حضور داشتند. اما مشکلی که وجود داشت اطلاع‌رسانی ضعیف در مورد نمایشگاه بود. در نتیجه لازم است در اطلاع‌رسانی همکاری بیشتری شود. در این صورت دستاوردها بهتر خواهد بود. اگر بتوان نمایشگاه‌های خارجی در زمینه صنعت شیشه را خوب برگزار کرد و قادر باشیم نمایندگان‌شان را جذب کنیم، هزینه سفر به خارج برای شرکت در این نمایشگاه‌ها کاهش یافته و ارتباط موثر برقرار می‌شود.

بیست و چهارمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی، سرامیک و چینی بهداشتی

بیست و ششمین دوره این نمایشگاه در فضایی به مساحت حدود ۱۸ هزارمتر مربع با حضور ۱۸۳ شرکت داخلی و خارجی از بیش از ۳۵ کشور جهان از جمله آلمان، ایتالیا، بلژیک، اسپانیا، انگلستان، آمریکا، بلغارستان و... به مدت ۳ روز از ۹ الی ۱۲ تیرماه ۱۳۹۶ در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار شد. شرکت‌کنندگان این نمایشگاه عمدتاً در زمینه‌های مربوط به ماشین‌آلات، مواد اولیه، لعاب، فریت، خدمات پس از فروش و تولید کاشی و سرامیک و چینی بهداشتی فعالیت داشتند و تعداد معدودی از صنایع دیرگداز، شرکت‌های بازرگانی و نمایندگان تولیدکنندگان اروپایی نیز شرکت کرده بودند. انجمن سرامیک ایران نیز با ارائه فعالیت‌ها و انتشارات و عضوگیری، حضوری فعال در این نمایشگاه داشت. در مدت بازدید از این نمایشگاه، ملاقات‌هایی با چند شرکت داخلی و خارجی انجام شد که در آنها ضمن معرفی انجمن سرامیک ایران، بر گسترش همکاری‌های آینده به شکل شرکت در سمینارها و نمایشگاه‌ها تاکید شد.



اعضای هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران و اعضای حقیقی و حقوقی نیز ضمن بازدید از نمایشگاه، با حضور در غرفه انجمن، در مورد فعالیت‌های انجمن نظراتی را ارائه نمودند.





انجمن سرامیک ایران
بیست و چهارمین نمایشگاه کاشی و سرامیک تهران

انجمن سرامیک ایران بیست و چهارمین نمایشگاه کاشی و سرامیک تهران



در این نمایشگاه تعدادی از اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران از جمله شرکت کاشی مرجان، شرکت نوین سرام یزد، شرکت صنعتی و معدنی سوراوجین عقیق، شرکت کاشی درسرام میبد، صنایع کاشی و سرامیک الوند، رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام، شرکت صنایع خاک چینی ایران، چینی بهداشتی گل‌سار فارس، شرکت کاشی و سرامیک ستاره میبد، گروه کارخانجات لعاب مشهد، درداران سریر، شرکت لعابیران، شرکت ایران آیمدی، شرکت سرامیک‌های صنعتی اردکان، تهیه و تولید خاک نسوز استقلال آباد و شاید تجارت پارس شرکت داشتند که مصاحبه ای با چند تن از مدیران و کارشناسان برخی از این شرکت‌ها انجام گرفت.



انجمن سرامیک ایران
بیست و چهارمین نمایشگاه کاشی و سرامیک تهران







مصاحبه با دبیر انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک کشور مهندس محمد روشنفکر



مهندس روشنفکر: یکی از بحث‌هایی که در این روزها بیشتر مورد بحث بوده و مطرح می‌باشد، تبیین اهداف نمایشگاه است تا بتوان به واسطه آن، صورت مسئله و راه حل‌های آن را بهتر مشخص کرد.

ما در حال برگزاری ۲۴مین نمایشگاه بین‌المللی کاشی و سرامیک و چینی بهداشتی هستیم. در نمایشگاه امسال، اقبال عمومی نسبت به سال‌های قبل بد نبود. نزدیک به ۲۰۰ شرکت داخلی و خارجی در این نمایشگاه شرکت کرده و حدود ۱۸۰۰۰ متر فضای سرپوشیده

در اختیار شرکت کنندگان قرار گرفت. بیش از ۳۵ کشور خارجی از جمله آلمان، ایتالیا، بلژیک، اسپانیا، انگلستان، آمریکا، بلغارستان و ... در این نمایشگاه شرکت کردند و اکثراً در زمینه‌های مربوط به ماشین‌آلات، مواد اولیه، لعاب، فریت، خدمات پس از فروش و تولید کاشی و سرامیک فعالیت داشتند.

تفاوت این نمایشگاه با سال‌های قبل، صادرات محور بودن این نمایشگاه بود که به علت رکود حاکم بر صنعت ساختمان، تولیدکنندگان تصمیم بر ارائه آخرین دستاورد از محصولات خود داشته تا بتوانند طرف‌های تجاری خود از جمله کشورهای مثل ارمنستان، گرجستان، آذربایجان و مکزیک را جذب کنند.

مهم‌تر از برگزاری نمایشگاه، رفع موانع صادرات برای تولیدکنندگان ایرانی می‌باشد. در نمایشگاه امسال، تولیدکنندگان، چیدمان‌های خود را بر اساس ذائقه بازارهای مختلف مثل ارمنستان، عراق و ... انجام داده‌اند. در انجمن‌های صنفی، هدف اصلی، برداشتن موانع موجود بر سر راه صادرات است. در طی صحبت‌هایی که در روز افتتاحیه با جناب آقای مهندس نعمت‌زاده، وزیر محترم صنعت و تجارت انجام گرفت، قرار بر آن شد که جلسه‌ای برای صادرکنندگان کاشی و سرامیک در محل وزارتخانه برگزار شده و چالش‌های موجود به ویژه در زمینه صادرات، مطرح گردد. در امر صادرات، ما در یک میدان مبارزه‌ای هستیم که لازم است هم وزن‌ها با یکدیگر رقابت کنند و اگر این تعادل برقرار نباشد، رقابت ناعادلانه خواهد شد.

این رقابت ناعادلانه چیست؟

سود بانکی بسیار سنگین در صادرات که بر تولیدکنندگان تحمیل می‌شود: در بازارهای هدف، سود بانکی برای رقبا ۰/۱ است یعنی اگر امروز ۲۰-۲۵٪ سود بانکی به ما تحمیل شود، در بازارهای هدف، رقبا ۲-۳٪ سود بانکی می‌دهند. حمل و نقل بسیار سنگین که حدود ۲۰-۲۵٪ قیمت تمام شده ما را تشکیل می‌دهد در حالی که در بازار جهانی، این مقدار حدود ۱۰٪ است.

صادرکنندگان از سال ۸۹ تا به امروز هیچ‌گونه مشوقه‌های صادراتی دریافت نکرده‌اند در حالی که برای آن مصوبه قانونی وجود داشته است.

ما به علت عضو نبودن در سازمان تجارت جهانی، در بازارهای هدف مجبور به پرداخت تعرفه‌های سنگین هستیم لذا لازم است دولتمردان با رایزنی با کشورهای دوست بتوانند بستر را به گونه‌ای فراهم آورند که ما را گرفتار تعرفه‌های سنگین نکنند.

یکی از موانعی که وجود دارد این است که اگر قرار باشد ما با دنیا ارتباط اقتصادی داشته باشیم نیازمند پیش‌نیازهایی می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به داشتن وابسته‌های بازرگانی قوی در بازار هدف اشاره کرد. متأسفانه تعداد وابسته‌های بازرگانی ما در

هیچ یک از بازارهای هدف، بیش از ۲ یا ۳ نفر نیست. این در حالیست که رقبا بین ۵۰ تا ۶۰ وابسته دارند. به عنوان مثال، بازار روسیه فرصت بسیار مناسبی بود که ما به علت نداشتن مطالعات میدانی و وابسته‌های بازرگانی کافی نتوانستیم از آن استفاده کنیم. توصیه ای که برای دولتمردان، وزارت امور خارجه و وزارت صنایع وجود دارد این است که تعداد وابسته‌های بازرگانی را در بازارهای هدف افزایش دهند تا بتوانیم اطلاعات لازم را کسب نماییم.

در نمایشگاه امسال، مسلماً اگر همه اعضای وابسته به انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک کشور شرکت می‌کردند وضعیت بهتر بود. دلیل عدم حضور برخی از اعضا را می‌توان به عدم امکان حضور و یا محدود بودن فضای نمایشگاهی نسبت داد. تعداد زیادی از اعضای انجمن خواهان فضای بیشتری در نمایشگاه بودند. از این رو لازم است بخش خصوصی با کمک دولت، در این زمینه سرمایه گذاری کرده و فضای بیشتر و مناسب‌تری را فراهم آورد.

مصاحبه با مهندس مجنون مدیر عامل سارا کاشی

۱- وضعیت نمایشگاه امسال را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

سال قبل، نمایشگاه نبود. امسال از نظر کیفیت نسبت به سال‌های گذشته بهتر بود و شرکت‌کننده‌ها در بازار فعلی و بازار رقابت حرفی برای گفتن داشتند. از نظر بازدید بد نبود. زمانش خوب نبود یعنی اگر مصادف با تعطیلات بعد از ماه رمضان نبود بهتر بود.

۲- وضعیت فعلی صنعت سرامیک (واردات و صادرات) چگونه است؟

در صنعت سرامیک، واردات ما را تحت‌الشعاع قرار نمی‌دهد زیرا در مقایسه با متراژ تولیدی در داخل کشور، خیلی قابل توجه نیست. اما با یک بازار صادرات خوب مواجه نیستیم و نمی‌توانیم صادرات داشته باشیم. به علت کمبود کیفیت کاشی‌های خودمان و ارتباطات سیاسی که با کشورهای مجاور نداریم.

۳- نقش انجمن‌های علمی و صنفی در پیشبرد صنعت سرامیک چیست؟

زمانی که اصلاً رشته تحصیلی سرامیک نداشتیم، اطلاعاتی در مورد کوره‌های پخت سریع که در سال ۱۳۷۰ وارد ایران شد نبود، فرمولاسیون کاشی پخت سریع مشخص نبود، فارغ‌التحصیلان از این رشته کمک خوبی به خصوص در زمینه ساخت لعاب و فرموله کردن بدنه‌ها و شناخت مواد اولیه به این صنعت کردند زیرا قبل از آن، متخصصین ما تجربی بودند. اوایل، ارتباط بین صنعت و دانشگاه ضعیف بود اما الان که عضو هیئت مدیره انجمن، صنعتگران هستند مثلاً مهندس روشنفکر، وضعیت خیلی بهتر است. دروس دانشگاهی به تنهایی کاربرد ندارند و باید با تجربه ترکیب شوند. مثلاً در حال حاضر که کارآموزی جز واحدهای درسی است خیلی خوب است چون دانشجویان با محیط کار آشنا می‌شوند و با نکات جدیدی در صنعت آشنا می‌شوند که ترکیب این موارد با هم، یک متخصص خوب را می‌دهد.

در ایران فقط روی تولید کاشی و سرامیک متمرکز شدیم اما باید روی تولید مواد اولیه هم انرژی بگذاریم. معادن را از لحاظ کیفی بالا ببریم. مشکل در مواد اولیه است. مواد اولیه مرغوب نداریم و در معادن عملیات فرایندی انجام نمی‌گیرد. ما اگر می‌خواهیم رقیب کاشی‌های ایتالیایی و اسپانیایی باشیم باید در همه زمینه‌ها باید مثل آن‌ها باشیم تا بتوانیم رقابت کنیم. اگر تاکید فقط روی نوع ماشین آلات و واردات مواد اولیه باشد در رقابت عقب می‌افتیم. زمانی می‌شود رقابت کرد که در همه ی مواد و تجهیزات تولید سرامیک کیفیت داشته باشیم.

انتظار داریم انجمن سرامیک میزان اطلاع رسانی در صنایع را بیشتر کند و از صنایع بیشتر دعوت بعمل آورد. در دانشگاه‌ها مراکزی باشد که بیشتر با صنایع ارتباط داشته باشند که بتوانند مشکلات صنایع را برطرف کنند. نه اینکه فقط خودشان کسب تجربه کند.

مصاحبه با مهندس نعمتی مدیر عامل لعابیران

نظر شما راجع به نمایشگاه امسال چیست؟

نمایشگاه امسال خیلی خوب بود. چندین گروه از همکاران که در غرفه حضور داشتند جلسات متعددی برگزار کردند و تقریباً از دقایق ابتدایی نمایشگاه تا دقایق پایانی مشغول مذاکره بودیم. خیلی فرصت نکردم سالن‌های دیگر را سر بزنم. اما کلیت بسیار مفید بود. ما از عدم برگزاری نمایشگاه در سال‌هایی که برگزار نشد صدمه زیادی دیدیم. اصولاً در سال‌هایی که رکود است و شرایط بحران وجود دارد باید تمرکز ما



روی مارکتینگ، مدیریت بازاریابی و تبلیغات باشد. حذف هزینه‌های تبلیغات بازاریابی از جمله اشتباهاتی است که در بخش مدیریت صنعت سرمایه‌گذاری انجام داده‌اند و امید است که دیگر اتفاق نیفتد.

در صنعت سرمایه‌گذاری، جز صنایع محدودی هستیم که وضعیت رقابتی در سطح کشور داریم. کمتر صنعتی هست که ما در آن رتبه جهانی داشته باشیم و در این سطح، وضعیت رقابتی داشته باشد. رکود بازار مسکن باعث شد در سال‌های گذشته مشکلات زیادی داشته باشیم. مدیران، مدیریت بحران را بلد نبودند. خیلی به صنعت سرمایه‌گذاری آسیب زدند. تمام تمرکز صادراتی صنعت کاشی در کشور همسایه عراق و افغانستان بود که با مشکلات پیش آمده این بازار هم از دست رفت. بحث تحریم‌ها هم مشکلات زیادی را برای تامین و بحث صادرات ایجاد کرد. امروز شرایط خیلی مناسبی نداریم و صنعت تحت فشار است. با درایت و تمرکز روی مباحث علمی مدیریتی، این راه حل‌ها پیش‌بینی شده است. در اروپا شاهد این قضایا نیستیم. بحران وجود دارد اما مدیران صنایع، مدیریت بحران در شرایط رکود را بلدند.

انجمن‌های صنفی دارای شرح وظایف مشخصی هستند از جمله: پیگیری امور صنفی با سازمان‌های خدمات رسان، با بخش‌های دولتی مسئول، لابی‌هایی که برای قانون گذاری‌ها انجام می‌شود، پیگیری تعرفه‌ها، شرایط خاصی که توسط بانک‌ها و مراکز تامین مالی باید انجام شود، هماهنگی‌هایی که لازم است در مباحث قیمت گذاری و فروش باشد که متأسفانه در کشور ما انجام نمی‌شود. در صورتی که ۱۵ سال پیش که نقطه آغاز رشد صنعت سرمایه‌گذاری بود، صنایع سرمایه‌گذاری ترکیه یک سالن گذاشته بودند و همه صنایع کاشی و سرامیک و جینی بهداشتی ترکیه به صورت یکجا ارائه شدند. برای همین در حال حاضر در این سطح کار می‌کنند. این‌ها مسیرهای تجربه شده است. انجمن صنفی می‌تواند این تمرکز را ایجاد کند که این امر، همکاری و هماهنگی بین واحدهای تولیدی را می‌طلبد که نیاز به آموزش دارند و سودآوری و منافعی در کار گروهی است.

انجمن‌های علمی نیز وظایف خود را دارند. من به شخصه در انجمن سرمایه‌گذاری ایران، ۲ دوره نایب رئیس هیئت مدیره و ۱ دوره بازرس بودم. یکی از جاهایی که می‌شود بحث همیشگی مشکل ارتباط صنعت و دانشگاه در کشور در بخش سرمایه‌گذاری را تقویت کرد، انجمن سرمایه‌گذاری ایران است اما متأسفانه در طی این مدت، در کنار کارهای خوبی که انجام گرفت، کارهای یکپارچه که نتایج درخشانی داشته باشد اتفاق نیفتاد. علت، محیط صنعت و دانشگاه و ارتباط ناقص بین این دو می‌باشد. برای حل این مشکل، مدل‌هایی وجود دارد که پیاده سازی آن در حوزه فعالیت‌های انجمن نیست اما در یک مقیاس محدود، این ارتباط در صنعت سرمایه‌گذاری است. ارتباط انجمن با واحدهای تحقیق و توسعه مراکز تولیدی می‌تواند این ارتباط را به صورت معناداری بهبود بخشد، به شرطی که روی علوم کاربردی، نه صنعتی و پایه‌ای متمرکز شوند.

در راستای این پروژه، مواردی که در شرکت لعابیران مطرح شده، می‌تواند برای خروج از بحران، یک case study باشد. هر چقدر هم وضعیت بحرانی باشد، با پیروی از اصول علمی و تلاش زیاد و کار هوشمندانه، قابل مدیریت است. بحث کلیدی، تمرکز بر کیفیت بالا و متمرکز شدن روی روش‌های علمی برای افزایش سطح بهره‌وری می‌باشد. مدیریت هزینه نه صرفه‌جویی در راستای افزایش بهره‌وری و تمرکز بر روی بازارهای صادراتی از تکنیک‌های مناسب است. برای اولین بار در تاریخ کشور موفق شدیم در لعابیران صادرات را در مقیاس بیش از ۵۰٪ ظرفیت شرکت که این ظرفیت که تا حدود ۱۰۰٪ نیز افزایش خواهد یافت، داشته باشیم. ما در ترکیه برند ثبت کردیم و در یک ماه و نیم، بیش از ۱۰۰۰ تن محصول به ترکیه صادر کردیم در حالی که می‌دانیم ترکیه در صنعت کاشی و سرامیک از بهترین‌هاست.

اخبار شرکت‌ها

رییس کل سازمان توسعه تجارت ایران گفت کاشی و سرامیک با تخفیف ۸۰ درصدی به اور آسیا صادر می‌شود.

رییس کل سازمان توسعه تجارت ایران با اشاره به برخی توافقات ایران با اتحادیه اورآسیایی گفت در صورت نهایی شدن این توافقات فرش ایران با حقوق گمرکی صفر و کاشی و سرامیک با تخفیف ۸۰ درصدی به اورآسیا صادر می‌شود.

به گزارش خبرگزاری تسنیم، مجتبی خسروتاج قائم مقام وزیر صنعت معدن تجارت و رییس کل سازمان توسعه تجارت ایران، با



حضور در آیین گرامداشت روز صنعت معدن تجارت در استان یزد، با اشاره به بخشی از وظایف حاکمیتی دولت برای بستر سازی توسعه صادرات از توافقات گسترده با اتحادیه اورآسیا خبر داد.

در این جلسه خسروتاج، با اشاره به عواملی که بعضاً موجبات غیررقابتی شدن کالای ایرانی می‌گردد به موضوع و اهمیت اقتصادی بودن واحدهای صنعتی اشاره کرد و اظهار داشت چنانچه فضای مناسب بین‌المللی در روابط خارجی ایران با دنیا وجود داشته باشد باعث می‌شود که سرمایه‌گذاری در صنایع تولیدی با نگاه بازار منطقه‌ای و جهانی صورت گیرد و در نهایت قیمت محصولات پایین و رقابتی می‌شود.

وی همچنین خاطرنشان کرد: فضای مناسب بین‌المللی متکی به روابط سیاسی خارجی است که دولت تدبیر و امید با نهایی کردن برجام قدم خیلی مهمی در این خصوص برداشته است. از سوی دیگر اقدامات، اقتصادی و تجاری است که دستگاه‌ها و تشکل‌های دولتی و خصوصی بایستی پیش قدم شوند.

وی افزود وزارت صنعت، معدن و تجارت مدتهاست موافقتنامه‌های تجارت آزاد و تجارت ترجیحی را با تعدادی از کشورهای هدف صادراتی از جمله سوریه، لبنان، پاکستان، اندونزی، مالزی، ویتنام، روسیه و قزاقستان دنبال می‌کند.

خسروتاج افزود این مذاکرات از حدود ۱۶ ماه پیش با اتحادیه گمرکی اروپا متشکل از پنج کشور شروع شده است و خوشبختانه اخیراً در بخش کالاهای صنعتی توافقات اولیه بعمل آمده است که ظرفیت افزایش و توسعه نیز دارد. براساس این توافقات چنانچه ایران به کشورهای عضو اروپا همچون روسیه، قزاقستان، قرقیزستان، بیلاروس و ارمنستان صادرات کالا داشته باشد از بخشی از این کالاها سود بازرگانی صفر و یا با تخفیف‌های ۲۰ تا ۸۰ درصد دریافت می‌شود، البته با امتیازاتی کم و بیش مشابه با محصولات آنها در ایران اقدام خواهد شد.

رییس کل سازمان توسعه تجارت ایران خاطر نشان کرد در مذاکرات دور پنجم در ارمنستان، تا حدود زیادی کالاهای صنعتی مورد تبادل، مشمول این توافقات شد و برای اقلام کشاورزی نیز مذاکرات ادامه خواهد یافت که به این ترتیب کلیه کف پوش‌های ایرانی از جمله فرش دستباف، ماشینی، گلیم، گبه در صورت صادرات آتی به این کشورها و پس از نهایی شدن توافقات، حداکثر تا اکتبر سال جاری میلادی، مشمول حقوق گمرکی صفر درصد در کشورهای اروپا می‌شود.

خسروتاج در ادامه به کالاهای ساختمانی همچون انواع کاشی و سرامیک اشاره نمود که بطور میانگین مشمول هشتاد درصد تخفیف در حقوق گمرکی شده‌اند. همچنین وی در پایان تصریح کرد محصولات پایین دستی پتروشیمی، انواع ظروف شیشه‌ای، کابل و لوله و مصنوعات فلزی و سایر کالاها نیز در سطوح مختلف مشمول کاهش شده‌اند.

منبع: <http://tn.ai/1464798>

رونق دوباره هنر سفالگری در وان



وزارت فرهنگ و گردشگری ترکیه به منظور زنده نگه داشتن هنر پنج هزار ساله سفالگری در استان وان از «پروژه عملی کارگاه سرامیک روستای بارداکچی» حمایت می‌کند.

اداره هنرهای زیبای وزارت فرهنگ و گردشگری ترکیه در راستای حمایت از سفالگری و تولید سرامیک در استان وان که پیشینه آن به پادشاهی اورارتو باز می‌گردد، از «پروژه عملی کارگاه سرامیک روستای بارداکچی» پشتیبانی به عمل می‌آورد.

این پروژه که توسط مسئولان رشته باستان شناسی دانشگاه یوزونجو ییل وان ترکیه راه‌اندازی شده است، در قالب برنامه «1-2017-GENÇDES» مورد حمایت این وزارتخانه قرار گرفته و زمینه رونق دوباره این هنر را فراهم خواهد کرد.

رفعت چاووش اوغلو، عضو هیئت علمی رشته باستان شناسی این دانشگاه در همین رابطه اظهار داشت: "هدف از این پروژه آموزش عملی تکنیک‌های سنتی هنر سرامیک به دانشجویان و زنده نگه داشتن سنت‌هایی است که با توسعه تکنولوژی رو به فراموشی گذاشته‌اند".

وی افزود: "این هنر از پنج هزار سال پیش وجود داشته، ما نیز می‌خواهیم سنت سفالگری در روستای بارداکچی جانی دوباره یافته و از بین نرود".

منبع: <http://aa.com.tr/fa/>

برگزاری نخستین همایش بین‌المللی نانوالیاف ایران

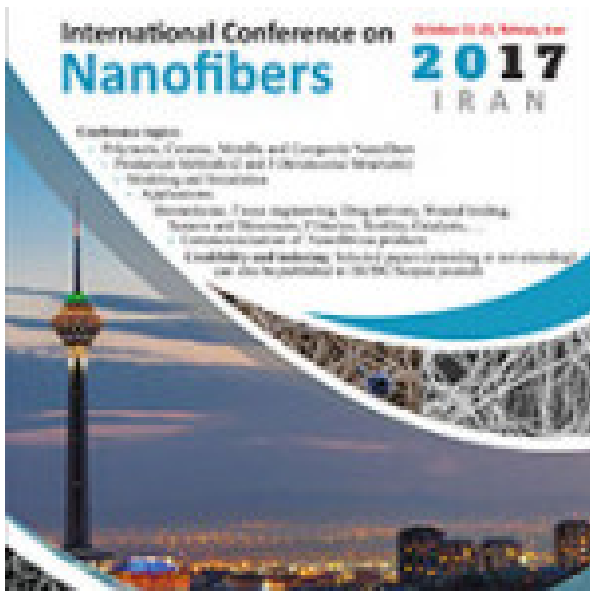
اولین همایش بین‌المللی نانوالیاف ایران (ICNF 2017) به همت انجمن علمی نانوفناوری پزشکی ایران و با مشارکت دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران در روزهای ۲۹ و ۳۰ مهرماه ۱۳۹۶ در دانشگاه علوم پزشکی تهران برگزار می‌شود.

اولین همایش بین‌المللی نانوالیاف ایران (ICNF 2017) به همت انجمن علمی نانوفناوری پزشکی ایران و با مشارکت دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران در روزهای ۲۹ و ۳۰ مهرماه ۱۳۹۶ در دانشگاه علوم پزشکی تهران برگزار می‌شود.

این همایش با همکاری فعالان برجسته ایرانی و با حضور شرکت‌کنندگانی از کشورهای مختلف در حوزه نانوالیاف در راستای تبادل اطلاعات و معرفی ایده‌های جدید در دو بخش علمی و تجاری‌سازی با حمایت سازمان‌های مختلف از جمله ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، وزارت بهداشت، وزارت نیرو و شرکت‌های تولیدی و صنعتی داخلی و خارجی برگزار خواهد شد.

محورهای این همایش عبارتند از:

- نانوالیاف کامپوزیتی، فلزی، سرامیکی و پلیمری



فصلنامه سرامیک ایران شماره ۵۰ تابستان ۹۶

- روش‌های تولید (ساختارهای دوبعدی و سه‌بعدی)
- مدل‌سازی و شبیه‌سازی
- کاربرد: نانوپزشکی، مهندسی بافت، داروسازی، بهبود زخم، حسگرها و بیوحسگرها، فیلتراسیون، منسوجات، کاتالیست و غیره
- تجاری‌سازی محصولات نانولیفی

روز دوم این همایش با هدف تجاری‌سازی نانوالیاف برگزار می‌شود، در این زمینه یک مسابقه علمی برای رفع مشکلات تجاری‌سازی نانوالیاف برگزار شده و شرکت‌کنندگان راهکارهای خود در این حوزه را ارائه خواهند داد. همچنین پنلی با حضور فعالان این حوزه برگزار می‌شود و در آن کاربردهای تجاری‌سازی نانوالیاف و راهکارهای قانونی این موضوع بحث می‌شود. برگزاری نمایشگاهی با حضور شرکت‌های داخلی و خارجی از دیگر برنامه‌های این همایش است. همچنین کارگاه‌های تخصصی در این حوزه در روز بعد از برگزاری همایش برپا خواهد بود.

منبع: www.nano.ir

عرضه محصولات فناوری نانو در نمایشگاه کاشی و سرامیک

محصولات فناوری نانو در حوزه کاشی و سرامیک در بیست و چهارمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی و سرامیک و چینی بهداشتی در معرض دید علاقمندان، فعالان و صنعتگران این حوزه قرار گرفت.



با توجه به لزوم توسعه بازار محصولات فناوری نانو و رسوخ بیشتر این فناوری در صنعت کشور و نیز لزوم افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری محصولات حوزه کاشی و سرامیک در بازارهای داخلی و خارجی با استفاده از فناوری نانو، ۴ محصول از محصولات فناوری نانو در این حوزه در بیست و چهارمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی و سرامیک و چینی بهداشتی معرفی و در معرض دید علاقمندان این حوزه قرار گرفت.

محصولات ارائه شده در غرفه فناوری نانو به شرح زیر است:

۱- نانوسیلیس کلوتیدی

نام شرکت: مهندسی پدیده شمس ایرانیان

خواص:

- افزایش مقاومت سطحی و نفوذناپذیری در مقابل آب
- ایجاد قابلیت راحت تمیزشوندگی در مقابل لک و کثیفی

۲- پوشش آب‌گریز کاشی و سرامیک

نام شرکت: نانوپاد شریف

خواص:

- آب‌گریز شدن سطح سرامیک
- راحت تمیز شدن در صورت کثیف شدن

۳- فناوری لعاب آنتی‌باکتریال بر روی کاشی و سرامیک

نام شرکت: نانوپیشناز پارس

خواص:

- حفظ بهداشت و میکروب‌کشی قوی با عمر دائمی
- مایع رشد باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها
- مقاوم در مقابل سایش و خوردگی

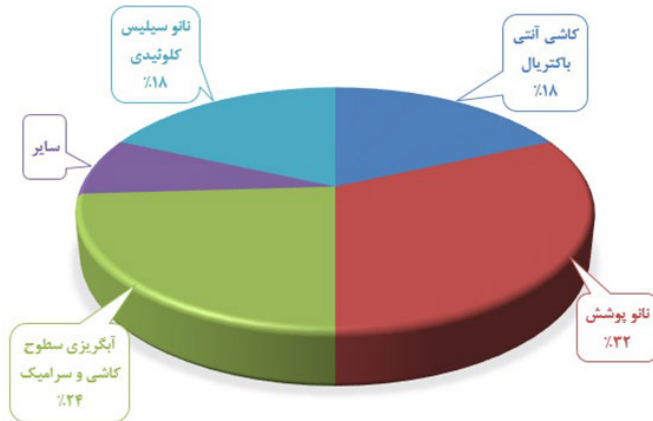
- مقاوم در مقابل باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی
- بدون نیاز به مواد شوینده و ضدعفونی کننده
- بدون ایجاد حساسیت و اثرات جانبی
- نظافت و شستشویی آسان با آب

۴- دستگاه پوشش‌دهی به روش آرک (Arc PVD)

نام شرکت: شرکت یارنیکان صالح

خواص:

- طیف‌های رنگی متنوع
- ایجاد لایه‌های فلزی و سرامیکی با تنوع بالا
- از نظر جنس لایه
- مقاومت به سایش بالا
- مقاومت به خوردگی بالا
- سازگاری با محیط زیست
- کاهش هزینه



علاوه بر معرفی این محصولات، شیشه کنترل کننده انرژی هم به صورت دمو در معرض دید بازدیدکنندگان قرار گرفت. روندهای حمایتی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو از صنایع جهت به کارگیری این فناوری توسط کارشناسان این ستاد به اطلاع فعالان و صنعتگران این حوزه رسید که اهم آن شامل موارد زیر است:

- ۱- حمایت از تولید محصولات مبتنی بر فناوری نانو
- تامین تسهیلات برای ایجاد/ توسعه خط تولید، تامین مواد اولیه و خرید تجهیزات نانو (لیزینگ و...)، حمایت از تولید مواد اولیه نانویی و ساخت تجهیزات مورد نیاز صنایع در کشور
- ۲- حمایت از برنامه‌های صنعت در حوزه تحقیق و توسعه
- ۳- حمایت از بازاریابی و بازاریابی

در این نمایشگاه جهت آشنایی بیشتر مخاطبین غرفه فناوری نانو با این فناوری و کاربردهای و محصولات داخلی آن در حوزه کاشی و سرامیک، کتابچه محصولات فناوری نانو ساخت ایران در اختیار علاقمندان قرار گرفت.

در حوزه تبادل و انتقال فناوری نیز در این نمایشگاه، ۱۰۴ فرم تبادل فناوری در غرفه فناوری نانو به ثبت رسید که شرکت یارنیکان صالح بیشترین میزان ثبت تقاضا را به خود اختصاص داده است. توزیع فرم‌های تبادل فناوری در نمایشگاه کاشی و سرامیک به شکل زیر است: (کدام شکل؟؟؟)

لازم به یادآوری است، بیست و چهارمین نمایشگاه بین‌المللی کاشی و سرامیک و چینی بهداشتی از تاریخ ۹ الی ۱۲ تیرماه ۱۳۹۶ در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار شد و در آن ۲۱۰ شرکت و واحد تولیدی شامل ۱۷۰ شرکت داخلی و ۴۰ شرکت خارجی از کشورهای همچون ایتالیا، اسپانیا، چین، سوئیس، بلژیک، جمهوری چک، آلمان، انگلستان، آمریکا، بلغارستان و سوئد به ارائه فعالیت‌ها، محصولات و خدمات خود در حوزه حمل و نقل ریلی پرداختند.

منبع: www.nano.ir

نخستین نمایشگاه بین‌المللی تکنولوژی سرامیک در اصفهان برپا می‌شود

نخستین نمایشگاه بین‌المللی تکنولوژی سرامیک (CeramTech) کشور از ۱۵ تا ۱۸ شهریور ماه همزمان با چهارمین کنگره کاشی، سرامیک و چاپ دیجیتال کشور در شهر اصفهان برگزار می‌شود. به گزارش خبرگزاری تسنیم از اصفهان، به نقل از واحد رسانه شرکت نمایشگاه‌های بین‌المللی استان اصفهان، همزمانی این دو

رویداد و حضور کارشناسان صنعت سرامیک دنیا از جمله اساتید دانشگاه بولونیا، مرکز تحقیقات سرامیک بولونیا و تنی چند از متخصصین حرفه‌ای صنعت کاشی و سرامیک کشور از جمله اساتید انجمن سرامیک ایران، بار علمی و تحقیقاتی این نمایشگاه را قوت داده و ابعاد تخصصی ویژه‌ای به این نمایشگاه خواهد بخشید.



کنگره کاشی، سرامیک و چاپ دیجیتال کشور در سه دوره گذشته در تهران برگزار شده و امسال برای اولین بار میزبانی خود را به اصفهان سپرده است؛ نخستین میزبانی اصفهان از این رویداد که مهمترین رویداد کشور در صنعت کاشی و سرامیک محسوب می‌شود، و همچنین رایزنی‌های انجام شده برای برگزاری همزمان این رویداد با اولین نمایشگاه تکنولوژی سرامیک کشور در اصفهان، فرصت بسیار قابل توجهی است که پس از ماه‌ها هماهنگی و مذاکره برای شهر اصفهان حاصل شده است. دیگر نکته حائز اهمیت در برگزاری این نمایشگاه

این است که نمایشگاه سرامیک بر تکنولوژی حوزه سرامیک تمرکز داشته و با نمایشگاه کاشی و سرامیک که در سال‌های گذشته در اصفهان برگزار می‌شد، متفاوت است. در واقع در این رویداد، تکنولوژی و مواد اولیه که خوراک اولیه کارخانه‌های کاشی و سرامیک است، عرضه و معرفی می‌شود و نه محصولات آن‌ها.

هدف مهم برپایی این نمایشگاه، انتقال علم، تکنولوژی و فناوری این حوزه است؛ از این رو نمایندگان کشورهای ایتالیا، ترکیه، چین و اسپانیا به عنوان کشورهای مهم و تأثیرگذار این صنعت، در این نمایشگاه حضور مستقیم دارند. همچنین حضور بیش از ۴۰ واحد تولیدی موفق کاشی و سرامیک کشور، این نمایشگاه را به رویدادی اثرگذار تبدیل خواهد کرد که پیش‌بینی می‌شود میزبان تعداد زیادی از متخصصین و صنعتگران سراسر کشور باشد.

با توجه به تعدد برندهای کاشی و سرامیک و کارخانجات مطرح این حوزه در دو استان یزد و اصفهان و همجواری این دو استان، نیاز به برگزاری این نمایشگاه به شدت احساس می‌شود

منبع: <http://tn.ai/1482119>

اخبار علمی



دستبند سرامیکی بایو مغناطیسی

این دستبند سرامیک مغناطیسی می‌تواند تعادل و قدرت بدن را بازیابی و تجدید کند. همچنین باعث کاهش خستگی، تنش عضلانی شده و موجب افزایش انعطاف پذیری، متابولیسم و سم‌زدایی و بهبود گردش خون گردد و به حفظ تناسب اندام کمک کند.

این محصولات سرامیکی در گروه بایومغناطیس‌های سرامیکی قرار دارند که عموماً با تسریع و تنظیم جریان خون به خودترمیمی و سلامتی بدن انسان کمک می‌کنند. یا بهبود گردش خون متابولیسم هم بهبود می‌یابد و در نهایت به تناسب اندام نیز کمک می‌کند.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

نیتريد بور



نیتريد بور با ساختار هگزاگونال و چگالی که به گرافن سفید مشهور است مورد توجه صنایع پیشرفته قرار گرفته است به همین منظور محققان پژوهش‌های متعددی در خصوص سنتز و کاربرد این ماده ارزشمند به انجام رسانده‌اند. نیتريد بور هگزاگونال دارای خواص مکانیکی و اپتیکی ویژه و مقاومت در برابر اکسایش و همچنین خوردگی می‌باشد.

همچنین این ماده دارای چگالی و ضریب اصطکاک کمی می‌باشد

ساختار مشابه گرافن نیتريد بور نیز کاربردهای متعددی در الکترونیک و پزشکی برای این ماده ایجاد کرده است. از سوی دیگر نیتريد بور برای ساخت انواع کامپوزیت‌های پایه سرامیکی، فلزی و پلیمری که بمنظور نیل به استحکام‌های بالا و رفتار مکانیکی کنترل شده استفاده شده است. ویژگی‌های ساختاری و موفولوژیکی این ماده پتانسیل بالایی در کاربردهای نانو تکنولوژی از نیتريد بور فراهم کرده که از آن جمله در زدودن آرسنیک از آب و همچنین به عنوان ماده جاذب موثر در جذب آلاینده‌های ارگانیک بکار گرفته می‌شود. نیتريد بور بدلیل ساختار مشابه گرافیک به عنوان روان کننده در کاهش اصطکاک بین قطعات فلزی و سرامیکی بطور چشمگیری استفاده می‌شود و از پودر این ماده برای سایش و پولیش نیز به خوبی بهره گرفته می‌شود.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

گوی سرامیکی تولید کننده یون منفی

گوی سرامیکی با بار منفی Negative Ion Ceramic Ball از سنگ‌های طبیعی ساخته شده از طریق فراوری نانوتری است که می‌تواند به طور مداوم یون‌های منفی تولید کند. این محصول اخیراً به طور گسترده‌ای در صنایع، صنایع غذایی، درمان آب، خانه



IRCEC
Iran Ceramic Center

و محیط زیست تمیز استفاده می‌شود. گوی سرامیکی با بار منفی دارای سطح صاف بدون گرد، غبار یا رسوب به هنگام غوطه‌ور شدن در آب است.

کاربردها

۱- افزودن گوی سرامیکی با بار منفی در آب آشامیدنی، می‌تواند باکتری را بین برده و اکسیژن محلول را افزایش داده و آب را فعال کند. گوی سرامیکی با بار منفی را می‌توان برای گرمکن آب در حمام‌ها استفاده کرد تا آب غنی از اکسیژن را افزایش دهد و غلظت یون‌های منفی هوا را افزایش دهد.

۲- گوی سرامیکی با بار منفی دارای سطح صاف و بدون گرد و غبار است، بنابراین می‌توان آن را برای دکوراسیون اتاق برای تغییر و بهبود کیفیت هوا استفاده کرد و باعث افزایش محتوای یونی در هوا شود. همچنین که بیماری سیستم تهویه و سندرم کامپیوتر که هر دو مصرف کننده یون منفی موجود در هوا هستند را جلوگیری کند.

۳- گوی سرامیکی با بار منفی را می‌توان در ماشین استفاده کرد، که برای از بین بردن بوی ماشین و تمیز کردن هوا بسیار موثر است. در تولید گوی‌های سرامیکی بار منفی از مواد مختلف سرامیکی طبیعی یا سنتزی استفاده می‌شود.

منبع: <https://t.me/IrCeC>



IRCEC
Iran Ceramic Center

آشنایی با سرامیک‌های پزشکی

محصولات سرامیک برای مدیریت حرارت مانند آنچه در ذوب و فرآوری فولاد وجود دارد بسیار شهرت دارند. اما یک خانواده جدید از سرامیک‌ها با خواص فوق العاده که دارای خلوص بالا، دوام و دقت تولید هستند گفته می‌شود، که می‌تواند قطعات مثلاً با دقت (بین پیستون و سیلندر) تا 0.000075 اینچ تولید کند. از مهمترین گروه این مواد سرامیک‌های مصرفی در پزشکی هستند که عبارتند از: آلومینا (Al_2O_3)، زیرکونیا، آلومینای سخت شده با تیتانیا (ZTA) و همچنین زیرکونیای پایدار شده جزیبی با ایتریا هستند.

این مواد نسبت به فولاد ضد زنگ (دانسیته حدود ۴ تا ۶ در مقایسه با ۸) سبکتر هستند، گفته می‌شود که بسیاری از سرامیک‌ها در دستگاه‌های الکترو جراحی به علت قدرت بالا، سختی و قدرت دی الکتریکشان کار می‌کنند. و در کارکردهای



IRCEC
Iran Ceramic Center

تجهیزات پزشکی پیشرفته حاوی سرامیک‌های پیشرفته

دیگر، بدلیل اصطکاک کم و ویژگی‌های طولانی مدت اجازه می‌دهد تا آنها بسیار طولانی‌تر از انواع‌های فلزی مشابه کار کنند. از سوی دیگر مزیت سرامیک بر مواد پلیمری و فلزی مشابه این است که سرامیک‌های جدی، دارای مقاومت بیشتری در برابر حرارت، مقاومت، سختی و قابلیت‌های عایق حرارتی و الکتریکی هستند که می‌توان آنها را در کاربردهای ویژه بکار برد.

مدیر فنی یک شرکت تولید کننده محصولات پزشکی می‌گوید تا کنون ما می‌توانیم قطعات سرامیکی با قطر کوچک مثلا تا ۱۰۰ میکرون تولید کنیم و تلورانس‌های معمول به اندازه ۰/۵٪ و بدون نیاز ماشین کاری ثانویه بسازیم. هنگامی که تحمل سختی بیشتری لازم است، آنها را می‌توان با سنگ زنی الماس معمولی پا، در برخی موارد، روش‌های غیرمعارف تولید کرد همچنین می‌گوید: یک روش ماشین کاری خاص که ما برای مثال آزمایش می‌کنیم، نتایج موثری نشان می‌دهد. او اضافه می‌کند که گروه تحقیقاتی این شرکت ساخت نمونه‌های سرامیکی جدیدی را پیشنهاد می‌دهد که ضمن دارا بودن خواص کارکردی عالی در زمینه‌های پزشکی، منجر به کاهش هزینه‌ها شود همچنین دارای روش تولید ساده و بهبود کیفی عملکرد محصول بوده و در نهایت باعث حل معضلات صنایع پزشکی و درمانی می‌شود.

منبع: <https://t.me/IrCeC>

رونمایی از خودروی پرشتاب بی ام و



بالاخره پس از اخبار و شایعات منتشر شده، شرکت خودروسازی آلمانی بی ام و از جدیدترین مدل خود ۵M، رونمایی کرد.

به گزارش ایسنا، شرکت خودروسازی بی ام و آلمان اعلام کرد که مدل جدید بی ام و ۵M، یکی از پیشرفته‌ترین و قدرتمندترین خودروهای این شرکت است که در فوریه سال ۲۰۱۸ به فروش خواهد رسید.

از ویژگی‌های این خودرو می‌توان به سیستم تمام چرخ محرک، پیشران ۸ سیلندر ۴/۴ لیتری توئین توربو، با ۶۰۰ اسب بخار قدرت و ۷۵۰ نیوتن متر گشتاور، اشاره کرد. در واقع این اولین مدل از سری M است که شاسی‌بلند نیست ولی

سیستم تمام چرخ محرک دارد. سال‌ها است که خودروهای سری M محرک عقب هستند و اکنون این خودروی جدید ۵M آغازگر این تغییر خواهد بود.

همانطور که می‌دانیم یکی از دلایل وجود سیستم دو دیفرانسیل در سری جدید M، افزایش قدرت و توان موتور خودرو است چرا که به نظر می‌رسد محور عقب به تنهایی از پس این قدرت بر نیامده و این خودروساز آلمانی به ناچار از این سیستم بهره گرفته است. بی‌ام‌و ۵M با بهره‌گیری از سیستم تمام چرخ محرک، در ۲/۳ ثانیه به سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت رسیده که آن را به سریع‌ترین محصول بی‌ام‌و تبدیل می‌کند. دارا بودن چنین شتابی واقعا برای یک خودروی سواری سدان بسیار شگفت‌انگیز بشمار می‌رود.

نکته جالب توجه در این خودرو آن است که می‌توان برای بهره‌گیری و لذت بردن از سیستم دریفت، سیستم تمام محرک را متوقف کرده و آن را به محور عقب تبدیل کرد. این خودروساز آلمانی این قابلیت را برای رضایت آن دسته از افرادی که عاشق دریفت کشیدن و رانندگی در پیست هستند، قرار داده است.

پدال‌های ترمز این خودرو، مزین به علامت M از نوع سرامیک کربن است. برای اطمینان از اینکه این خودرو وزن سنگینی نداشته باشد، جنس سقف از فیبر کربن است، اما کاپوت و گلگیرهای جلو از جنس آلومینیوم هستند.

این مدل جدید از بی ام و ۵M جدید می‌تواند به یکی از شگفت‌انگیزترین و پرشتاب‌ترین مدل‌های بی‌ام‌و تبدیل شود که باید تا عرضه آن یعنی فوریه سال ۲۰۱۸ منتظر ماند. قیمت نهایی این خودرو، نامشخص است، اما برآورد می‌شود که بیش از ۱۰۰ هزار دلار قیمت داشته باشد. در هنگام عرضه، ۴۰۰ دستگاه از نسخه‌ی اولیه موسوم به First Edition برای فروش جهانی عرضه خواهد شد که البته فقط ۵۰ دستگاه برای فروش آمریکا در نظر گرفته شده است

منبع: <http://www.isna.ir/new>

ساخت ماده سرامیکی که تولید هواپیماهای با سرعت ۵ برابر صوت را آسان می‌کند.



دانشمندان نوع ماده سرامیکی جدیدی ارائه داده‌اند که راه را برای تحقق سفرهای هوایی و فضایی و همچنین ساخت سامانه‌های دفاعی هایپرسونیک هموار خواهد کرد.

به گزارش ایسنا، این دستاورد علمی مدت زمان لازم برای سفرهای هوایی از لندن به نیویورک را به دو ساعت کاهش می‌دهد.

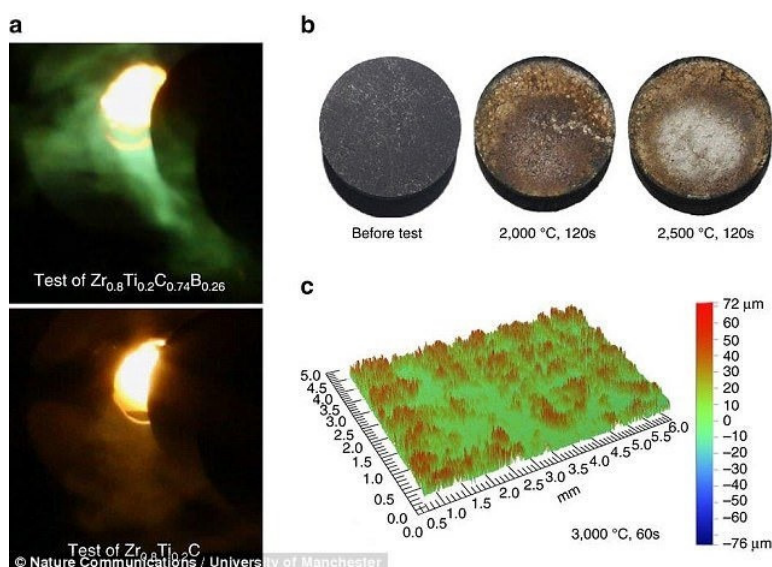
کارشناسان دانشگاه منچستر با همکاری با دانشگاه مرکزی جنوب چین پس از تلاش‌های آزمایشگاهی گسترده و آزمایش ترکیبات مختلف، ماده سرامیکی جدیدی را تولید کردند. پوشش

کاربردی آنها قادر است بهتر از هر ماده دیگری در مقابل دماهای بالا مقاومت کند.

این ماده که ترکیبی از زیرکونیم، تیتانیوم، بور و کربن است، می‌تواند دماهای تا ۳ هزار درجه سانتی‌گراد را تحمل کند که حین سرعت بالای حرکت هواپیماها تولید می‌شود.

سفرهای هایپرسونیک به معنای حرکت هواپیماها با سرعت پنج ماخ به بالاتر است که این میزان دستکم ۵ برابر سریع‌تر از سرعت صوت است.

تعدادی از پروژه‌های هایپرسونیک مسیر هوایی را پیش روی خود ترسیم می‌کنند که هدف آن‌ها رسیدن به لایه‌های فوقانی جو و لبه فضا و در نهایت بازگشت به سمت زمین و رسیدن به مقصد است.



دماهایی که در این سرعت به هواپیمای موجود در ارتفاع ۱۸ هزار متری اعمال می‌شوند، ممکن است از ۲ هزار تا ۳ هزار درجه سانتی‌گراد باشد. یکی از چالش‌های موجود چگونگی محافظت از اجزای کلیدی مانند موتور احتراق و نوک دماغه‌های هواپیما در مقال دماهای بالاست؛ با این حال ماده

جدید می‌تواند از سامانه‌های هوایی در مقابل هر نوع آسیب ناشی از چنین دماهایی محافظت کند.

گرمای تولید شده توسط هوا و گاز موجود در جو می‌تواند تاثیر جدی بر روی سامانه هوایی یا انسجام ساختاری موشک داشته باشد و این مشکلات ساختاری عمدتاً ناشی از فرآیندهایی موسوم به اکسیداسیون و فرسایش (ablation) است.

این مشکلات زمانی رخ می‌دهند که هوا و گاز بی‌نهایت داغ لایه‌های سطحی را از مواد متالیک هواپیما یا شی در حال حرکت با سرعت بالا حذف می‌کند.

برای مواجهه با این مشکل استفاده از موادی موسوم به "سرامیک‌های دمای فوق‌بالا (UHTCs)" در موتورها و سامانه‌های هایپرسونیک مانند موشک‌ها، فضاپیما و دفاعی لازم است؛ اما در حال حاضر حتی این مواد هم قادر به برآوردن کامل نیازهای هواپیماها در چنین سرعت‌ها و دماهای بالایی نیستند و غلبه بر این محدودیت‌ها جهت تحقق سفرهای هوایی هایپرسونیک با هواپیماهای مسافربری حائز اهمیت است.

منبع: <https://damadam.ir/news/>

ایجاد فرصت طلایی برای توزیع جهانی فناوری نانو سرامیک

یک شرکت انگلیسی که دارای فناوری تولید نانو سرامیک است برای گسترش بازار محصولات خود اقدام به عقد توافق نامه‌ای با یک شرکت توزیع کننده ژاپنی کرده است تا با استفاده از شبکه توزیع جهانی این شرکت، بتواند محصولات خود را در سراسر جهان توزیع کند.

کمبریج نانوترم (Cambridge Nanotherm) تولید کننده فناوری نانو سرامیک برای استفاده در صنعت الکترونیک و LED است. این شرکت اعلام کرد که وارد همکاری مشترک با یک شرکت بزرگ ژاپنی به نام ایناباتا (Inabata) شده است تا از طریق این شرکت فروش و توزیع محصولات خود را انجام دهد. این همکاری مشترک موجب تقویت بخش فروش و توزیع این شرکت انگلیسی می‌شود. براساس این توافق نامه، شرکت ایناباتا حق فروش و توزیع فناوری مدیریت گرمایی شرکت کمبریج نانوترم را در مناطق کلیدی جهان بدست می‌آورد.

کمبریج نانوترم صاحب فناوری مدیریت گرمایی بوده که در حال حاضر محصولاتی برای شرکت‌های مطرح تولید کننده LED ارائه می‌کند. این شرکت قصد دارد تا از شبکه توزیع جهانی ایناباتا برای فروش محصولات خود استفاده کند و در کنار این موضوع فرصت‌ها و کاربردهای جدیدی برای فناوری خود ایجاد کند.

ایناباتا یکی از شرکت‌های بزرگ توزیع کننده محصولات الکترونیکی در جهان بوده که بیش از ۶۰ دفتر در ۱۹ کشور جهان داشته و در مجموع ۳۵۰۰ نفر را در استخدام خود دارد. بخش الکترونیک و اطلاعات این شرکت هر چیزی از نمایشگر، باتری یون لیتیم و نیمه‌هادی‌های رایج گرفته تا مواد خام را در اختیار شرکت‌ها قرار می‌دهد. بخش فناوری اطلاعات و الکترونیک تقریباً ۳۸ درصد از درآمد این شرکت را در اختیار دارند.

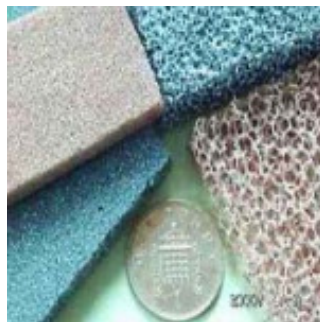
مارک ادواردز، مدیر فروش شرکت کمبریج نانوترم می‌گوید: «ما بسیار خوشحالیم که با شرکت ایناباتا کار می‌کنیم چرا که این همکاری فرصت‌ها و بازارهای جدیدی برای فناوری‌های ما ایجاد می‌کند».

توشیهیرو ماتسو از شرکت ایناباتا می‌گوید: «این همکاری مشترک میان ایناباتا و کمبریج نانوترم دقیقاً چیزی است که این بازار در حال رشد سریع به آن احتیاج دارد. کمبریج نانوترم دارای محصولات منحصر به فردی است که می‌تواند برای شکل‌دهی آینده صنعت الکترونیک به کار گرفته شود. پتانسیل‌های بالایی برای کمبریج نانوترم در بازارهای جهانی وجود دارد و ما به دنبال تحقق این پتانسیل‌ها هستیم».

کمبریج نانوترم دارای فناوری پردازش اکسیداسیون الکتروشیمیایی است که به صورت پتنتی به ثبت رسیده است. این فناوری برای تولید لایه نانو سرامیکی بسیار نازک روی سطح آلومینیوم مورد استفاده قرار می‌گیرد تا در نهایت یک لایه دی‌الکتریک با هدایت گرمایی بالا بدست آید.

منبع: www.nano.ir

تولید آزمایشگاهی فوم‌های آلومینیومی ضربه گیر در دانشگاه سمنان



محققان دانشگاه سمنان موفق به تولید آزمایشی فوم‌های نانو کامپوزیت آلومینیومی شدند که قابلیت ضربه‌گیری آن‌ها به کمک فناوری نانو بهبود داده شده است. این فوم‌ها در صنایع خودرو و تجهیزات الکترونیکی که در معرض بارهای دینامیکی قرار دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بشر مدت‌های طولانی در صدد ایجاد خلل و فرج دلخواه درون مواد فلزی بوده است؛ اما امروزه با پیدایش کاربردهای گسترده در این زمینه، تهیه و تولید این مواد به صورت تخصصی توسط محققان دنبال می‌شود. در دهه‌ی اخیر یک دسته از فلزات سلولی با نام فوم فلزی با خواص مکانیکی، حرارتی، الکتریکی و صوتی جدید مطرح شده‌اند و جذابیت بسیاری یافته‌اند. فوم فلزی به سبب استحکام، سبکی، خاصیت جاذب انرژی ضربه یا صوت، ضربه انتقال بالا و حتی روغن کاری خودکار قطعات کاربرد فراوانی در صنایع پیشرفته دارد. آلومینیم شاید اولین و اصلی‌ترین ماده‌ای باشد که فوم آن ساخته شده است. فوم‌های آلومینیومی امروزه کاربرد

بسیاری در صنایع مختلف از جمله اتومبیل، هوافضا و دارد.

دکتر سید مهدی حسینی ضمن اشاره به نقش ساختار سلول‌ها و حفرات در تعیین کارایی و عملکرد فوم نهایی، در رابطه با اهداف دنبال شده در این طرح گفت: «در طرح حاضر با هدف افزایش کارایی فوم‌های آلومینیومی از نانوذرات سیلیسیم کاربرد استفاده شده و این نانوذرات به صورت یکنواخت در زمینه‌ی فلزی به کمک یک فرایند مکانیکی-حرارتی پراکنده شده است».

با اعمال نانوذرات سیلیسیم کاربرد درون زمینه‌ی فلزی، نسبت استحکام به وزن قطعه‌ی نهایی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که این موضوع کاهش مصرف فوم و متعاقب آن کاهش هزینه را در پی خواهد داشت.

وی خاطر نشان کرد: «فوم‌های فلزی دارای ساختار سلولی هستند. همان طور که پیش تر نیز اشاره شد، پارامترهای مربوط به این ساختار سلولی خواص مکانیکی قطعه‌ی نهایی را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهند. ماده‌ی اولیه‌ی فوم‌های تولید شده در طرح حاضر به وسیله‌ی فرایند پیوسته نورد و عملیات حرارتی تولید شده‌اند. در حین فرایند تولید فوم، یک سری جوانه حفرات درون قطعه تشکیل می‌شوند که این حفرات منشأ تولید ساختار سلولی نهایی هستند. همچنین میزان استحکام دیواره‌ی سلول‌ها نقش تعیین کننده‌ی در خواص مکانیکی نهایی فوم ایفا می‌کند. در این پژوهش تأثیر حضور نانوذرات سیلیسیم کاربرد بر ساختار فوم آلومینیومی مورد بررسی قرار گرفته است».

حسینی روند انجام طرح را این گونه تشریح کرد: «پس از تولید ماده پیش ساخته‌ی فوم از طریق نورد پیوندی و عملیات پیوسته حرارتی، با انجام فرایند فوم سازی در کوره پیش گرم، محصول نانوکامپوزیتی تولید شده جهت ارزیابی‌های فیزیکی و مکانیکی تحت آزمون‌های نانوسختی سنجی، سقوط آزاد، فشار استاتیکی و خمش سه نقطه قرار گرفتند. همچنین به منظور ارزیابی قابلیت میرا کردن ارتعاشات دینامیکی از آزمون مودال محیطی استفاده شد. به علاوه، به منظور بررسی ساختار سلولی فوم تولید شده و توزیع نانوذرات سیلیسیم کاربرد در زمینه‌ی آلومینیومی میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد استفاده قرار گرفت».

حضور و توزیع یکنواخت نانوذرات سرامیکی سیلیسیم کاربرد در دیواره‌ی سلول‌ها موجب حذف ترک‌ها در فوم‌های نانوکامپوزیتی نسبت به فوم‌های بدون حضور نانوذرات شده است. این موضوع موجب شده تا خواص فشاری دینامیکی به میزان ۴۸ درصد، انرژی جذب شده به میزان ۳۵ درصد و خواص میراگری ارتعاش به میزان ۷۷ درصد نسبت به فوم ساده‌ی آلومینیومی بهبود یابد. این تحقیقات حاصل تلاش‌های دکتر سید مهدی حسینی-دانش آموخته‌ی مقطع دکترای دانشگاه سمنان و دکتر علی حبیب‌اله‌زاده- عضو هیأت علمی دانشگاه سمنان است. نتایج این کار در مجله‌ی Materials Science & Engineering A ضریب تأثیر ۰۹۴/۳ (جلد ۶۷۰، سال ۲۰۱۶، صفحات ۳۴۲ تا ۳۵۰) منتشر شده است.

منبع: www.nano.ir

شرکت‌های تولید لبنیات به دنبال تولید محصولاتی با طعم فناوری نانو



ستاد فناوری نانو در تاریخ هفتم مردادماه میزبان نشست با هدف معرفی یک سامانه‌ی پرکاربرد در تولید مواد لبنی بود. در این نشست که با حضور شرکت‌های مطرح تولید مواد لبنی برگزار شد، شرکت دانش بنیان دانش پژوهان صنعت نانو به معرفی سامانه‌ی نانوغشاء‌های سرامیکی برای تولید کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر پرداخت.

شرکت‌های مطرح تولید مواد لبنی از جمله مجموعه‌ی صنایع لبنی شیر پگاه، صباح، ژال، می ماس، اس بی و برنالدین در نشست با عنوان «معرفی سامانه‌ی تولید کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر با نانوغشاء‌های سرامیکی» حضور یافتند. در این نشست که در محل ستاد ویژه‌ی توسعه‌ی فناوری نانو و برگزار شد، استفاده از فناوری نانو در تولید محصولات لبنی مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت.

دکتر بابالو، مدیر عامل شرکت دانش پژوهان صنعت نانو، به معرفی و تشریح نحوه‌ی عملکرد سامانه‌ی تولید کنسانتره پروتئین‌های

آب‌پنیر با استفاده از نانوغشاهای سرامیکی پرداخت. جلسه‌ی پرسش و پاسخ و بازدید از نمایشگاه دائمی محصولات نانویی توسعه‌یافته، از دیگر برنامه‌های این نشست بود.

در حال حاضر بیش از صد شرکت تولید مواد لبنی در کشور در حال فعالیت هستند که سالانه ۴۵۰ هزار تن پنیر تولید می‌کنند. حجم آب‌پنیر تولیدی توسط این شرکت‌ها به میزان ۲ الی ۳ میلیون تن در سال می‌رسد. این شرکت‌ها عموماً آب‌پنیر را خشک کرده به پودر تبدیل می‌کنند. تبدیل آب‌پنیر به پودر از یک سو موجب ضرر اقتصادی است و از سوی دیگر رهاسازی آن در طبیعت به‌عنوان پساب، آلودگی زیست‌محیطی را در پی دارد. تبدیل این حجم از آب‌پنیر به کنسانتره پروتئین می‌تواند موجب افزایش قابل‌توجه ارزش‌افزوده‌ی این محصول لبنی گردد.

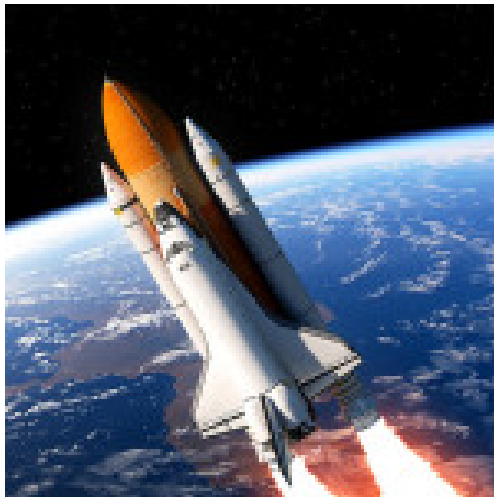
شرکت دانش‌پژوهان صنعت نانو، سامانه‌ای مبتنی بر نانوغشاهای سرامیک ساخته است که می‌توان با راه‌اندازی آن در مقیاس نیمه‌صنعتی، روزانه ۱۰۰ لیتر کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر تولید کرد.

نکته‌ی قابل‌توجه، عدم وجود رقیب جدی در این حوزه در سطح کشور است، بنابراین، شرکت دانش‌پژوهان صنعت نانو می‌تواند نقش کلیدی را در هدایت این فناوری بازی کند. این طرح یکی از طرح‌های برگزیده‌ی سومین برنامه‌ی نانومچ بوده است که هم‌اکنون تا این مرحله از تجاری‌سازی پیش رفته است.

کنسانتره پروتئین آب‌پنیر یکی از محصولات آب‌پنیر است که به دلیل دارا بودن خصوصیتی مانند قابلیت هضم، حلالیت بالا، قابلیت تشکیل ژل و قابلیت زدن و تشکیل کف از ارزش بالایی برخوردار است و کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله صنایع تولید محصولات لبنی، صنایع نانویی و فرآورده‌های گوشتی دارد. این محصول که از حذف مواد معدنی و لاکتوز از آب‌پنیر به دست می‌آید، می‌تواند حاوی درصد‌های مختلف پروتئین باشد و به‌صورت محلول یا پودر در دسترس خواهد بود. خواص عمل‌کنندگی آن در مواد غذایی بسته به میزان پروتئین آن متفاوت خواهد بود.

منبع: www.nano.ir

همکاری مشترک برای توسعه فناوری چاپ سه بعدی در صنعت فضایی



دو شرکت نانودیمنشن و سیمپلاستیکس در قالب پروژه‌ای مشترک اقدام به تولید مواد سرامیکی برای استفاده در چاپگرهای سه بعدی می‌کنند. قرار است از این فناوری برای تولید ساختارهای مورد استفاده در مقاصد فضایی استفاده شود.

شرکت نانودیمنشن (Nano Dimension) با همکاری شرکت سیمپلاستیکس (Semplastics) روی ساخت مواد سرامیکی سه بعدی برای استفاده در فناوری چاپ جوهرافشان کار می‌کنند. شرکت نانودیمنشن در پروژه اسپیس فلوریدا مشارکت می‌کند؛ پروژه‌ای که در ایالت فلوریدا در حال انجام است. نانودیمنشن اعلام کرد که گزنت ۵۸۵ هزار دلاری را برای مشارکت در این پروژه دریافت کرده است. اسپیس فلوریدا در سال ۲۰۱۳ اعلام کرد که یک برنامه مشترک با

همکاری نانودیمنشن و سیمپلاستیکس و بودجه ۲ میلیون دلار در سال تعریف شده‌است. نانودیمنشن قرار است در این پروژه، مواد سرامیکی سه بعدی به‌منظور استفاده در فناوری جوهر افشان تولید کند. این نانوذرات سرامیکی با استفاده از چاپگر برای تولید ساختارهای مورد استفاده در صنعت هوا فضا مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس توافق انجام شده، نانودیمنشن به میزان حمایت دریافت شده، از محل فروش این فناوری، به مالکان فکری این فناوری پرداخت خواهد کرد.

این پروژه روی استفاده از مواد سرامیکی شرکت سیمپلاستیکس تمرکز دارد و قرار است از فناوری جوهر افشان سه‌بعدی منحصر به فرد نانودیمنشن برای ایجاد اجسام سه‌بعدی سرامیکی برای استفاده در مقاصد فضایی استفاده شود.

گزارش رسمی ارائه شده توسط دولت آمریکا نشان می‌دهد که نانودیمنشن حمایت مالی را برای وارد شدن به یک پروژه دیگر

دریافت خواهد کرد. این پروژه در اختیار شرکت هریس (Harris) است. مقدار این حمایت مالی هنوز مشخص نشده است. نانودیمشن روی ساخت چاپگرهای سه بعدی کار می‌کند که بازار ۷۰ میلیون دلاری دارد. امیت درور، مدیرعامل این شرکت، اعلام کرد که ۱۷ میلیون دلار از بخش خصوصی سرمایه دریافت کرده است که می‌تواند سرمایه‌گذاری انجام شده روی این شرکت را به رقم ۴۸/۵ میلیون دلار برساند. نانودیمشن سرمایه‌گذاران متعددی دارد که اقدام به تأمین هزینه‌های این شرکت می‌کنند.

منبع: www.nano.ir



Golshan.farzi91@gmail.com

مهندس گلشن فرضی،
نویسنده‌ی اول مقاله، دانشگاه
مازندران، بابلسر

روش‌های پژوهشی و تولید محصولات با ترکیبات لومینسانس در معماری و فضاهای شهری

گلشن فرضی^{۱*}، عباسعلی شاهرودی^۲، محمدجواد چایچی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری معماری بیونیک، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر

^۲ استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، بابلسر

^۳ استاد گروه شیمی، دانشکده شیمی، دانشگاه مازندران، بابلسر

چکیده: تحقیق و پژوهش بر روی مواد جدید افق‌های جدیدی را برای طراحان معمار و سازه قرار می‌دهد. تحقیقات علمی در مورد مواد درخشان دارای سابقه‌ای طولانی به مدت بیش از ۱۰۰ سال است و تحقیق در مورد مواد درخشان و لومینسانس به‌طور چشمگیری تکامل یافته است. در مسیر پیشرفت روزافزون، روزبه‌روز بر قابلیت‌های مصالح افزوده شده و انسان، همواره شاهد معرفی مصالح جدید به عرصه ساخت‌وساز بوده است. امروزه با توجه به ذخایر محدود انرژی در جهان از جمله سوخت‌های فسیلی، دیگر نمی‌توان به منابع موجود متکی بود. یکی از مهم‌ترین مصرف‌کننده سوخت‌های فسیلی در جهان تولید روشنائی است. روشنائی، در طراحی فضاها و محوطه‌هایی که در شب مورد استفاده قرار می‌گیرند نقش اساسی دارد. از آنجائی که پیش‌بینی و آینده‌نگری همواره مورد توجه مهندسان و پژوهشگران بوده است، یکی از این راهکارها هوشمند سازی و به‌طور خاص استفاده از مواد و مصالح هوشمند است، لذا این مقاله، به معرفی مواد دارای خاصیت لومینسانس (تابناکی)، نحوه‌ی عملکرد آن‌ها و از همه مهم‌تر نحوه‌ی به‌کارگیری آن‌ها در حوزه‌های مختلف که در کشورهای پیشرفته مورد تحقیق واقع شده و به مرحله اجرا درآمده‌اند، می‌پردازد. امید آنکه شناخت و استفاده از آن‌ها به‌صورت عملی در حوزه‌های مختلف، ما را در به‌کارگیری این نوع مصالح که مهم‌ترین مزیت آن مدیریت هوشمند انرژی است ترغیب نماید.

کلمات کلیدی: لومینسانس، فسفر، فتولومینسانس، معماری، فضاهای شهری.

۱- مقدمه

ساختمان‌ها وزندگی در آن‌ها در طی دو دهه‌ی اخیر تغییر زیادی کرده است. به‌استثنای چند مورد جزئی، این تغییر صرفاً مربوط به ساختمان‌های جذاب و انواع خانه‌ها که نشان‌دهنده‌ی عصر ما می‌باشند نیست و شامل تمام تغییرات در تکنولوژی و اتوماسیون ساختمان است. ما در آستانه نسل بعدی ساختمان‌ها قرار داریم. ساختمان‌هایی با مراتب مختلفی از فناوری برتر که عملکرد آن‌ها به دلیل استفاده خردمندانانه از مصالح، تولیدات و محصولات وفق پذیر با محیط‌زیست، قادر هستند در برابر تغییرات زیست‌محیطی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم واکنش نشان دهند و خود را با شرایط وفق دهند [۱]. مصالح هوشمند مصالحی هستند که دارای قابلیت مبادله انرژی هستند [۲]. مانند مصالح ساطع‌کننده‌ی نور که مولکول‌های درون آن‌ها با تأثیر انرژی‌هایی مثل نور یا میدان الکتریکی، برانگیخته شده و از خود نور ساطع می‌کنند [۳].

مواد دارای خاصیت فسفرسانس تا به حال به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این‌گونه مواد حتی می‌توانند از انرژی‌های پنهانی که در جهان پیرامون ما وجود دارند و اغلب به آن‌ها توجهی نمی‌کنیم، مانند انرژی‌های گرمایی تابش شده از منابع مختلف، انرژی تابش‌های کیهانی، فرآیندهای شیمیایی وزیستی و غیره به‌جای سوخت‌ها استفاده کرده و روشنائی تولید کنند. کما اینکه به‌کارگیری این مصالح با توجه به پتانسیل‌هایی که دارند در برخی کشورها از حد تحقیق و پژوهش فراتر رفته است، پس امروزه شناخت و پی بردن به مشخصه‌های این‌گونه مصالح و کاربرد آن‌ها در دنیای امروزی امری اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. لذا هدف این مقاله شناخت این نوع خواص و

ترکیب و نحوه‌ی استفاده از آن‌ها در حوزه‌های مختلف اعم از معماری شامل فضاهای تزئیناتی، پله‌ها، شیشه‌ها، روکش سرامیکی، دکوراسیون داخلی، سطوح دیوار و سایر اشیاء برجسته در داخل و خارج ساختمان، در طراحی فضاهای شهری اعم از پل‌ها، آسفالت جاده‌ها، بتن، المان‌های تزئیناتی شهر، تیرهای برقی علائم راهنمایی و رانندگی است.

۲- لومینسانس چیست؟

واژه‌ی لومینسانس^۱ از ریشه لاتین (لومن = نور) نشأت می‌گیرد. تابناکی نخستین بار به‌عنوان لومینسنز^۲ توسط فیزیکدان و مورخ علمی به نام ایلهارد وایدمن^۳ در سال ۱۸۸۸ برای توصیف تمام پدیده‌های نوری که صرفاً به سبب افزایش دما به وجود نیامده‌اند، معرفی شد [۴،۵].

لومینسانس در لغت به معنای تابناک یا شب‌تابی است. بدین معنی که این سیستم‌ها یا مولکول‌ها می‌توانند تابش الکترومغناطیسی را جذب کرده و به‌وسیله‌ی آن برانگیخته شوند. لومینسانس ریشه‌های عمیقی در اسطوره‌شناسی و باستان‌شناسی دارد. شفق قطبی شمال، نور دریا، حیوانات درخشان (کرم شب‌تاب) و یا سنگ‌های درخشان، رعدوبرق، چوب‌های نورتاب و درخشش چشم، از جمله پدیده‌هایی هستند که نورتاب می‌باشند [۶].

تعریف کنونی لومینسانس عبارت است از انتشار خود به خودی اشعه از گونه‌های الکترونی برانگیخته‌شده (از یک‌گونه نوسانی تحریک‌شده) به دلیلی غیر از گرما است [۵،۷،۸].

لومینسانس بر اساس منبع انرژی به‌کاررفته برای تحریک مولکول لومینسانس کننده انواع متفاوتی دارد که شامل موارد زیر است جدول (۱) [۸].

جدول ۱- انواع لومینسانس و منبع انرژی تحریک آن‌ها [۸].

انواع لومینسانس	انرژی تحریک
فتولومینسانس: فلورسانس، فسفرسانس	جذب نور (فوتون‌ها)، جذب نور مرئی، فرابنفش
بیولومینسانس شیمی لومینسانس	انرژی واکنش شیمیایی، توسط ایزوتوپ‌های زنده انرژی واکنش شیمیایی
الکترو لومینسانس	تولید نور با عبور جریان برق
رادیولومینسانس	تولید نور با ذرات پرتوزایی مانند اشعه مانند اشعه α و β
تریبولومینسانس	اصطکاک
ترمولومینسانس	باز ترکیب یون فعال شده به شیوه گرمایی
سونولومینسانس	انرژی امواج صوتی

۳- فسفر

اصطلاح فسفر به معنی حامل روشنایی و نور است و از قرون وسطی برای نامیدن موادی به کار می‌رفته است که پس از قرار گرفتن در معرض نور، در تاریکی می‌درخشیدند. گزارش‌های بسیاری درباره مواد معدنی درخشانی وجود دارد که معروف‌ترین آن‌ها فسفر بلونیا (سولفید باریم ناخالص) است که توسط یک پینه دوز (ویتچنزو کاسکاریو^۴) در ۱۶۰۳، کشف شد. کشف این سنگ اولین شناسایی فسفر غیر آلی بود در واقع سولفات باریم دوپ شده با یون‌های فلزی مانند Zn(II)، Sn(II) و Cd(II) است. تولید و کشف عنصر فسفر به همراه کشف مواد معدنی نورافشان در سال ۱۶۶۹ نقاط عطفی در روند طولانی مدتی بودند که به درک

¹ Luminescence

² luminescenz

³ Eilhard Wiedemann

⁴ Vincenzo Cascariolo

درستی از پدیده‌های مربوط به انتشار نور منجر شدند [۶].

به عنصر فسفر جدا شده توسط برانت در ۱۶۶۹ نیز نام فسفر اختصاص داده شده بود، زیرا زمانی که در معرض هوا، قرار می‌گرفت می‌سوخت و بخارهای درخشانی از آن آزاد می‌شد. تابش نور در این مورد نورتابی شیمیایی بوده و درخشندگی نوری یا فسفرسانس نبود [۵].

فسفرهای نورتاب ماده‌های نورتابی هستند که نور مرئی، فرابنفش و یا امثال این‌ها را جذب می‌کنند و پس از قطع منبع تابش به مدت چند دقیقه تا چند ساعت از خود نور ساطع می‌کنند [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴].

تا همین اواخر، شایع‌ترین رنگ‌دانه‌های فسفر نورتاب غیر رادیواکتیو شناخته شده، سولفید روی، کلسیم، استرانتیوم و کادمیوم، مثل CaS:Bi (که نور بنفش آبی ساطع می‌کند)، CaSrS:Bi (نور آبی ساطع می‌کند) و ZnCdS:Cu (نور زرد یا نارنجی ساطع می‌کند) و ZnS:Cu (نور سبز ساطع می‌کند) [۱۵]. پالت رنگ پس تاب فسفرسانس، به این چند مورد رنگ محدود می‌شود [۱۳].

فسفر طولانی‌مدت را می‌توان به دو زیرگروه تقسیم کرد: فسفر سولفوریک با نماد ZnS:Cu و قلیایی حاکی آلومینات فلز فعال با $Eu^{2+}: RO^{a+} (Al_{1-x}Ga_x)_2O_3^{b+} (Y_{1-y}Sc_y)_2O_3^{c+}B_2O_3^{d+}Eu_2^{e+}Mn^+$ (R; Ba, Sr, Ca, Mg, Zn and M; Nb, Zr, Bi, Mn, Sn, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

فسفر با خاصیت نورتابی طولانی‌مدت و فسفر از نوع رادیواکتیو نباید در یک دسته قرار بگیرند. فسفر از نوع رادیواکتیو می‌تواند اشعه خود را برای سال‌ها ادامه دهد. با این حال، مکانیزم این نوع از مواد درخشان با استفاده از عمل انرژی تابش‌های هسته‌ای به‌عنوان منبع محرک است. در نتیجه، آن‌ها از مواد درخشان امن و طولانی‌مدت مجزا هستند [۱۵].

۳-۱- فسفرسانس و فلورسانس

فسفرسانس و پس تاب^۱ واژگانی هستند که برای انتشار نور زمانی که منبع تحریک خاموش است، بکار می‌روند [۵]. فلورسانس تابش نور از ماده‌ای است که نور یا دیگر پرتوهای الکترومغناطیسی را جذب کرده است این تابش، هم‌زمان با پایان تحریک از بین می‌رود درحالی‌که در فسفرسانس ساطع شدن نور پس از پایان تحریک، ادامه می‌یابد. بعد از مدت‌زمان زیادی که اصطلاح فلورسانس توسط استوکس در اواسط قرن ۱۹ مطرح شد، تمایز بین فلورسانس و فسفرسانس بر پایه مدت‌زمان انتشار پس از پایان تحریک بود (تفاوت آن‌ها در اختلاف‌زمانی بین این دو تابش است).

۴- سؤالات پژوهش

۴-۱- پژوهش‌های انجام‌یافته پیرامون مواد دارای ترکیبات لومینسانس به چه نتایجی منجر شده است؟

۴-۲- چگونه می‌توان از نتایج پیرامون محصولات لومینسانس در معماری و فضاهای شهری استفاده کرد؟

مواد دارای خاصیت فسفرسانس تا به حال به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. "روش‌هایی برای تولید شیشه‌های مصنوعی نورتاب" توسط اودلم^۲ در پتنت شماره 6,197,712B1 معرفی شده و هدف این ابداع: فراهم کردن روشی برای ترکیب ماده جامد فسفرسانس با ماتریکس شیشه‌ای بوده، بدون تأثیر مخرب بر روی فسفرسانس و همچنین تهیه ماده تابناک، شامل ترکیب همگن در ماتریس شیشه‌ای که در آن فسفرسانس تحت تابش فعال‌سازی مناسبی قرار دارد [۴].

یکی از اثرات نور را می‌توان در اشیاء شیشه‌ای اورانیومی دید شکل (۱). اشیاء شیشه‌ای اورانیومی از سال ۱۸۳۰ در هنرهای تزئینی استفاده می‌شود. نور روز به شیشه اورانیومی رنگ روشن ویژه‌ای می‌دهد که به علت اثر لومینسانس حاصل از بخش ماوراء بنفش طیف خورشیدی می‌باشد [۹].

¹ After glow
² Odium



شکل ۱- شیشه‌های اورانیومی (سمت راست) شیشه‌های اورانیومی تحت نور UV (سمت چپ) [۱۰].

فردریش^۱ در پتنتی به شماره 2013/0153118A1 تحت عنوان "ترکیبات نورتاب و استفاده از آن‌ها" ترکیب فسفرسانسی را معرفی می‌کند که شامل پودر شیشه بدون سرب و رنگ‌دانه فسفرسانس است تا برای تولید رنگ، نقاشی و شیشه‌های هنری مورد استفاده قرار گیرد.

اهداف فراتر این اختراع، رنگ‌آمیزی و نقاشی به شیوه‌ای خاص به صورت پوشش اسپری، در فضای داخلی و همچنین در فضاهای بیرونی که به صورت چسب به ماده می‌چسبد مانند، بتن، شیشه، پلاستیک، چوب و آسفالت است [۱۹].

در پتنت دیگری که توسط یامازاکی^۲ و همکاران به شماره 6,123,872 ثبت شده، ترکیبات اکسیدی در شیشه با گنجایش پس تاب^۳ طولانی مدت و فوتوستیمیولیت لومینسانس^۴ با تحریک‌پذیری نوری مورد آزمایش قرار گرفت، شیشه حاوی ترکیبات اکسید شده می‌تواند به عنوان ماده فسفرسانس، برای روشنایی شب یا علائم دید در شب بکار رود [۱۶].

سان^۵ در پتنتی به شماره 2005/0035331A به شرح استفاده از پیگمنت‌های سیلیکات، فسفات، بورات و ترکیب آن‌ها با آلومینات (مانند سیلیکات آلومینات، بورات آلومینات، فسفات آلومینات) ماده‌هایی برای شکل دادن به ترکیب فسفرسانس خود تابناک با کاربردهای فراوان می‌پردازد. این ترکیب‌ها انرژی را از نور خورشیدی، نور مصنوعی (مانند لامپ‌ها و LED)، یا لیزرها، دریافت می‌کنند و زمانی که منابع برانگیختگی نور خاموش می‌شود، به مدت چند ساعت تا چند روز، بدون مصرف هیچ‌گونه انرژی الکتریکی، نورهای مرئی با رنگ‌های متنوعی را که با چشم غیرمسلح دیده می‌شود ساطع می‌کنند. چنین شارژ نوری و فرآیند خود تابناکی می‌تواند بیش از ۱۰۰۰ بار در دمای محیط و اتمسفر تکرار شود [۱۱].

منابع نوری کم‌مصرف^۶ مانند لامپ‌های "کم‌مصرف" می‌توانند با به‌کارگیری ترکیبات فسفرسانس بروی سطوح لامپ‌های مصنوعی، زمانی که لامپ‌ها خاموش می‌شوند به مدت طولانی خود تابناکی داشته باشند. زمانی که لامپ روشن می‌شود، آن‌ها انرژی لازم برای برانگیخته شدن را جذب کرده و دوباره شارژ می‌شوند. به این ترتیب، مصرف برق کمتر می‌شود و از ایجاد آسیب در محیط‌های تاریک جلوگیری می‌شود. همچنین کاغذ و خودکارهای خود تابناک به افراد کمک می‌کنند تا در تاریکی بدون نیاز به لامپ بنویسند شکل (۲) [۱۱].



شکل ۲- محصولات نورتاب بکار رفته در طراحی داخلی، پوشش مسیر پیاده با قطعات شیشه‌ای فسفرسانس و دیگر اجزای لومینسانس [۱].

¹ Friedrich

² Yamazaki

³ After Glow

⁴ Photostimulated Luminescence

⁵ Sun

⁶ Low Level Lighting Source

خواص شب‌تاب اکسیدهای لانتانیدها و شیشه‌های شب‌تابی که بارنگ‌های مختلف تحت نور ماوراءبنفش، نور منتشر می‌کنند، برای مدت‌زمان طولانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در حال حاضر برای استفاده در اشیاء هنری بکار می‌روند. تابش نور با رنگ‌های مختلف تحت تابش اشعه ماوراءبنفش از حدود طول موج ۳۸۰ نانومتر و ساخت آن با اضافه کردن مواد اولیه برای ساخت شیشه شامل عناصر اروپیم، سریم، تربیم، دیسپروسیوم، تولیوم و اکسیدهای ساماریوم است شکل (۳) [۹].



شکل ۳- همجوشی شیشه سیلیکات سودا-لایم با اکسیدهای حاکی کمیاب. از چپ به راست: تربیم، تولیوم، سریوم، دیسپروسیوم، ساماریوم و یورویوم [۹].

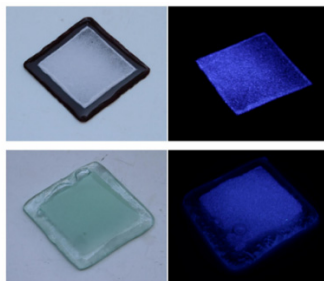
در مقاله دیگری وایس^۱ و همکاران بر روی درزگیر نورتاب برای استفاده بر روی سطوح بتن آزمایش‌هایی را انجام دادند که در آن درزگیر نورتاب شامل امولسیون متیل پلی‌استر و استرنسیوم آلومینات و پودر فسفرسانس است که بعداً اینک به وسیله نور برانگیخته شد به آرامی نور می‌تاباند. نتایج آزمایش حاکی از آن است که سطح نورتاب به مدت تقریباً ۲۴ ساعت در یک فضای تاریک بعد از برانگیختگی می‌درخشد.

جاده‌ها، مسیرهای پیاده‌روی، اجرای دیوارهای حمال و پایه پل‌ها نشان‌دهنده برخی دیگر از کاربردهای بالقوه سطوح نورتاب می‌باشند $GITD^2$ (ترکیبات تابنده در تاریکی) با استفاده از یک درزگیر بتن شب‌تاب، به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند شکل (۴) [۱۷].



شکل ۴- درزگیر نورتاب بر روی سطوح بتن [۱۷].

رنگ بنفش - آبی رنگ‌دانه‌های فسفرسانس ساطع شده طولانی مدت در ساختار $CaAl_2O_4:Eu^{2+}, Dy^{3+}, Nd^{3+}$ به‌طور موفقیت‌آمیز توسط آل کازاز^۳ و همکاران تولید شده است. یون کمیاب سه‌ظرفیتی، با Dy^{3+} به‌طور مؤثر باعث افزایش شدت لومینسانس می‌شود، رنگ‌دانه نورتاب بنفش - آبی یا رنگ‌دانه نورتاب زرد مایل به سبز شیشه‌ای با ظاهری جذاب، در شکل (۵) نشان داده شده است [۱۸].



شکل ۵- رنگ‌دانه فسفرسانس بنفش - آبی به‌کاربرده شده بر روی سطوح شیشه‌ای تخت و حضور آن‌ها در نور روز (چپ) و در تاریکی (سمت راست) [۱۸].

¹ Wiese

² Glow in the Dark

³ Kazazz

سرامیک‌های فتولومینسنت (درخشان) و شیشه‌های فتولومینسنت، با افزودن رنگ‌دانه فتولومینسنت در فرآیند مشترک تولید سرامیک و شیشه توسط یسیلای^۱ و همکاران تولید شده است شکل (۶). لعاب‌های فتولومینسنت متشکل از لعاب، رنگ‌دانه فتولومینسنت و همچنین کمی مواد افزودنی می‌تواند به‌طور مستقیم برای تولید محصولات نورتاب مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه با سرامیک و شیشه معمول، محصولات می‌تواند در تاریکی پس از جذب نور بدرخشند، این ویژگی سرامیک و شیشه استفاده گسترده‌تر این محصولات را در پی دارد [۱۵]. این گروه همچنین تحقیقات فراوانی از جمله بهبود پارامترهای فرایند در تولید رنگ‌دانه فسفرسانس زرد-سبز [۱۹] استفاده از لعاب فسفر در آجر و کاشی [۲۰] تولید رنگ‌دانه فسفر نورتاب طولانی‌مدت آبی و رنگ آبی مایل به بنفش را انجام داده‌اند [۲۱].

استفاده از سرامیک و شیشه‌های فتولومینسانس در خانه‌های داخلی و ساختمان‌های عمومی نه تنها می‌تواند باعث تزئین و زیبایی خانه و محیط کار شود، بلکه می‌تواند راحتی بیشتر به ساکنان با درخشش خود در تاریکی را به ارمغان بیاورد. سرامیک و شیشه‌های فتولومینسانس در یک طول موج نور خاص، می‌تواند از برخی از کپک زدن‌ها و بیماری‌ها جلوگیری کند [۱۵].



شکل ۶- صفحات داخلی فتولومینسانس [۱۵].

انتشار طول موج آبی رنگ با دوپنت Ce^{3+} توسط آناپورنا^۲ و همکاران بر روی شیشه اپتیک صورت گرفته [۲۲]، در نمونه دیگر هان^۳ و همکاران در پتنتی با عنوان روش و ساختار شیشه تابناک در شب، ابداعی جدید را انجام دادند [۲۳]. همچنین در ادامه می‌توان به چند نمونه پتنت و مقاله برای مطالعه بیشتر برای آشنایی کامل‌تر با این حوزه از تحقیق اشاره کرد: طیف‌سنجی فلورسانس توسط رومانی^۴ و همکاران انجام گرفته شده است [۲۴]، شیشه با ترکیبات $ZnO-B_2O_3-SiO_2$ دوپنت شده با Ce^{3+} توسط آناپورنا^۵ و همکاران صورت گرفته و در آن نشر طول موج آبی تحت منبع UV مشاهده شده است [۲۲]. هان^۶ در پتنتی با عنوان روش تولید و ساختار شیشه تابناک در شب، ابداعی جدید را انجام داده است، تولید شیشه نورتاب مورد استفاده در فضاهای تفریحی، باغ‌ها، چراغ‌های تزئیناتی نورتاب) شامل روش‌هایی برای تولید شیشه با رنگ‌دانه‌های نورتاب است [۲۳]. قابلیت استفاده از لعاب دارای خاصیت فسفرسانس در دمای پایین و به‌کارگیری آن بر روی آجر و کاشی‌های سقف و دیگر موارد مورد تحقیق و مطالعه قرار گرفت، این تحقق بر آن است که: آجرهای دارای رنگ قرمز می‌توانند دارای روکش‌های رنگی متفاوت از رنگ‌دانه‌های فسفر پوشانده شوند [۲۰]، تولید رنگ‌دانه سبز-آبی و سبز-زرد و به‌کارگیری آن در پوشش اپوکسی رزین ترکیب $SrAl_2O_4: Eu^{2+}, Dy^{3+}$ و رزین اپوکسی تولید شده و بر روی تخته‌های چوبی بکار گرفته می‌شود [۱۹]. این گروه همچنین تحقیقات فراوانی از جمله بهبود پارامترهای فرایند در تولید رنگ‌دانه فسفرسانس زرد-سبز را انجام داده‌اند [۱۹]. کاشی‌های کف فتولومینسانس: شامل پرکننده معدنی غیر شفاف است، ماده‌های فتولومینسانس بروی سطوح قرار دارند و می‌تواند نور را جذب و سپس آزاد کنند که توسط نولت^۷ ابداع شده است [۲۵]. پوشش شیشه‌ای فلئورسانس در سال ۲۰۰۴ توسط هنرمند لتتر کریستینا^۸ برای نمایشگاه استفاده شد. پوشش، مانند شیشه‌ای مات و متشکل از چند لعاب نازک از رنگ‌دانه‌های فلئورسانس سفید متمایل به سبز با چسب، استفاده شد شکل (۷). پانل شیشه‌ای منحصر به فرد، توسط چهار لامپ UV، برای فعال کردن رنگ‌دانه مورد استفاده قرار گرفته شده است [۱].

^۱ Yesilay

^۲ Annapurna

^۳ Han

^۴ Romani

^۵ Annapurna

^۶ Han

^۷ Nolt

^۸ Christina Leitner



شکل ۷- شیشه فلئورسانس [۱].

۵- نتیجه گیری

با عرضه مواد هوشمند، توانمندی‌ها و امکانات نو در اختیار مهندسان و طراحان قرار خواهد گرفت. این مصالح می‌توانند سبب بهبود روش‌های طراحی و ساخت ساختمان‌ها شوند. مواد دارای خاصیت فسفرسانس یا فسفر ذخیره کننده‌ی نور تابه‌حال به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. آن‌ها می‌توانند بعد از اینکه توسط یک منبع نور برانگیخته شدند، زمانی که برانگیختگی متوقف می‌شود تا مدت‌زمان طولانی به ساطع کردن نور از خود ادامه دهند، با به‌کارگیری این نوع مواد در معماری و فضاهای شهری شاهد کاهش استفاده از منابع فسیلی برای تولید انرژی‌های موردنیاز، خواهیم بود، همچنین در مقاطع زمانی که دسترسی به انرژی الکتریسیته میسر نیست، می‌توان از این نوع محصولات نورتاب استفاده کرد. همچنین این نوع مواد انرژی لازم برای برانگیخته شدن را توسط جذب نور مرئی و یا تابش نور فرابنفش و یا امثال این‌ها، به دست می‌آورند و می‌توانند برای یک‌زمان قابل توجهی اعم از چند دقیقه تا چند ساعت بعد از اینکه منبع تابشی قطع می‌شود، از خود نور ساطع کننده می‌توان از ویژگی‌های در حوزه‌های مختلف اعم از معماری شامل فضاهای تزئیناتی، پله‌ها، شیشه‌ها، روکش سرامیکی، دکوراسیون داخلی، سطوح دیوار و سایر اشیا برجسته در داخل و خارج ساختمان، در طراحی فضاهای شهری اعم از پل‌ها، آسفالت جاده‌ها، بتن، المان‌های تزئیناتی شهر، تیرهای برقی علائم راهنمایی و رانندگی و سایر موارد است.

مراجع

- [1] Ritter, A. "Smart materials in architecture, interior architecture and design". Birkhauser, Berlin Germany, 2007.
- [2] S. Elattar, Sh. Mohamed, "Smart Structure and Material Technologies in Architecture Applications", Academic Journals, Vol. 8, No. 13, pp.1512-1521, 2013.
- [3] P. Ohara, C. Engeson, & W.St.Peter, "Turning on the Light: Lessons from Luminescence". journal of chemical education, Vol.82, No. 1, 2005.
- [4] C. Odium, Inventor; "Method for producing phosphorescent glass artifacts" U.S.Patent 6, 197,712B1, 2001 Mar 6.
- [5] G. A. Waychunas, "Luminescence Spectroscopy". Reviews in Mineralogy & Geochemistry, Vol.78, pp.175-217, 2014.
- [6] G. B.Jean – Claude, & P. Claude, "Taking advantage of Luminescent Lanthanide ions". Chemistry Society Reviews, Vol.34, pp. 1048- 1077, 2005.
- [7] Feldmann et al," Inorganic luminescent material: 100 years of research and application". Advance functional materials, Vol. 13, No.7, 2003.
- [8] Al-Baldawi, M. Thabit, "Application of Smart Materials in the Interior Design of Smart Houses " Civil and Environmental Research, Vol.7, No.2, pp.2224-5790, 2015.
- [9] T.Almeida, A. Ruivo, A. Pires de Matos, R.Maria de Oliveira, , & A. Antunes, "Luminescent glasses in art". Journal of Cultural Heritage , Vol.9 , pp. e138-e142, 2008.
- [10] F.Lopes, F.Ruivo, F., V.S.F. Muralha., A. Lima, , Duarte, P ., Paiva, I ., Trindade, R., & Pires de Matos, A. "Uranium glass in museum collections" Journal of Cultural Heritage,Vol. 9, pp. e64-e68, 2008
- [11] Sun, x-D. inventor:"Phosphorescent Blends ", U.S.Patent. 2005/0035331A1, Feb.17, 2000.
- [12] Friedrich, D. inventor."phosphorescent compositions and use thereof" .U.S. Patent.2013/0153118A1,

- Jun.20. 2013.
- [13] Phillips, T. L.& Alan Bodi, J. inventors, "Daylight/ NightGlow Colored Phosphorescent Plastic Compositions and Articles", U.S.Patent, 6,375,864B1, Apr.23,2002.
- [14] [Yan Conga,b, Bin Lia, Bingfu Leia,b, Wenlian Lia," Long lasting phosphorescent properties of Ti doped ZrO₂, Journal of Luminescence Vol.126 , pp.822–826, 2007.
- [15] Kaya, S. & Karasu, B, Karacaoglu, E., "General Review of application Phosphorescence pigments in ceramic industry", International Ceramic, Glass, Porcelain Enamel, Glaze and Pigment Congress, pp.608-616, 2009.
- [16] Yamazaki, M., Yamamoto, Y., Sawanobori, N., & Nagahama. Sh. Inventors, "Oxide phosphorescent glass capable of exhibiting a long lasting after- glow and photostimulated luminescence", U.S.Patent. 6,123,872, Sep.26.2000.
- [17] Wiese, A., Washington, T., Tao, B., & Weiss, W. J. "Assessing Performance of Glow – in- the- Drak Concrete", 2015.
- [18] Kazazz, H ., Karacaoglu, E., Karasu, B., & Agatekin, M, "Production of Violet – blue Emiting Phosphors via Solid State Reaction and Their Uses in Outdoor Glass Fountain", Journal of American Science, Vol. 7, No.11, 2011.
- [19] Karasu, B., Kisacik, Y., Kaya, G., Ucar, T. and Toplutepe, N. O., "Improvement of Process Parameters in the Production of Yellowish-Green Colour Phosphorescence Pigments, 3rd Ceramics, Glass, Enamel, Glaze and Pigment Seminar with International Participation (SERES'05) Proceedings Book, 767-771, 2005.
- [20] Karasu, B., Kaya, G. & Ozkara, O., "Application of Phosphorescence Glazes on Bricks and Roof Tiles", 2nd International Terra Cotta Symposium Proceedings Book, Eskisehir, pp. 108-13, 2002.
- [21] Karasu, B., Kaya, G. & Kibici, A, "The Production of Long Afterglow Blue and Blueish-Purple Phosphor Pigments", 6th International Ceramic Congress, Turkish Ceramic Association, pp. 272-276, 2006.
- [22] Annapurna, k., Dwivedi, R. N., Kunda, P., & Buddhudu, S, "Blue emission spectrum of Ce⁺³:ZnO-B₂O₃-SiO₂ Optical glass", Materials letter, Vol. 58, pp.787-789, 2004.
- [23] Wen Han, CH. Inventor, "Manufacturing Method and Structure of Night Glow Glass", U.S.Patent. 2010/0107692A1, May 6, 2010.
- [24] Romani, A., Clementi, C., Miliani, C., & Favaro, G," fluorescence spectroscopy : A Powerful Technique for the Noninvasive characterization of Artwork", Accounts of chemical research, 2009.
- [25] Nolt, R., inventor, "Photoluminescent floor tile us.patent", No, 6.875.989B2, Apr,5.2005.



Mandi.khodaei01@gmail.com

مهندس مهدی خدایی،
نویسنده مسئول مقاله،
دانشگاه صنعتی مالک اشتر

بررسی تاثیر CaO بر سینترپذیری و خواص نانو کامپوزیت‌های SiC

مهدی خدایی^۱، حمیدرضا بهاروندی^۲، ناصر احسانی^۳

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی مواد مرکب، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
^۲ دانشیار، مجتمع مواد و فناوری‌های ساخت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
^۳ استاد، مجتمع مواد و فناوری‌های ساخت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

چکیده: کاربرد سیلیکون (SiC) به دلیل دارا بودن ویژگی‌های متنوعی از قبیل پایداری شیمیایی و حرارتی عالی، هدایت حرارتی خوب و سختی بسیار بالا، ضریب انبساط حرارتی نسبتاً پایین به عنوان یکی از مهم‌ترین سرامیک‌های مهندسی مطرح است. این ماده با ارزش، امروزه کاربردهای بسیار وسیعی در صنایع مختلف پیدا کرده است. با این حال متراکم نمودن SiC به علت پیوند کوالانت و ضریب نفوذ در خود پایین و نیز نیاز به دما و فشار بالا بسیار مشکل است. رایج‌ترین روش تولید سرامیک‌های SiC از طریق سینتر فاز مایع است که در این بین CaO یکی از رایج‌ترین موادی است که برای این منظور به SiC افزوده می‌شود. در این مقاله تلاش شده است تا تاثیر CaO بر سینترپذیری و خواص نانو کامپوزیت‌های SiC مورد بررسی قرار گیرد.
کلمات کلیدی: نانو کامپوزیت SiC، CaO، سینترپذیری و خواص.

۱- مقدمه

کاربرد سیلیکون (SiC) به علت ترکیب منحصر به فرد خواص فیزیکی، مکانیکی، حرارتی و الکتریکی یکی از مهم‌ترین سرامیک‌های مهندسی است [۱، ۲]. چنین ترکیب بی نظیری از خواص منجر به کاربرد SiC در بخش‌های مختلف شامل قطعات پردازش نیمه هادی، فیلترهای بسیار ریز موتور دیزل، آب بندهای مکانیکی، مبدل‌های حرارتی، فیلترهای گاز داغ، ممبران‌های خالص سازی آب و آینه‌های نوری شده است [۳]. این ماده بر اساس چینش لایه‌هایش انواع مختلفی دارد که به دو شکل α و β طبقه‌بندی می‌شوند. β -SiC به شکل مکعبی بوده (3C-SiC) که در دمای پایین‌تر بلورین می‌شود و پایدارترین شکل SiC و انتقال فازی آن به شکل α -SiC در دمای بالاتر از ۱۶۰۰ صورت می‌پذیرد [۴، ۵]. شکل‌های 2H، 4H، 6H، 15R و دیگر شکل‌های هگزاگونال متعلق به دسته α -SiC هستند. انتقال فازی $\alpha \Rightarrow \beta$ در دمای بالا و در حین سینتر رخ می‌دهد. متراکم نمودن SiC به علت پیوند کوالانت و ضریب نفوذ در خود پایین و نیز نیاز به دما و فشار بالا بسیار مشکل است [۵]. سینتر SiC می‌تواند به روش‌های فاز مایع و فاز جامد انجام شود. سینتر فاز جامد نیاز به افزودن موادی دارد که سطح انرژی SiC را تغییر داده تا قادر به متراکم شدن شود. SiC حتی با استفاده از افزودنی‌ها و دماهای بالا به سختی متراکم می‌شود به این علت که ماده‌ای شیمیایی با پیوندهای کوالانسی و ضریب نفوذ در خود پایین می‌باشد که این خصوصیات از مکانیزم‌های انتقال ماده که مسئول تراکم پذیری هستند جلوگیری می‌کنند [۶-۸]. افزودنی‌هایی که به طور معمول در سینتر حالت جامد به SiC افزوده می‌شوند کربن، بور و آلومینیوم هستند [۳، ۹]. رایج‌ترین روش تولید سرامیک‌های SiC از طریق سینتر فاز مایع است. حضور فاز مایع به انتقال ماده سرعت بخشیده و دما و زمان سینتر را کاهش می‌دهد و در نتیجه ریزساختاری دانه ریز و یکنواخت‌تر با عملکرد مکانیکی بهتر و به خصوص چقرمگی شکست بهتر حاصل می‌شود. ریزساختار نهایی به نسبت β -SiC α ، مقدار و نوع افزودنی‌ها و دما و زمان سینتر بستگی دارد [۷، ۱۰، ۱۱]. سینتر فاز مایع به ترکیب مواد پایه و افزودنی‌های تشکیل فاز مایع بستگی دارد.

رایج‌ترین افزودنی‌هایی که برای این منظور استفاده می‌شوند شامل $Al_2O_3-Y_2O_3$ ، $Al_2O_3-Yb_2O_3$ ، $Al_2O_3-La_2O_3$ ، $Al_2O_3-Dy_2O_3$ و $Al_2O_3-Y_2O_3-CaO$ می‌باشند [۳].

اهمیت آلومینا (Al_2O_3)، ایتریا (Y_2O_3) و اکسید کلسیم (CaO) به عنوان افزودنی‌های مورد استفاده در سینتر SiC، به دلیل کاهش دمای سینتر، افزایش چقرمگی، کمک به تشکیل فاز مایع و بهبود سینترپذیری است. این افزودنی‌ها، با تشکیل فازهای بین دانه‌ای (YAG) $Al_5Y_3O_{12}$ و CaY_2O_4 باعث افزایش خواص مکانیکی و بهبود ریزساختار می‌شوند. علاوه بر موارد بیان شده Al_2O_3 ، Y_2O_3 و CaO با مکانیزم‌هایی نظیر انحراف ترک، پل زنی ترک، استحاله فازی، افزایش استحکام مرز دانه‌ها و تغییر سازو کار شکست از بین دانه‌ای به درون دانه‌ای سبب بهبود خواص مکانیکی قطعه نسبت به حالت بدون افزودنی می‌گردند [۱۲]. از طرف دیگر Al_2O_3 و Y_2O_3 رایج‌ترین افزودنی‌های سینتر هستند که می‌توانند با SiO_2 که بر سطح پودرهای SiC وجود دارد واکنش داده و با تشکیل ترکیب یوتکتیکی منجر به افزایش سینترپذیری شوند. CaO برای کاهش فشار بخار کل مایع‌ها و همچنین کاهش دمای سینتر افزوده شده است. این امر می‌تواند منجر به کاهش سرعت رشد دانه و نیز کاهش اتلاف وزن در طول آزمون‌ها شود [۱۳]. به همین علت در این مقاله تلاش شده است تا تاثیر CaO بر سینترپذیری و خواص نانو کامپوزیت‌های SiC مورد بررسی قرار گیرد.

۲- تاثیر CaO بر سینترپذیری و خواص نانو کامپوزیت‌های SiC

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته تاکنون تاثیر افزودنی CaO بر کامپوزیت‌های SiC به دو روش سینتر بدون فشار و پرس داغ مورد بررسی قرار گرفته که در ادامه سینترپذیری و خواص حاصل از این دو روش گزارش شده است.

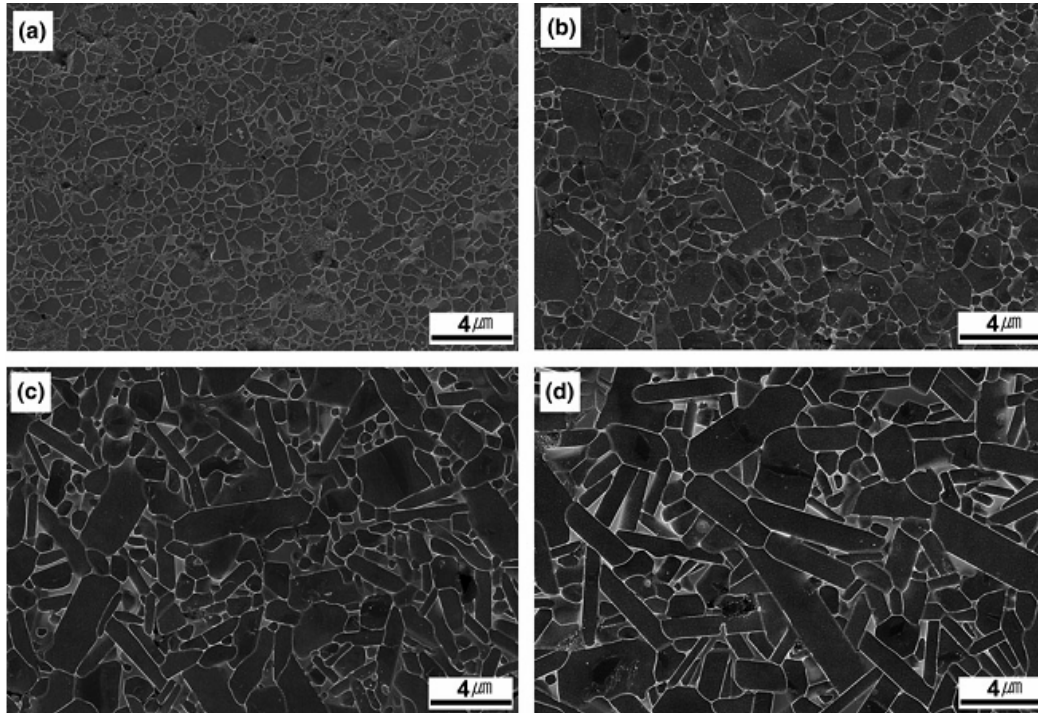
۲-۱- روش سینتر بدون فشار

اوم^۱ و همکارانش [۱] سینترپذیری و خواص حرارتی و مکانیکی سرامیک‌های SiC سینتر شده به‌وسیله روش بدون فشار را با افزودن Al_2O_3 ، Y_2O_3 و CaO در دماهای مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. مواد اولیه مورد استفاده شامل ۹۱ درصد وزنی β -SiC، افزودنی‌های Al_2O_3 ، Y_2O_3 (به ترتیب ۵/۵ و ۳/۱ درصد وزنی) و ۰/۴ درصد وزنی CaO بوده است. طبق نتایج بدست آمده توسط این محققین، سرامیک‌های حاصل که در محدوده دمایی $1750^\circ C$ تا $1900^\circ C$ سینتر شده بودند، دارای دانسیته‌ای تا بیش از ۹۷٪ دانسیته تئوری بوده‌اند. ریزساختار نمونه‌های سینتر شده در شکل ۱ نشان داده شده است. اندازه دانه این نمونه‌ها در دماهای $1750^\circ C$ ، $1800^\circ C$ ، $1850^\circ C$ و $1900^\circ C$ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۰/۹، ۱/۵، ۱/۸ و ۲/۸ میکرومتر به دست آمده است. زمانی که دمای سینتر از $1750^\circ C$ به $1800^\circ C$ افزایش یافته ریزساختار به ریزساختاری چقرمه که شامل دانه‌های کشیده شده نسبتاً بزرگ (دانه‌های صفحه‌ای در سه بعد) و دانه‌های هم‌محور نسبتاً ریز است تغییر یافته است. رسیدن به ریزساختارهای چقرمه تحت چنین شرایطی نتیجه ترکیب شیمیایی مواد افزودنی است. با افزایش بیشتر دما اندازه هر دو دانه‌های کشیده شده و هم‌محور بزرگ‌تر شده و ریزساختار حاوی دانه‌های کشیده شده بیشتر با نسبت ابعادی^۲ بالاتر است. با افزایش دما به $1900^\circ C$ همه دانه‌های هم‌محور ناپدید شده و ریزساختار تنها حاوی دانه‌های کشیده شده است. تغییرات ریزساختار به شدت به استحاله فازی $4H \Rightarrow 6H \Rightarrow 3C$ در SiC با افزایش دما مرتبط است. استحاله فازی $\alpha\beta \Rightarrow$ در SiC منجر به رشد دانه‌های کشیده شده با نسبت ابعادی بالا می‌شود.

همچنین هدایت حرارتی سرامیک‌های SiC با افزایش دمای سینتر افزایش یافته که علت آن کاهش مقدار اکسیژن شبکه در دانه‌های SiC است. دانسیته، استحکام خمشی، چقرمگی شکست، سختی و هدایت حرارتی SiC سینتر شده در دمای $1850^\circ C$ که حاوی $62/2\%$ 4H، $35/7\%$ 6H و $2/1\%$ 3C بود به ترتیب برابر با ۹۹ درصد، 628 MPa ، $5/3\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ و $29/1$ ، و $1\text{ W}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$ گزارش شده است.

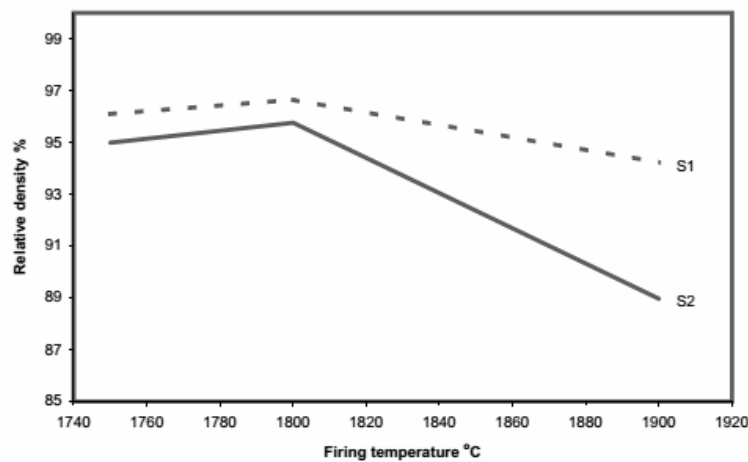
¹ Eom

² aspect ratio



شکل ۱- ریزساختارهای سرامیک‌های SiC سینتر شده در دماهای مختلف به مدت ۲ ساعت در اتمسفر آرگون:
(a) ۱۷۵۰ °C (b) ۱۸۰۰ °C (c) ۱۸۵۰ °C (d) ۱۹۰۰ °C

زاراه^۱ و همکارانش [۱۲] نیز سینتر فاز مایع α -SiC را در حضور CaO به روش سینتر بدون فشار مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان از مقادیر بیشتر CaO استفاده نمودند و دو نمونه S1 و S2 از جنس SiC را که حاوی مقادیر ثابتی از افزودنی‌های Al_2O_3 ، Y_2O_3 (به ترتیب ۷ و ۲ درصد وزنی) و مقادیر مختلفی از CaO (۱ و ۳ درصد وزنی که S1 حاوی ۱ درصد وزنی و S2 حاوی ۳ درصد وزنی) بودند در محدوده دمایی بین ۱۷۵۰ و ۱۹۰۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به بیش از ۹۵ درصد دانسیته تئوری سینتر نمودند. چگال شدن توسط یک فاز مایع تشکیل شده از Al_2O_3 ، Y_2O_3 و CaO انجام شد. ریزساختاری با دانه‌های کشیده و هم محور و ریز (با متوسط اندازه دانه حدود $10 \mu m$) حاصل شد. دانسیته نسبی نمونه‌های S1 و S2 در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تراکم در دمای ۱۷۵۰ °C رخ داده است که دمایی نزدیک به دمای ذوب YAG است. دانسیته نمونه S1 بیشتر از نمونه S2 به دست آمده است که مربوط به میزان CaO کمتر در نمونه S1 می‌باشد و به نظر می‌رسد که تبخیر گازهای SiO، Al_2O_3 و CO افزایش یافته و منجر به کاهش دانسیته نسبی شده است.



شکل ۲- دانسیته نسبی سرامیک‌های کاربید سیلیکون S1 و S2 سینتر شده در دماهای مختلف [۱۲].

¹ Zawrah

در جدول ۱ تافنس شکست، سختی و مدول الاستیک نمونه‌های سینتر شده در دماهای مختلف گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌شود این خواص تا 1800°C افزایش یافته و سپس در 1900°C کاهش یافته است که منطبق با دانسیته نمونه‌ها می‌باشد.

جدول ۱- تافنس شکست، سختی و مدول الاستیک نمونه‌های سینتر شده در دماهای مختلف [۱۲]

Properties	Firing temperature ($^{\circ}\text{C}$)					
	1750		1800		1900	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
K_{IC} ($\text{MPa m}^{1/2}$)	4.1	3.9	5.7	4.2	4.5	4.0
HV (GPa)	20.7	19.2	23.2	22.12	22.6	20.0
E (GPa)	290	280	410	380	330	310

۲-۲- روش پرس داغ

یوشیدا^۱ و همکارش [۱۴] و لی^۲ و همکارانش [۱۵، ۱۶] تاثیر CaO را بر پرس داغ کامپوزیت‌های زمینه SiC تقویت شده با الیاف SiC مورد بررسی قرار داده‌اند. میتومو^۳ و همکارانش [۱۷]، کیم^۴ و همکارانش [۱۸] و ناگانو^۵ و همکارش [۱۹] نیز تاثیر این ماده را بر ساخت نانو کامپوزیت‌های SiC به روش پرس داغ مطالعه نموده‌اند. در ادامه فعالیت‌های این پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۲-۱- پرس داغ کامپوزیت‌های زمینه SiC تقویت شده با الیاف SiC

یوشیدا و همکارش [۱۴] خواص کامپوزیت زمینه β -SiC تقویت شده با الیاف SiC سینتر شده تحت فشار را در دمای بالا و دمای اتاق مورد بررسی قرار داده‌اند. کامپوزیت‌های SiC تقویت شده با الیاف SiC بافته شده به صورت 2D اشباع شده با پلی کربوسیلان با ۵۲ درصد حجمی الیاف SiC به روش پرس داغ و به مدت ۱ ساعت در دماهای ۱۶۵۰، ۱۷۰۰ و ۱۷۵۰ درجه سانتی‌گراد تحت فشار ۴۰ MPa و با استفاده از مواد افزودنی Al_2O_3 - Y_2O_3 -CaO (به میزان ۲۰ درصد وزنی) تهیه شده‌اند. شکست کامپوزیت‌ها به صورت غیر ترد بوده است. بیشترین استحکام کامپوزیت‌های پرس داغ شده در دمای 1700°C یا 1750°C تا دمای آزمون 1200°C کاهش نیافته است. انرژی شکست با افزایش دمای آزمون افزایش یافته و در دمای 1200°C به حداکثر مقدار خود رسیده است. هدایت حرارتی با افزایش دانسیته حجمی افزایش یافته و به مقدار $7-14 \text{ W/m K}$ در دمای اتاق گزارش شده است. لی و همکارش [۱۵] کامپوزیت‌های SiC تقویت شده با الیاف کوتاه را بوسیله نفوذ پلی کربوسیلان (PCS) تهیه کرده‌اند. این محققین، ورق‌های خام (اولیه) کامپوزیتی را با استفاده از الیاف‌های کوتاه SiC (Tyranno SA) (پوشش داده شده) نفوذ داده شده (PCS) با پلی کربوسیلان، پودر SiC زیر میکرون و مخلوط‌های Al_2O_3 - Y_2O_3 -CaO (حاوی ۱۴٪ وزنی Al_2O_3 ، ۴٪ وزنی Y_2O_3 و ۲٪ وزنی CaO) به عنوان مواد افزودنی سینتر به وسیله ریخته‌گری نواری تهیه کرده‌اند. این ورق‌های خام در دمای 1750°C تحت اتمسفر آرگون و فشار ۴۰ MPa به مدت ۱ ساعت تحت پرس داغ قرار گرفتند. جهت‌گیری بیشتر الیاف‌های کوتاه SiC در امتداد جهت ریخته‌گری نواری بوده است. دانسیته حجمی کامپوزیت‌ها در حدود $2/66 \text{ g/cm}^3$ حاصل شده است. همچنین استحکام خمشی در دمای اتاق و دماهای بالا اندازه‌گیری شده و بالاترین مقدار آن در حدود ۲۶۰ MPa در دمای اتاق و دمای 1000°C گزارش شده است. رفتار شکست کامپوزیت‌ها، شکست کاملاً تردی را در دمای اتاق و دماهای بالا تا 1400°C نشان داده است.

¹ Yoshida
² Lee
³ Mitomo
⁴ Kim
⁵ Nagano

لی و همکارانش [۱۶] همچنین تأثیر کسر حجمی الیاف را بر خواص حرارتی و مکانیکی کامپوزیت‌های SiC تقویت شده با الیاف کوتاه با ردیف‌های غیرجهت‌دار^۱ را مورد بررسی قرار داده‌اند. این کامپوزیت‌ها از طریق پرس داغ با استفاده از مخلوط Al₂O₃-Y₂O₃-CaO (۱۴ درصد وزنی Al₂O₃، ۴ درصد وزنی Y₂O₃ و ۲ درصد وزنی CaO) به عنوان ماده افزودنی تهیه شده‌اند تا تأثیر پارامترهای فرایند بر خواص حرارتی و مکانیکی کامپوزیت‌های SiC/SiC حاوی الیاف کوتاه Hi-Nicalon^۲ پوشش‌دار با BN مورد مطالعه قرار گیرد. الیاف عمدتاً در صفحات عمود بر جهت پرس داغ به صورت ردیفی قرار گرفتند. در جدول ۲ دانسیته بالک و خواص مکانیکی کامپوزیت‌های پرس داغ شده SiC/SiC آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود دانسیته بالک کامپوزیت‌های SiC/SiC معمولاً با افزایش دمای سینتر افزایش یافته است. کامپوزیت‌های سینتر شده در دمای ۱۷۰۰ °C به دانسیته نزدیک به دانسیته کامل رسیده‌اند [۱۶]. دمای یوتکتیک پایین اکسیدهای بر پایه Si-Al-Y-Ca-O عامل موثری برای افزایش دانسیته در دمای کم است [۱۷]. طبق نتایج بدست آمده، چقرمگی شکست کامپوزیت‌های SiC/SiC با مواد افزودنی Al₂O₃ - Y₂O₃ - CaO، ۱/۶ برابر بیشتر از SiC یکپارچه سینتر شده به وسیله روش پرس داغ در دمای ۱۷۵۰ °C است [۱۶].

جدول ۲- دانسیته بالک و خواص مکانیکی کامپوزیت‌های پرس داغ شده SiC/SiC [۱۶]

Fiber volume fraction	Sintering temp. / °C	Bulk density / Mg/m ³	Flexural strength at RT / MPa	Fracture toughness at RT / MPa · m ^{1/2}
10vol%	1650	2.96	291	2.57
	1700	3.10	373	3.12
	1750	3.09	330	3.23
20vol%	1650	2.80	237	2.63
	1700	3.06	372	3.23
	1750	3.12	367	3.24
30vol%	1650	2.96	269	2.94
	1700	3.13	287	3.17
	1750	3.13	311	3.30

استحکام اتصال با افزایش دمای سینتر افزایش یافته و با افزایش دمای آزمون کاهش یافته است. رفتار شکست کامپوزیت‌های SiC/SiC شکست کاملاً تردی را نشان داده است. نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان دهنده این است که الیاف در ناحیه تنش کششی سطح شکست بیرون کشیده شده‌اند اما درجه بیرون کشی^۳ کم بوده است. همچنین هدایت حرارتی کامپوزیت‌های SiC/SiC پرس داغ شده در دمای ۱۷۵۰ °C با افزایش کسر حجمی الیاف به مقدار ۲۸-۲۶ W/m K در دمای اتاق کاهش یافته که به علت هدایت کم الیاف می‌باشد. هدایت حرارتی الیاف Hi-Nicalon^۲ به مقدار ۷/۸ W/m K در دمای ۲۵ °C و ۱۰/۱ W/m K در ۵۰۰ °C گزارش شده است [۱۴]. در کاری دیگر از این محققان هدایت حرارتی SiC یکپارچه با افزودنی‌های Al₂O₃ - Y₂O₃ - CaO که در دمای ۱۷۵۰ °C و به روش پرس داغ سینتر شده است به مقدار ۳۲ W/m K در دمای اتاق گزارش شده است که بسیار کمتر از مقدار معمول سرامیک SiC است. علت هدایت حرارتی کم به ریزساختار و فازهای زمینه نسبت داده شده است. فاز شیشه‌ای، اکسیدها و ترکیبات آن‌ها مانند YAG که از افزودنی‌های سینتر حاصل شده است؛ هدایت حرارتی کمی دارند [۲۰].

۲-۲-۲- پرس داغ نانو کامپوزیت‌های SiC

میتومو و همکارانش [۱۷] تأثیر افزودنی‌های مختلف را بر سینترپذیری نانو سرامیک‌های SiC بررسی کرده‌اند. این محققین، دو نوع پودر SiC را با نام‌های F و S به ترتیب با اندازه ذرات ۹۰ و ۲۸۰ نانومتر با استفاده از روش پرس داغ و با افزودن ۷ درصد وزنی Al₂O₃، ۲ درصد وزنی Y₂O₃ و ۱ درصد وزنی CaO در دماهای ۱۷۵۰ °C و ۱۹۰۰ °C در فشار ۲۰ MPa و در زمان‌های

¹ unidirectionally Aligned

² Hi - Nicalon

³ Pull-out

متفاوت به ترتیب ۱۵ و ۳۰ دقیقه متراکم کرده‌اند. خواص مواد اولیه در جدول ۳ و شرایط پرس داغ برای رسیدن به بیشترین دانسیته در جدول ۴ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود پودرهای بسیار ریز در حدود 150°C کمتر از پودرهای با ابعاد زیر میکرون متراکم شده‌اند.

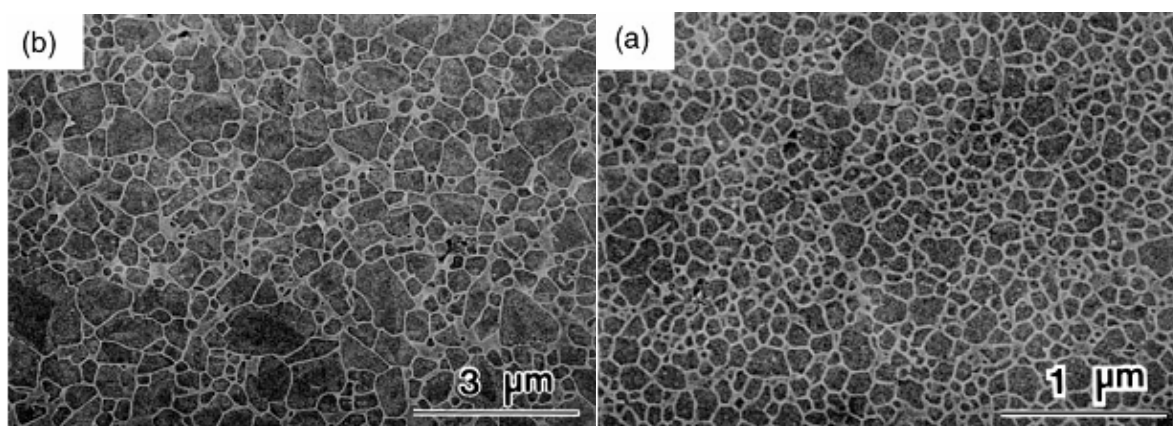
جدول ۳- خصوصیات مواد اولیه [۱۷]

Powder	F	S
Average particle size (nm)	90	280
β content (wt. %)	98	97
Oxygen content (wt. %)	1.00	0.18
Free carbon (wt. %)	1.88	0.16

جدول ۴- شرایط تولید و خواص مواد سینتر شده [۱۷]

Powder	F	S
Hot-pressing temperature ($^{\circ}\text{C}$)	1750	1900
time (min)	15	30
Relative density (%)	97.2	99.0
Average grain size (nm)		
Area base (d_s)	110	510
Number base (d_n)	70	200

همچنین نانو سرامیک‌های ریز دانه با میانگین اندازه دانه ۱۱۰ و ۵۱۰ نانومتر به ترتیب از پودرهای F و S حاصل شده‌اند که در شکل ۳ نشان داده شده است.



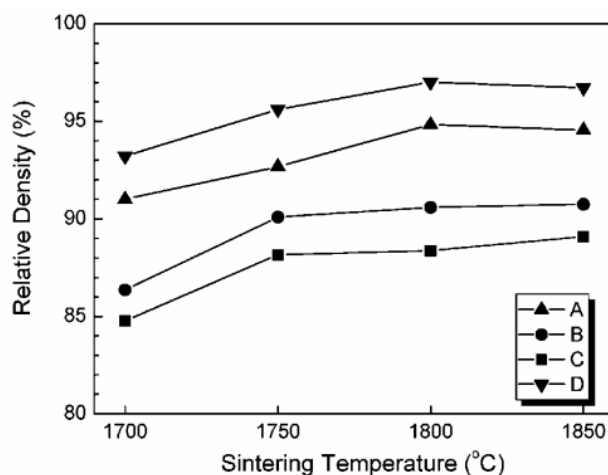
شکل ۳- ریزساختار مواد سینتر شده از پودرهای (a) F و (b) S [۱۷].

کیم و همکارانش [۱۸] نیز سینترپذیری نانو پودرهای β -SiC را به روش پرس داغ در محدوده دمایی ۱۷۰۰ تا ۱۸۵۰ درجه سانتی‌گراد در اتمسفر آرگون به مدت ۳۰ دقیقه و تحت فشار ۲۵ MPa مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققین، قابلیت سینتر کردن سه نوع نانو پودر SiC تجاری (پودرهای A، B و C) و یک نانو پودر SiC (پودر D) را که روی آن عملیات حذف کربن آزاد در دمای 600°C و در ادامه غوطه‌ور کردن پودرهای در مخلوط HF برای حذف SiO_2 بود را با استفاده از Al_2O_3 - Y_2O_3 - CaO به عنوان مواد افزودنی سینتر مورد مطالعه قرار داده‌اند. این ۴ نوع پودر شامل ۹۰٪ وزنی SiC، ۷٪ وزنی Al_2O_3 ، ۲٪ وزنی Y_2O_3 و ۱٪ وزنی CaO بودند. خصوصیات پودرهای SiC اولیه در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- خصوصیات پودرهای SiC اولیه [۱۸]

Designation	Average particle size (nm)	Specific surface area (m ² /g)	Impurity (mass%)		Phase	Manufacturer
			Oxygen	Free carbon		
A	~30	48	0.45	3.73	β	Sumitomo-Osaka Cement Co., Japan
B	~25	71	1.30	6.92	β	Materials Institute Tech. Inc., Richmond, CA
C	~20	94	1.08	6.00	β	Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., Los Alamos, NM
D	~30	52	1.83	1.75	β	Oxidized and acid-treated powder A

شکل ۴ تغییرات دانسیته نمونه‌های سینتر شده را بر حسب دماهای مختلف نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود بیشترین دانسیته در پودرهای A و D در دمای ۱۸۰۰ °C حاصل شده و پس از آن تغییری مشاهده نشده است. در مقابل در پودرهای B و C بیشترین دانسیته در دمای ۱۸۵۰ °C به دست آمده که افزایش اندکی در بالاتر از ۱۷۵۰ °C نیز رخ داده است. نانو پودرهای SiC تجاری با استفاده از پرس داغ به سختی به دانسیته نسبی بالای ۹۵ درصد رسیدند. تأثیر ناخالصی‌های SiO₂ و کربن آزاد در پودرهای اولیه بر قابلیت سینتر کردن نانو پودرهای SiC مشابه با پودرهای SiC کمتر از میکرون بود. اگر چه که مقدار بالای کربن آزاد و دانسیته کم قطعه خام نانو پودرهای SiC تجاری منجر به سینترپذیری ضعیف آن‌ها شده است. کاهش مقدار کربن آزاد به وسیله اکسیداسیون و کنترل مقدار SiO₂ بوسیله عملیات اسیدشویی برای افزایش قابلیت سینتر کردن نانو پودرهای SiC در حین سینتر کردن در فاز مایع موثر بوده است. در نهایت نمونه‌های ساخته شده از پودر D بیشترین دانسیته را داشته‌اند که به میزان حدود ۹۷ درصد دانسیته تئوری بعد از سینتر در دمای ۱۸۰۰ °C به مدت ۳۰ دقیقه بوده است [۱۸].



شکل ۴- دانسیته سرامیک‌های SiC ساخته شده از ۴ نوع نانو پودر اولیه (مطابق با جدول ۵) [۱۸].

ناگانو و همکارش [۱۹] تأثیر اتمسفر را بر کاهش وزن در β -SiC با میانگین اندازه دانه ۹۰ نانومتر در حین عملیات حرارتی مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققین عملیات حرارتی را روی β -SiC با مواد افزودنی مختلف شامل ۷٪ وزنی Al_2O_3 ، ۲٪ وزنی Y_2O_3 و ۱٪ وزنی CaO برای سینتر در محدوده دمایی $1600-1800$ °C در هر دو اتمسفر گاز نیتروژن و آرگون با فشار ۳۰ MPa و به مدت زمان ۴۰ دقیقه انجام داده‌اند. در نمونه‌های عملیات حرارتی شده در دمای 1800 °C در اتمسفر آرگون، کاهش وزن بیشتر از وزن کل مواد افزودنی سینتر گزارش شد. از طرف دیگر، کاهش وزن در اتمسفر نیتروژن از حدود یک سوم به نصف کاهش یافت. طبق نتایج بدست آمده تقلیل وزن عمدتاً به واکنش در فصل مشترک میان دانه‌های SiC و فاز مرزخانه‌ای بستگی داشته است.

مراجع

- [1] Eom JH, Seo YK, Kim YW. Mechanical and Thermal Properties of Pressureless Sintered Silicon Carbide Ceramics with Alumina–Yttria–Calcia. Journal of the American Ceramic Society. 2016.
- [2] Kim KJ, Lim KY, Kim YW. Electrical and thermal properties of SiC ceramics sintered with yttria and nitrides. Journal of the American Ceramic Society. 2014;97:2943-9.
- [3] Ribeiro S, Gênova L, Ribeiro G, Oliveira M, Bressiani A. Effect of heating rate on the shrinkage and microstructure of liquid phase sintered SiC ceramics. Ceramics International. 2016;42:17398-404.
- [4] Sugiyama S, Togaya M. Phase Relationship between 3C - and 6H - Silicon Carbide at High Pressure and High Temperature. Journal of the American Ceramic Society. 2001;84:3013-6.
- [5] Lodhe M, Chawake N, Yadav D, Balasubramanian M. On correlation between $\beta \rightarrow \alpha$ transformation and densification mechanisms in SiC during spark plasma sintering. Scripta Materialia. 2016;115:137-40.
- [6] Noviyanto A, Yoon D-H. Metal oxide additives for the sintering of silicon carbide: Reactivity and densification. Current Applied Physics. 2013;13:287-92.
- [7] Noviyanto A, Yoon D-H. Rare-earth oxide additives for the sintering of silicon carbide. Diamond and Related Materials. 2013;38:124-30.
- [8] Biswas K, Rixecker G, Aldinger F. Gas pressure sintering of SiC sintered with rare-earth-(III)-oxides and their mechanical properties. Ceramics international. 2005;31:703-11.
- [9] Zhang J, Jiang D, Lin Q, Chen Z, Huang Z. Properties of silicon carbide ceramics from gelcasting and pressureless sintering. Materials & Design (1980-2015). 2015;65:12-6.
- [10] Tatarko P, Lojanová Š, Dusza J, Šajgalik P. Influence of various rare-earth oxide additives on microstructure and mechanical properties of silicon nitride based nanocomposites. Materials Science and Engineering: A. 2010;527:4771-8.
- [11] Liang H, Yao X, Zhang J, Liu X, Huang Z. The effect of rare earth oxides on the pressureless liquid phase sintering of α -SiC. Journal of the European Ceramic Society. 2014;34:2865-74.
- [12] Zawrah M, Shaw L. Liquid-phase sintering of SiC in presence of CaO. Ceramics international. 2004;30:721-5.
- [13] Gu H, Nagano T, Zhan GD, Mitomo M, Wakai F. Dynamic Evolution of Grain - Boundary Films in Liquid - Phase - Sintered Ultrafine Silicon Carbide Material. Journal of the American Ceramic Society. 2003;86:1753-60.
- [14] Yoshida K, Yano T. Room and high-temperature mechanical and thermal properties of SiC fiber-reinforced SiC composite sintered under pressure. Journal of nuclear materials. 2000;283:560-4.
- [15] Lee J-S, Yano T. Fabrication of short-fiber-reinforced SiC composites by polycarbosilane infiltration. Journal of the European Ceramic Society. 2004;24:25-31.
- [16] Lee J-S, 吉田克己, 矢野豊彦. Influence of Fiber Volume Fraction on the Mechanical and Thermal Properties of Unidirectionally Aligned Short-Fiber-Reinforced SiC Composites. Journal of the Ceramic Society of Japan (日本セラミックス協会学術論文誌). 2002;110:985-9.
- [17] Mitomo M, Kim Y-W, Hirotsuru H. Fabrication of silicon carbide nanoceramics. Journal of materials research. 1996;11:1601-4.
- [18] Kim Y-W, Lee Y-I, Mitomo M. Sinterability of nano-sized silicon carbide powders. Journal of the Ceramic Society of Japan (日本セラミックス協会学術論文誌). 2006;114:681-5.
- [19] Nagano T, Kaneko K, Zhan GD, Mitomo M. Effect of atmosphere on weight loss in sintered silicon carbide during heat treatment. Journal of the American Ceramic Society. 2000;83:2781-7.
- [20] Yoshida K, Imai, M. and Yano, T. Journal of the Ceramic Society of Japan. 2001;109:863-67.

بررسی عوامل موثر بر خاصیت پوشش‌های فتوکاتالیستی نانو ذره اکسید تیتانیم

نوید اعلمی فریمان^{۱*}، بهزاد کوزه‌گر کالجی^۲، ابراهیم یوسفی^۳، سعید پورخیاط^۴

^۱ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مواد-سرامیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ملایر

^۲ عضو هیات علمی، استادیار گروه مهندسی مواد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ملایر

^۳ دانشجوی دکتری نانو مواد، پژوهشکده مواد معدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مواد-سرامیک، دانشگاه آزاد علوم تحقیقات واحد

شاهرود



Navid.alami66@yahoo.com

مهندس نوید اعلمی فریمان،

نویسنده مسئول مقاله، دانشگاه

ملایر

چکیده: نانو تکنولوژی تولید کارآمد مواد و دستگاه‌ها و سیستم‌ها با کنترل ماده در مقیاس طولی نانومتر و بهره برداری از خواص و رفتارهای نو ظهوری است که در مقیاس نانو توسعه یافته‌اند. افزایش روز افزون آلانده‌های گازی و آبی در سال‌های اخیر، منجر به توسعه زمینه‌های مطالعاتی و کاربردی پوشش‌های فتوکاتالیستی شده است. فتوکاتالیست‌ها جز آن دسته از کاتالیست‌هایی هستند که با تابش نور فعال شده و آلانده‌های موجود در هوا یا آب را به مواد کم ضرر مانند آب و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌کنند. در میان تمامی فتوکاتالیست‌های موجود، اکسید تیتانیم به دلیل خواص منحصر به فردی چون پایداری شیمیایی و نوری، قیمت ارزان، عدم انحلال در آب، غیر سمی بودن و غیره بسیار مورد توجه می‌باشد. با این حال به دلیل قرار گرفتن شکاف انرژی آن در محدوده فرابنفش و چون تنها (۳/۵-۵٪) امواج خورشید حاوی پرتوهای فرابنفش است، کاربرد آن محدود می‌شود. برای غلبه بر این محدودیت، مطالعات اخیر روی افزایش بازدهی آن با استفاده از کامپوزیت‌های اکسید تیتانیم - نانو فلز، کاتالیست‌های الکتروشیمی، اکسید تیتانیم ذوب شده یا کامپوزیت‌های سرامیکی متخلخل معطوف شده است. خاصیت فتوکاتالیستی نانو ذره اکسید تیتانیم وابستگی شدیدی به اثر ضخامت در پوشش‌ها، شکل و اندازه ذرات، شرایط کلسیناسیون، عناصر و افزودنی‌های دوپ شده دارد که در این مقاله به صورت مروری به هر یک از آن‌ها پرداخته شده است و استفاده از دوپنت‌های همزمان در شبکه تیتانیا بر روی زیرلایه‌های مختلف با بازده فتوکاتالیستی بالاتر از چالش‌های این مقاله می‌باشد.

کلمات کلیدی: فتوکاتالیست، نانو اکسید تیتانیم، اثر افزودنی‌ها، شکاف انرژی.

۱- مقدمه

یکی از مواردی که در حال حاضر فناوری نانو در آن به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است، فرآیند پوشش‌دهی و به دنبال آن خاصیت فتوکاتالیستی و تولید مواد نانو ساختار است. تحقیقات انجام گرفته بر روی این پوشش‌ها که خواص فتوکاتالیستی دارند نشان می‌دهد که خواص پوشش‌های فتوکاتالیستی نانو ساختار در بسیاری موارد نسبت به پوشش‌های معمولی بهبود چشم‌گیری دارد. مواد نانومتری به علت بروز پدیده‌های کوانتومی در ابعاد زیر ۱۰۰nm دارای خواص منحصر به فرد هستند. پوشش‌های نانوساختار در مقایسه با پوشش‌های میکرومتری از خواص فتوکاتالیستی، ضریب اسیاط حرارتی، سختی و چقرمگی بالاتر و مقاومت بیشتر در برابر خوردگی، سایش و فرسایش برخوردارند. کاهش اندازه دانه تا حدود چند ده نانومتر سبب افزایش سختی و استحکام ماده می‌شود. در میان این پوشش‌ها، اکسید تیتانیم به عنوان یکی از پوشش‌ها با خواص فتوکاتالیستی مطرح است [۱]. پوشش‌های فتوکاتالیستی اکسید تیتانیم یکی از مواردی است که امروزه به آن توجه زیادی شده است. این پوشش‌ها بر روی زیرلایه‌های مختلف فلزی، سرامیکی، شیشه‌ای و پلاستیکی اعمال می‌شوند که با توجه به نوع زیرلایه و فرآیند پوشش‌دهی کاربردهای مختلفی دارند.

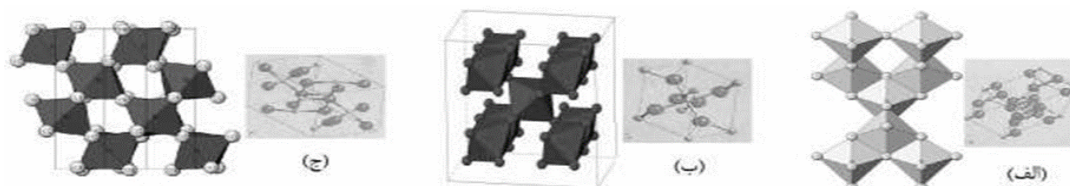
نانوذرات تیتانیا توجه بسیاری از پژوهشگران را به دلیل دارا بودن مزایایی مانند پایداری شیمیایی

یا خنثی بودن شیمیایی و بیولوژیکی، سمی نبودن، قیمت ارزان، زیست سازگاری و خواص فیزیکی، نوری و الکتریکی به عنوان ماده فتوکاتالیست در تخریب بسیاری از ترکیبات آلی، باکتری‌ها، ویروس‌ها و تصفیه آب مورد توجه قرار گرفته است [۳]. هنگامی که تیتانیا در لایه‌های بسیار نازک یا ذرات میکروسکوپی و در معرض نور خورشید به کار رود، باعث فعال شدن یکی از مهمترین خواص تیتانیا یعنی خاصیت فتوکاتالیستی می‌شود که باعث استفاده از آن در بخش‌های وسیعی همچون تصفیه آب و فاضلاب و محصولات کاربردهای آبدوستی و آبگریزی شامل سطوح خود تمیز شونده و ضد مه‌گرفتگی از قبیل شیشه‌ها و کاشی‌های سرامیکی شده است [۲].

این ماده قابلیت تجزیه مواد آلی مختلف در اثر تابش اشعه ماوراءبنفش را دارد. علی‌رغم اینکه اکسید تیتانیم یکی از مواد پر مصرف در کاربردهای فتوکاتالیستی است، اما با توجه به باند ممنوعه وسیع آن ($E_g = 3/2 \text{ eV}$) همواره تحت تابش نور ماوراءبنفش خاصیت فتوکاتالیستی از خود نشان می‌دهد. به همین منظور بسیاری از کاربردهای این پوشش که در محیط‌های آزاد و تحت تابش نور خورشید قرار دارند، بکارگیری این نوع پوشش، کارایی بالایی ندارند. به همین دلیل تلاش‌های زیادی توسط محققین جهت بهبود خواص فتوکاتالیستی تیتانیا تحت تابش نور مرئی انجام شده و یا در حال انجام است. بسیاری از فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده، تلاش بر افزودن دوپنت‌ها در شبکه تیتانیا بوده است [۴].

۲- اکسید تیتانیم

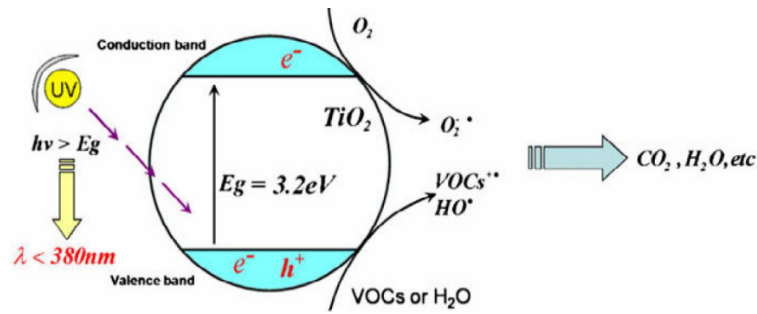
تیتانیا دارای سه پلی‌مرف اصلی آناتاز، روتایل، بروکیت است. تشکیل این سه نوع ساختار شدیداً وابسته به دما است. دو فاز آناتاز و روتایل دارای ساختار بلوری تتراگونال و فاز بروکیت دارای ساختار بلوری اورتورومبیک است [۱]. در اکسید تیتانیمی درشت دانه، روتایل پایدارترین فاز کریستالی در همه دماهای بالاتر از صفر کلین و تحت فشار معمولی بوده و دو فاز آناتاز و بروکیت فازهای نیمه پایدار این سیستم به شمار می‌روند که فاز بروکیت کمیاب بوده و سریعاً به روتایل تبدیل می‌شود [۳]. واحد پایه ساختار بلوری در هر سه فاز، هشت وجهی‌های TiO_6 است که تفاوت این سه فاز در نحوه‌ی آرایش این هشت وجهی‌ها در کنار یکدیگر است [۲]. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است در هر سه ساختار هر یون تیتانیم در مرکز یک هشت وجهی متشکل از اکسیژن قرار دارد.



شکل ۱- شماتیکی از سلول‌های واحد فاز تیتانیا، (الف) آناتاز، (ب) روتایل، (ج) بروکیت [۵].

۳- خاصیت و مکانیزم فتوکاتالیستی اکسید تیتانیم

فتوکاتالیست ماده‌ای است که قابلیت استحالتهای شیمیایی در مواد واکنش دهنده را توسط جذب کوانتوم‌های نور داشته و مکرراً به همراه مواد اولیه در واکنش‌های شیمیایی وارد شده و ترکیب شیمیایی خود را پس از هر چرخه این واکنش‌ها باز می‌یابد. اگر تیتانیا توسط فوتون‌هایی با انرژی بیشتر از 3.2 eV مورد تشعشع قرار گیرد، باند ممنوعه آن تحریک شده و یک الکترون از باند ظرفیت به باند هدایت می‌رود، در نتیجه این فرآیند تشکیل جفت الکترون-حفره می‌دهد [۶]. اگر چه اکثر این الکترون‌ها و حفره‌ها دوباره با هم ترکیب می‌شوند ولی بعضی از آنها به سطح مهاجرت می‌کنند. بنابراین حفره‌ها سبب اکسیداسیون مولکول‌های آلی جذب شده روی سطح شده، در حالی که الکترون‌ها سرانجام با اکسیژن اتمسفر ترکیب شده و رادیکال‌های سوپر اکسیدی می‌دهند، که به سرعت به مولکول‌های آلی حمله می‌کنند، که نتیجه آن تمیز شدن سطح در دمای اتاق به وسیله احتراق سرد می‌شود که مولکول‌های آلی تبدیل به دی‌اکسید کربن و آب می‌شوند. مکانیزم فتوکاتالیستی تیتانیا به طور شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است [۷و۸].



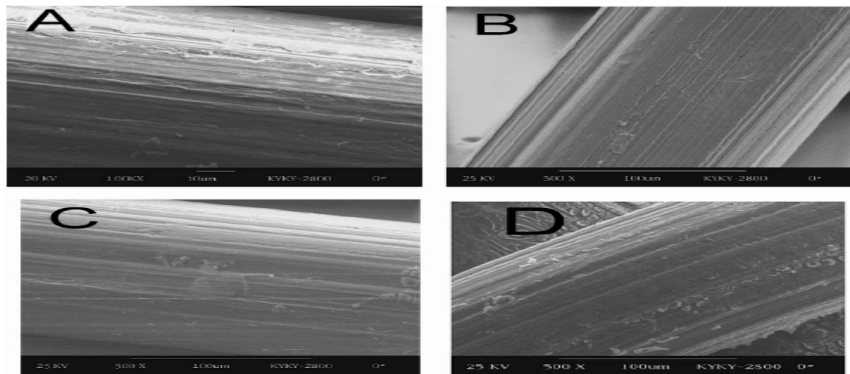
شکل ۲- مکانیزم فتوکاتالیستی تیتانیا

۴- عوامل موثر بر خاصیت فتوکاتالیستی

عوامل مختلفی بر خواص فتوکاتالیستی تیتانیا تاثیر می‌گذارند که بعضی از این عوامل بارز عبارتند از:

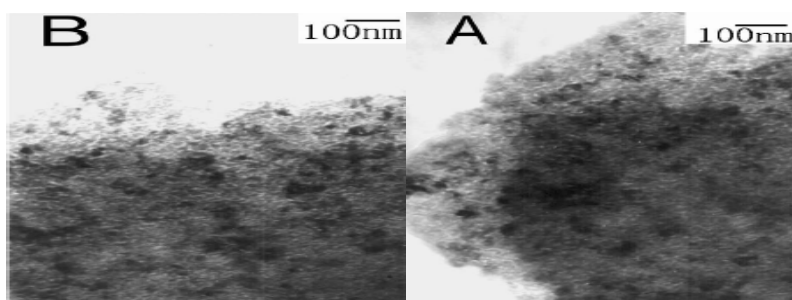
۴-۱- اثر ضخامت در پوشش‌های فتوکاتالیست

یکی از عوامل موثر بر روی خاصیت فتوکاتالیستی این پوشش‌ها، ضخامت پوشش است. شانگ و همکارانش اثر ضخامت پوشش فتوکاتالیست تیتانیا را بر روی تجزیه فرمالدئید در اثر تابش ماوراء بنفش بررسی کردند [۶]. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش زمان تابش، غلظت فرمالدئید تجزیه شده افزایش می‌یابد [۳۵]. همچنین مشاهده شد که افزایش ضخامت پوشش نیز همان اثر را دارد. شکل ۳ مورفولوژی سطح ماده پایه (فولاد زنگ نزن) و پوشش با ضخامت‌های مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود تا ضخامت ۲۵۰nm، پوشش به صورت یکنواخت بر روی ماده پایه قرار گرفته است، اما در ضخامت ۳۶۰nm، اگرگیته‌ها بر روی سطح تشکیل شده‌اند (شکل ۳، D). شکل ۴ تصویر TEM از لایه تیتانیا را نشان می‌دهد. این لایه از ذرات کروی شکل تیتانیا با اندازه حدود ۱۰nm تشکیل شده است. با افزایش ضخامت، پیک‌های مربوط به فاز آناتاز قوی‌تر شده و پیک آهن حذف می‌شود. در نتیجه با افزایش ضخامت تیتانیا، کریستالیزاسیون بهتر صورت می‌گیرد و ضخامت موجب پوشاندن اثر نفوذ آهن به درون ساختار شده است [۶].



شکل ۳- تصاویر SEM از (A) پایه فولاد زنگ نزن و پوشش‌های تیتانیا به ضخامت‌های (B) ۵۰، (C) ۲۵۰، (D) ۳۶۰ نانومتر [۶].

بعضی از استراژی‌هایی که برای بهبود این پوشش‌ها بکار برده می‌شود، افزایش مساحت سطح لایه، افزایش تعداد الکترون-حفره‌های تولید شده و افزایش میزان ماندگاری این جفت‌ها در مواد به وسیله کاهش سرعت ترکیب جفت الکترون-حفره‌های تولید شده می‌باشد. یک روش سریع و واضحی که می‌توان به وسیله آن ضریب جذب نور UV را افزایش داد و در نتیجه آن میزان بارهای تحریک شده را افزایش داد، افزایش ضخامت لایه می‌باشد در حالی که لایه‌های ضخیم هم گران بوده و هم زمان پوشش‌دهی آن بالا است و میزان موادی که برای پوشش نیاز داریم زیاد می‌باشد. ماندگاری، وضوح نوری و خواص مورد نیاز برای یک پوشش روی شیشه، در لایه‌های ضخیم ضعیف‌تر می‌باشد، در حالی که برای اکثر کاربردهای دیگر این مشکلات کمتر مورد توجه می‌باشد [۶].



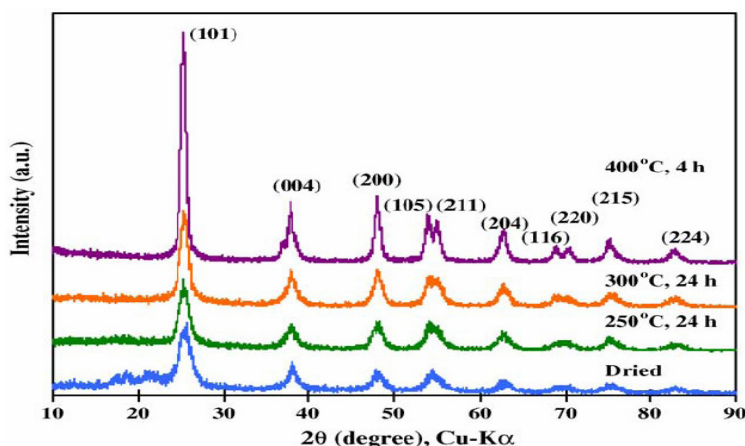
شکل ۴- تصاویر TEM از لایه‌های تیتانیا با ضخامت‌های (A) 50، (B) 360 نانومتر.

۴-۲- اثر شکل و اندازه ذرات بر خاصیت فتوکاتالیستی

شکل و اندازه ذرات با توجه به اثری که بر روی سطح ویژه پودر دارند، خاصیت فتوکاتالیستی تیتانیا را شدیداً تحت تاثیر قرار می‌دهند. به همین علت محققان به فکر تهیه پودرهای متخلخل با سطح ویژه بسیار بالا افتادند. پس از ساخت پودرهای مزوپور^۱ برای اولین بار توسط ینگ و انتونیلی که با استفاده از یک سورفکتانت فسفری تهیه شد، روش‌های مختلفی برای ساخت ذرات مزوپور ابداع شده است [۱۰]. پودرهای مزوپور پودرهایی هستند که تخلخل در ابعاد حدود ۱۰ nm دارند. از خواص این پودرها سطح ویژه بسیار بالا و توزیع یکنواخت اندازه حفره‌های درون ذرات است [۱۱]. تجربیات آزمایشگاهی کوشیتانی و همکارانش نشان داده‌اند که تهیه پودرها به صورت مزوپور خواص فتوکاتالیستی آن‌ها را تا چندین برابر افزایش می‌دهد [۱۲].

۴-۳- اثر شرایط کلسیناسیون بر خاصیت فتوکاتالیستی

واضح است که با بالا رفتن زمان و دمای کلسیناسیون، تمایل به تشکیل فازهای پایدارتر افزایش می‌یابد. پس در سنتز به روش سل - ژل که در اثر کلسیناسیون ابتدا فاز نیمه پایدار آاناتاز و سپس فاز پایدار روتایل تشکیل می‌شود. دما و زمان نامناسب می‌تواند موجب عدم تشکیل فاز آاناتاز یا تشکیل فاز روتایل شود. همان طور که گفته شد فاز آاناتاز خاصیت فتوکاتالیستی بهتری نسبت به روتایل از خود نشان می‌دهد. بنابراین شرایط کلسیناسیون در پروسه ساخت نانو ذرات تیتانیا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شکل ۵، اثر شرایط مختلف کلسیناسیون را بر تشکیل فاز آاناتاز از ژل نشان می‌دهد. همان طور که انتظار داریم آنالیز XRD نشان می‌دهد که افزایش زمان و دمای کلسیناسیون موجب بهبود تشکیل فاز کریستالی آاناتاز از ژل خشک شده است [۱۲]. همان طور که گفته شد تیتانیا به فرم‌های آمورف، بروکیت، آاناتاز و روتایل وجود دارد. روتایل تنها پلی‌مورف تیتانیا است که در محیط از لحاظ ترمودینامیکی پایدار است، در حالی که دو فاز دیگر یعنی آاناتاز و بروکیت به دلیل شرایط سینتیکی به وجود می‌آیند و از لحاظ ترمودینامیکی نیمه پایدار هستند. فازهای روتایل و آاناتاز از این ماده بیشتر شناخته شده و مورد استفاده هستند. فاز آاناتاز فعالیت فتوکاتالیستی بیشتری از خود نشان می‌دهد [۱۳] و ساختار این فاز از اهمیت بیشتری برخوردار است [۱۴].



شکل ۵- اثر شرایط کلسیناسیون بر شدت پیک فاز آاناتاز

¹ Mesoporous

در اثر کلسیناسیون، تیتانیا از حالت آمورف به آناز و از آناز به روتایل تغییر شکل می‌دهد. دمای انجام استحاله‌های فازی در تیتانیا با توجه به نوع ماده اولیه و روش سنتز متفاوت است. در مراجع دمای تبدیل فازی از حالت آمورف به ساختار کریستالی آناز حدود $350 - 400^{\circ}\text{C}$ ذکر شده است [۱۵]. در برخی مراجع [۳۵] دمای استحاله آناز-روتایل در محدوده $700 - 900^{\circ}\text{C}$ ذکر شده است [۱۶]. در حالی که در برخی دیگر دمای این استحاله فازی در محدوده دمایی $600 - 800^{\circ}\text{C}$ ذکر شده است [۱۷]. در تحقیقی که توسط جیانگ و همکارانش صورت گرفت، دمای استحاله آناز-روتایل بین $500 - 600^{\circ}\text{C}$ به دست آمد [۱۸]. کیم و همکاران نیز به بررسی اثر دمای کلسیناسیون روی ساختار کریستالی پوشش تیتانیا روی شیشه کوارتز پرداختند. نتایج آنالیز XRD از نمونه‌های سنتز شده حاکی از این بود که در دماهای کلسیناسیون پایین‌تر از 300°C ساختار تیتانیا حاصل آمورف بوده [۳۶]. ولی وقتی دمای کلسیناسیون به 400°C افزایش یافت، ساختار از حالت آمورف به ساختار کریستالی آناز تبدیل شده و با افزایش بیشتر دما تا 1000°C ساختار کریستالی روتایل حاصل گردید [۱۸].

۴-۴- اثر افزودنی‌ها بر خاصیت فتوکاتالیستی

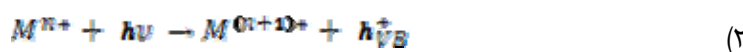
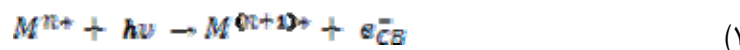
مختصان سعی بر آن دارند که خواص تیتانیا را با افزودن یون‌های فلزات مختلف بهبود بخشند [۳۵]. افزودن یون‌های فلزات به درون این ماده دو اثر می‌تواند [۳۶] داشته باشد:

(الف) تغییر طول موج جذبی توسط ماده: با تغییر طول موج نور جذبی از اشعه ماوراءبنفش به نور مرئی، می‌توان بازده را افزایش داد. با توجه به این که نور مرئی 45% و اشعه ماوراءبنفش فقط 5% از نور خورشید را تشکیل می‌دهند، بنابراین تلاش محققان در جهت کاربرد تیتانیا تحت تابش نور خورشید برای بهبود خواص فتوکاتالیستی بوده است.

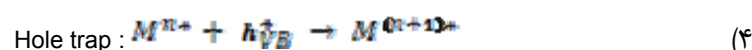
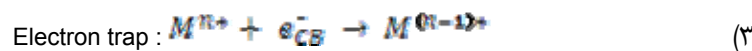
(ب) افزایش بازده فتوکاتالیست: با مانع شدن از ترکیب مجدد^۱ ناقل‌ها با یکدیگر.

فلزات نجیب [۲۷]، مثل Cu, Ni, Ag, Pt, Au, Pd, Rh برای افزایش فعالیت فتوکاتالیستی بسیار موثر هستند [۳۱]. وقتی سطح فرمی فلزات نجیب پایین‌تر از سطح فرمی تیتانیا می‌باشند، الکترون‌های تهییج شده در اثر تابش فوتون‌ها، می‌توانند از باند هدایت تیتانیا به باند هدایت ذرات فلزی رسوب داده شده در سطح تیتانیا انتقال داده شوند، در حالی که حفره‌های تولید شده در باند ظرفیت تیتانیا باقی می‌مانند. این فرآیند احتمال ترکیب مجدد جفت الکترون-حفره را کاهش داده و بدین ترتیب بازده واکنش‌های فتوکاتالیستی را افزایش می‌دهد [۸].

دوپ کردن^۲ یون فلزات انتقالی و یون فلزات کمیاب حاکی نیز جهت افزایش خواص فتوکاتالیستی [۲۴] مورد بررسی قرار داده شده‌اند [۲۵]. دوپ کردن یون‌های فلزی می‌تواند گستره‌ی اثر گذاری فوتون را در محدوده نور مرئی بهتر کند. یا قرارگیری یون‌های فلزی در شبکه تیتانیا، سطوح انرژی ناخالصی در باند ممنوعه تیتانیا تشکیل می‌شود [۳۵] که به صورت روابط زیر توصیف می‌شوند:



که در روابط بالا M و M^{n+} فلز و یون فلزی ذوب شونده می‌باشند [۳۶]. همچنین انتقال الکترون (حفره) بین یون‌های فلزی و تیتانیا می‌تواند ترکیب مجدد الکترون-حفره را به صورت زیر تغییر دهند:



سطح انرژی $M^{n+} / M^{(n+1)+}$ باید از لبه باند هدایت تیتانیا با علامت منفی، کمتر باشد در حالی که سطح انرژی $M^{n+} / M^{(n-1)+}$ باید با علامت مثبت کمتر از لبه باند ظرفیت تیتانیا باشد.

¹ Recombination
² Doping

در واکنش‌های فتوکاتالیستی، حامل‌های بار به همان اندازه حامل‌های به دام افتاده مهم بوده و در میزان فعالیت فتوکاتالیستی موثر می‌باشند. تنها در صورتی واکنش‌های فتوکاتالیستی اتفاق می‌افتد که الکترون و حفره‌های به دام افتاده به سطح منتقل شوند. بنابراین دوپ کردن یون‌های فلزی باید در نزدیکی سطح باشد تا انتقال بار بهتری در فرایندهای فتوکاتالیستی صورت پذیرد [۳۵]. در مواردی که دوپ کردن در لایه به صورت عمیق باشد، یون‌های فلزی به صورت مراکز ترکیب مجدد الکترون‌ها و حفره‌ها عمل کرده و سبب کاهش فعالیت فتوکاتالیستی می‌شود. همچنین یک میزان بهینه‌ای برای غلظت یون‌های دوپ شونده فلزی می‌باشد که در مقادیر بالای این حد، به علت افزایش ترکیب مجدد حامل‌های بار، فعالیت فتوکاتالیستی کاهش می‌یابد [۳۶]. در میان ۲۱ یون فلزی مطالعه شده، یون‌های فلزی Ru, Fe, Mo, V, Re می‌توانند فعالیت فتوکاتالیستی را افزایش دهند [۲۴]. تاثیرات مختلف یون‌های فلزی از میزان توانایی یون‌های فلزی در به دام انداختن یا انتقال الکترون - حفره‌ها مشخص می‌شود. به عنوان مثال یون‌های مس و آهن نه تنها الکترون‌ها بلکه حفره‌ها را نیز می‌توانند به دام ببندازند. در این حالت انرژی ناخالص تولید شده در نزدیکی باند هدایت به خوبی لبه‌های باند ظرفیت تیتانیا می‌باشد. بنابراین دوپ شدن یون‌های فلزی مس و آهن جهت افزایش خواص فتوکاتالیستی پیشنهاد شده است [۲۴]. ناخالصی‌ها به صورت عمده می‌توانند روی خواص فتوکاتالیستی تیتانیا و در غلظت‌های پایین تاثیرگذار باشند. مطالعه بر روی فتوکاتالیست‌های ویژه نشان داده که حضور ۱۰٪ روتایل در زمینه آنازاز میزان فتوکاتالیستی در ذرات میکرو اندازه را بیشتر از ذرات نانویی کاهش می‌دهد. بسته به روش استفاده شده جهت پوشش‌دهی، دوپ شونده می‌تواند به صورت تک فاز ترکیب شده با اکسید یا یک فاز جداگانه وجود داشته باشد و دوپ‌شونده‌های ویژه بسته به نوع آنها رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند. دوپ‌شونده‌های فلزات انتقالی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است و زمانی که به صورت ترکیب شده با فاز اکسید باشند بر اساس تاثیرشان به دو حالت، حالت اکسیداسیون پایین و حالت اکسیداسیون بالا تقسیم می‌شوند. فلزات با حالت اکسیداسیون پایین‌تر از +۴ مثل Co^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} ، میزان فعالیت فتوکاتالیستی را کاهش می‌دهند در حالی که فلزات با حالت اکسیداسیون بالاتر مثل Mo^{5+} , Nb^{5+} , W^{6+} میزان فعالیت فتوکاتالیستی را افزایش می‌دهند [۷]. روش‌های مختلفی جهت بهبود خاصیت فتوکاتالیستی پوشش‌های تیتانیا، تحت نور مرئی استفاده شده که از جمله آنها می‌توان به روش‌های زیر اشاره کرد:

- روشی جهت جایگزینی Ti در تیتانیا با یکی از فلزات انتقالی [۲۶].
- روشی جهت شرکت جاهای خالی اکسیژن در تیتانیا.
- روشی جهت جایگزینی اکسیژن در تیتانیا با نیتروژن.
- روشی جهت جایگزینی اکسیژن در تیتانیا با کربن.

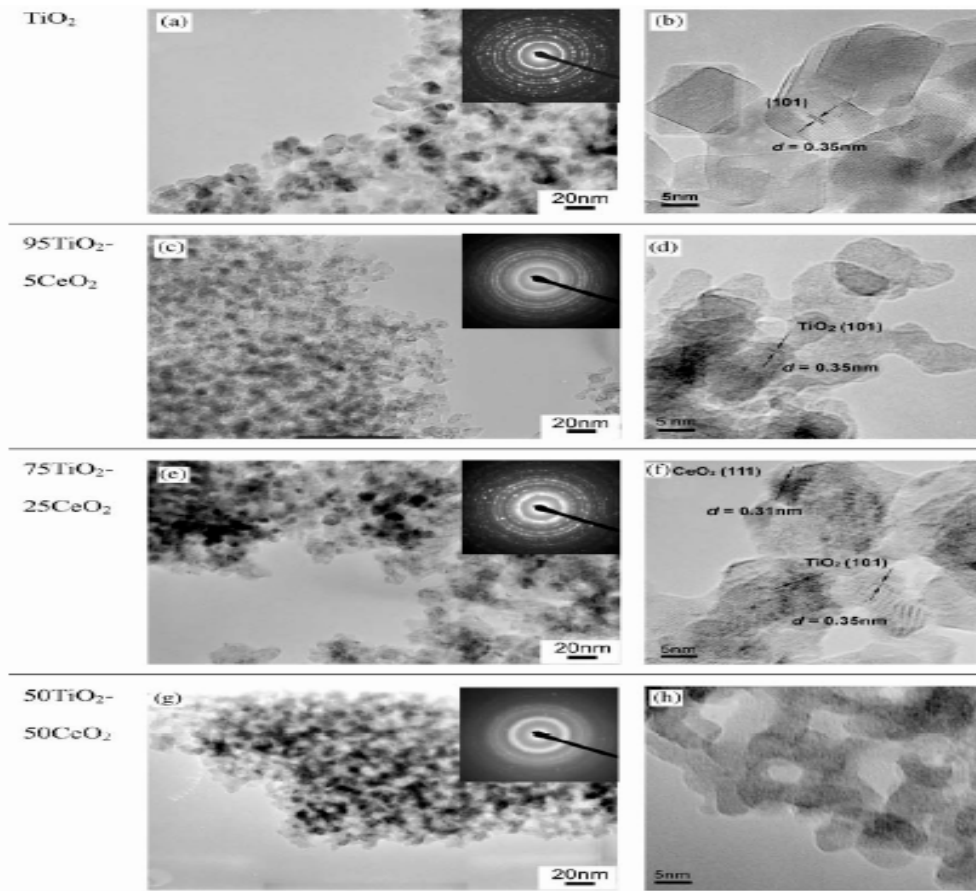
می‌توان نانوذرات را در پوشش‌هایی که به وسیله سل - ژل یا رسوب‌دهی چرخشی سنتز شده‌اند، وارد شبکه تیتانیا نمود. نانوذرات فلزی طلا و پلاتین می‌توانند در افزایش میزان فتوکاتالیستی تیتانیا با عمل بارهای جداگانه همکاری کنند. بدین صورت که الکترون تحریک شده از باند هدایت نیمه هادی به فلز انتقال می‌یابد و بدین ترتیب مانع از ترکیب مجدد الکترون - حفره می‌شوند [۳۵]. سپس الکترون‌های تجمع کرده روی ذرات فلز به روی سطح ذرات جذب شده‌ای که روی سطح احیا شده‌اند، رفته و منجر به افزایش سرعت خودتمیزشوندگی شوند زیرا میزان احیاء روی سطح ذرات فلزی سریع‌تر از میزان احیاء روی ذرات نیمه هادی می‌باشند. نیمه هادی‌هایی با فازهای جدا از هم می‌توانند هم به صورت نانوذرات مشارکت کرده و هم به صورت لایه‌های جدا از هم، با تیتانیا جفت شوند [۳۶]، که منجر به اتصال غیر همگنی نیمه‌هادی‌ها می‌شود. در چنین فصل مشترک‌هایی، الکترون‌ها و حفره‌ها بسته به میزان انرژی بین باند هدایت و ظرفیت، بین فازها مهاجرت می‌کنند. این فرآیند فاز تیتانیا را بر حسب ماهیت نیمه‌هادی، اکتیو و غیر اکتیو می‌سازد. بر حسب جفت شوندگی نیمه‌هادی‌های جذب کننده نور مرئی مثل CdS, WS₂ یا تیتانیا، نور مرئی می‌تواند بارهای حامل را به فاز تیتانیا انتقال داده که در نهایت سبب افزایش فتوکاتالیستی و آبدوستی می‌شود [۷].

پاواسوپره و همکارانش اکسیدهای فلزی مختلفی را در کنار تیتانیا مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که با افزودن مقدار مناسب از CeO₂ به تیتانیا می‌توان طول موج جذبی را به سمت طول موج‌های مرئی تغییر داد. مشاهدات این گروه نشان داد که با افزودن این اکسید تا ۵٪ مولی، فاز آنازاز همچنان تشکیل می‌شود و هنوز اثری از تشکیل فاز مکعبی CeO₂ مشاهده نشده است

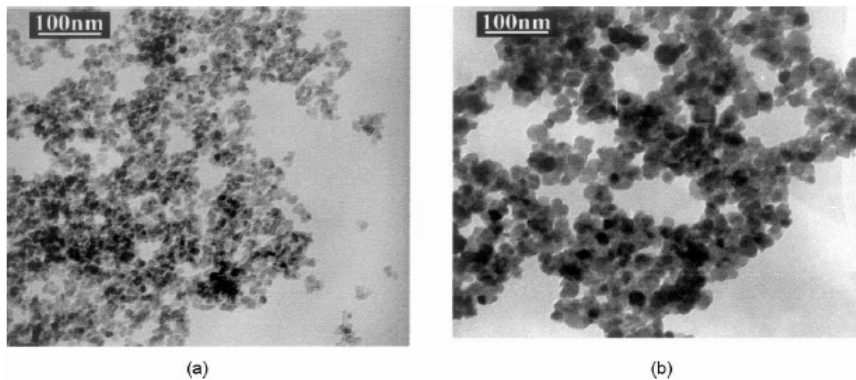
[۲۷]. عکس‌های TEM گرفته شده از این پودرها نشان می‌دهد که با افزایش مقدار CeO_2 اندازه ذرات کمی کوچکتر شده‌اند (شکل ۶).

یوان و همکارانش نشان دادند، افزودن همزمان یون‌های Fe^{+3} و Zn^{+2} به درون ساختار تیتانیا موجب بهبود چشمگیر خواص فتوکاتالیستی آن می‌شود [۲۸]. تصاویر TEM مربوط به الف) با و ب) بدون دوپ شدن همزمان این دو یون به داخل ساختار در شرایط آنیل در دمای 500°C به مدت ۲ ساعت در شکل ۷ نشان داده شده است. تحقیقات زیادی برای اصلاح تیتانیا پیشنهاد شده که شامل:

- تیتانیای القاء شده با یون فلزی [۲۹] (استفاده از فلزات انتقالی: Cu, Co, Ni, V, Cr, Mn, Mo, Fe, Ru, Pt) [۳۱].
- فتوکاتالیست TiO_x احیا شده (Reduced TiO_x photocatalysts)
- فتوکاتالیست تیتانیای دوپ شده با غیر فلزات (مثل: N, S, C, B, P, I) [۳۲].

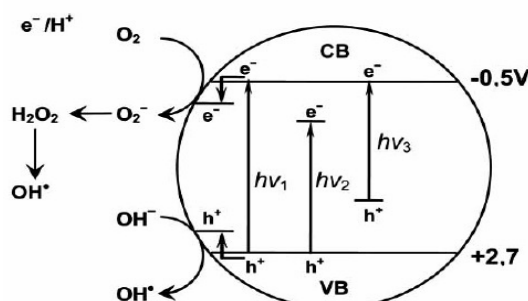


شکل ۶- تصاویر TEM و SAED و HRTEM از نانو پودرهای سنتز شده [۲۷].



شکل ۷- تصاویر TEM مربوط به الف) با و ب) بدون دوپ شدن همزمان [۲۸].

فتواکتیویته تیتانیای دوپ شده با فلز تحت نور مرئی می‌تواند با ایجاد یک سطح انرژی جدید در باند ممنوعه تیتانیا به وسیله پراکنده سازی نانوذرات فلزی در زمینه تیتانیا توجیه گردد [۳۳]. با توجه به شکل ۸، الکترون می‌تواند با انرژی برابر $h\nu_2$ به CB تیتانیا برود [۳۵]. علاوه بر این ویژگی فلزات انتقالی (پایین آوردن سطح CB تیتانیا)، اضافه شدن فلزات انتقالی در زمینه تیتانیا، باعث به دام افتادن الکترون‌ها و کاهش ترکیب مجدد جفت الکترون - حفره می‌شود که منجر به افزایش فعالیت فتوکاتالیستی می‌گردد [۳۴].



شکل ۸ - مکانیزم فتوکاتالیست تیتانیا: $h\nu_1$: تیتانیای خالص و $h\nu_2$: تیتانیای دوپ شده با فلز، $h\nu_3$: تیتانیای دوپ شده با غیرفلزات [۳۳ و ۳۴].

۵- نتیجه گیری

نانو ذرات تیتانیا به دلیل دارا بودن خواصی از قبیل قیمت پایین، پایداری شیمیایی یا خنثی بودن شیمیایی و بیولوژیکی، در دسترس و غیرسمی بودن، زیست سازگاری و خواص فیزیکی، نوری و الکترونیکی پرکاربردترین فتوکاتالیست در تخریب بسیاری از ترکیبات آلی، باکتری‌ها، ویروس‌ها و تصفیه آب می‌باشد. بهبود عملکرد فتوکاتالیست‌ها به شدت به فناوری نانو وابسته است. نانوفتوکاتالیست‌ها خواص فتوکاتالیستی و استفاده‌های تجاری بهتری دارند و پژوهشگران در جستجوی روش‌های جدیدی برای تهیه نانوفتوکاتالیست‌های جامد هستند که به طور مؤثر بتوانند انرژی خورشید را به انرژی شیمیایی تبدیل کنند لذا در این مقاله مروری سعی شده به بررسی مختصری از عوامل مؤثر بر خاصیت پوشش‌های فتوکاتالیستی نانو ذره اکسید تیتانیم پرداخته شود که با افزایش ضخامت پوشش فتوکاتالیست تیتانیا پیک‌های مربوط به فاز آناتاز قوی‌تر شده در نتیجه با افزایش ضخامت تیتانیا، کریستالیزاسیون بهتر صورت می‌گیرد و ضخامت موجب پوشاندن اثر نفوذ یون دوپنت فلزی به درون ساختار شده است. یکی دیگر از عوامل مهم بر خاصیت پوشش‌های فتوکاتالیستی که در این چند دهه تحقیقات فراوانی بر روی آن انجام شده، دوپ کردن انواع یون‌های فلزی و غیرفلزی در ساختار تیتانیا است که باعث تغییر طول موج نور جذبی از اشعه ماوراءبنفش به نور مرئی و مانع شدن از ترکیب مجدد ناقل‌ها با یکدیگر می‌شود که این امر منجر به افزایش خاصیت فتوکاتالیستی نانوذرات تیتانیا می‌شود. عواملی دیگری همچون تهیه پودرها به صورت مزوپور خواص فتوکاتالیستی آن‌ها را تا چندین برابر افزایش می‌دهد و اثر کلسیناسیون که تیتانیا را از حالت آمورف به آناتاز و از آناتاز به روتایل تغییر شکل می‌دهد. دمای انجام استحال‌های فازی در تیتانیا با توجه به نوع ماده اولیه و روش سنتز متفاوت است.

مراجع

- [1] Gnaser. H, Huber. B, and Ziegler. C., "Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology", American Scientific Publisher, New York, (2004).
- [2] Thompson. T. L, and Yates. J. T., "Surface Science Studies of the Photoactivation of TiO_2 -New Photochemical Processes", Chem. Rev., 106, 4428-4453, (2006).
- [3] هوایی، م و کاظمی، م و کاظمی، د، پایان نامه‌های فناوری نانو مرتبط با دی اکسید تیتانیوم. مجله فناوری نانو، سال ۹، شماره ۴ ص ۳۵-۳۰، ۱۳۸۹.
- [4] Chen. X, Mao. S.S, "Titanium Dioxide Nanomaterials: Synthesis, Properties, Modification and Applications", Chem. Rev. 107 (2007) 2891-2959.
- [5] Carp, O., Huisman, C. L., & Reller, APhotoinduced Reactivity of Titanium Dioxide. Journal of Progress in

- Solid State Chemistry, 32, 33-177, (2004).
- [6] Kavan. L, GraTzel. M, Gilbert. S.E, Klemenz. C, Scheel. H.J, "Electrochemical and Photoelectrochemical Investigation of Single-Crystal Anatase", J. Am. Chem. Soc. 118 (1996) 6716-6723.
- [7] Parkin. I. P, Palgrave. R. G, "Self-Cleaning Coatings", Journal of Materials Chemistry, 15 (2005) 1689–1695.
- [8] Ni. M, Leung. M.K.H, Leung. D.Y.C, Sumathy. K, "A Review and Recent Developments in Photocatalytic Water-Splitting Using TiO₂ For Hydrogen Production", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11 (2007) 401–425.
- [9] Shang. J, Li. W, Zhu. Y, "Structure And Photocatalytic Characteristics of TiO₂ Film Photocatalyst Coated on Stainless Steel Webnet"; Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 202 (2003) 187–195.
- [10] Antonelli. D. M, Ying. J. Y, "Synthesis of Hexagonally Packed Mesoporous TiO₂ By A Modified Sol-Gel Method", Angewandte Chemie, 34 (1995) 2014-2017.
- [11] Sreethawong. T, Yamada. Y, Kobayashi. T, Yoshikawa. S, "Catalysis of Nanocrystalline Mesoporous TiO₂ On Cyclohexene Epoxidation With H₂O₂: Effects of Mesoporosity and Metal Oxide Additives", Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 241 (2005) 23–32.
- [12] Koshitani. N, Sakulkhaemaruehai. S, Suzuki Y, Yoshikawa. S, "Preparation of Mesoporous Titania Nanocrystals Using Alkylamine Surfactant Templates", Ceramics International, 32 (2006) 829-824.
- [13] Melghit. K, Al-Rabaniah. S. S, Al-Amri. I, "Low Temperature Preparation and Characterization of Nanospherical Anatase TiO₂ and Its Photocatalytic Activity on Congo Red Degradation Under Sunlight" Ceramics International 34 (2008) 479-483.
- [14] Sivalingam. G, Nagaveni K, Hegde. M.S, Madras. G, "Photocatalytic Degradation of Various Dyes By Combustion Synthesized Nano Anatase TiO₂", J. Applied Catalysis B: Environmental 45 (2003) 23-38.
- [15] [2 Thin Films Prepared By Sol-Gel Dip Coating", Materials Letters, 57 \(2002\) 355-360.](http://www-scopus-com.ezlibproxy1.ntu.edu.sg/record/display.url?eid=2-s2.0-3042732317&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Influence+of+calcination+temperature+on+structural+and+optical+properties+of+TiO2+thin+films+prepared+by+sol-gel+dip+coating&sid=wqXklAzP81Ub3_LkzPRTvy%3a220&sot=b&sdt=b&sl=139&s=TITLE-ABS-KEY%28Influence+of+calcination+temperature+on+structural+and+optical+properties+of+TiO2+thin+films+prepared+by+sol-gel+dip+coating%29&relpos=0&relpos=0&searchTerm=TITLE-ABS-KEY%28Influence%20of%20caKim. D.J, Hahn. S.H, Oh. S.H, Kim. E.J,)
- [16] Bala. H, Guo. Y, Zhao. X, Zhao. J, Fu. W, Ding. X, Jiang. Y, Wang. Z, "Controlling the Particle Size of Nanocrystalline Titania Via A Thermal Dissociation of Substrates With Ammonium Chloride"; Materials Letters 60 (2006) 494–498.
- [17] Negishi. N, Takeuchi. K, "Structural Changes of Transparent TiO₂ Thin Films With Heat Treatment", J. Mater. Lett. 38 (1999) 150-153.
- [18] Li. J, Ye. Y, Shen. L, Chen. J, Zhou. H, "Densification and Grain Growth During Pressureless Sintering of TiO₂ Nanoceramics"; Materials Science and Engineering A 390 (2005) 265–270.
- [19] Wu. N.L, Lee. MS, "Enhanced TiO₂ Photocatalysis By Cu in Hydrogen Production From Aqueous Methanol Solution" Int. J. Hydrogen Energy, 29 (2004) 1601–1605.
- [20] John. St. MR, Furgals. A.J, Sammells. A.F, "Hydrogen Generation By Photocatalytic Oxidation of Glucose By Platinized N-TiO/Sub2/Powder", J. Phys Chem, 87 (1983) 801-805.
- [21] Park. H, Lee. J, Choi. W, "Study of Special Cases Where the Enhanced Photocatalytic Activities of Pt/TiO₂ Vanish Under Low Light Intensity", Catalysis Today 111 (2006) 259–265.
- [22] Tseng. I.H, Chang. W.C, Wu. J.C.S, "Photoreduction of CO₂ Using Sol–Gel Derived Titania and Titania-Supported Copper Catalysts", Appl Catal B Environ, 37 (2002) 37-48.
- [23] Kamat. P.V, Flumiani. M, Dawson. A, "Metal-Metal and Metal-Semiconductor Composite Nanoclusters", Colloids and Surfaces A-Physicochemical and Engineering Aspects, 202 (2002) 269-279.
- [24] Choi. W.Y, Termin. A, Hoffmann. M.R, "The Role of Metal-Ion Dopants in Quantum-Sized TiO₂: Correlation Between Photoreactivity and Charge-Carrier Recombination Dynamics", J Phys Chem, 84 (1994)13669-13679.
- [25] Xu. J.C. Shi. Y.L. Huang. J.E, B.Wang. Li. H.L, "Doping Metal Ions Only Onto the Catalyst Surface", J Mol Catal A: Chem, 219 (2004) 351-355.
- [26] Maruska. H.P, Ghosh. A.K, "Transition-Metal Dopants for Extending the Response of Titanate Photoelectrolysis Anodes", Solar Energy Materials, 1 (1979) 237-247.
- [27] Pavasupree. S, Suzuki. Y, Pivsa-Art. S, Yoshikawa. S, "Preparation and Characterization of Mesoporous MO₂ (M = Ti, Ce, Zr, and Hf) Nanopowders By A Modified Sol–Gel Method"; Ceramics International 31 (2005) 959–963.
- [28] Yuan. Z.H, Jia. J.H, Zhang. L.D, "Influence of co-doping of Zn²⁺ and Fe³⁺ on the Photocatalytic Activity of TiO₂ For Phenol Degradation", Materials Chemistry and Physics 73 (2002) 323–326.
- [29] Anpo. M, "Use of Visible Light. Second-Generation Titanium Dioxide Photocatalysts Prepared By the Application of an Advanced Metal Ion-Implantation Method", Pure Appl Chem, 72 (2000) 1787-1792.
- [30] Fuerte. M, Maira. A.J, Martinez-Arias. A, Fernandez-Garcia. M, Conesa. J.C, Soria. J, "Visible Light-Activated Nanosized Doped-TiO₂ Photocatalysts", Chem Commun 24 (2001) 2718-2719.
- [31] Yamashita. H, Harada. M, Misaka. J, "Application of Ion Beam Techniques For Preparation of Metal Ion-Implanted TiO₂ Thin Film Photocatalyst Available Under Visible Light Irradiation: Metal Ionimplantation and Ionized Cluster Beam Method", J Synchrotron Rad 8 (2001) 569-571.
- [32] Ohno. T, Mitsui. T, Matsumura. M., Photocatalytic Activity of S Doped TiO₂ Photocatalyst under Visible

- Light. Chem Lett 32 (2003) 364-365.
- [33] Hoffmann. M.R, Martin. S.T, Choi. W, and Bahnemann. D.W, "Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis", Chem. Rev., 95 (1995) 69-96.
- [34] Fijushima. A, Rao. T.N, Tryk. D.A, "Titanium Dioxide Photocatalysis", J Photochem Photobiol C Photochem Rev, 1 (2000) 1-21.
- [۳۵] علمی فریمان، ن.، اثر افزودنی‌های همزمان Nb و V بر خواص ساختاری و نوری لایه نازک اکسید تیتانیوم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ملایر، ص ۹۹-۱۲، شهریور، ۱۳۹۴.
- [36] Koozegar Kaleji. B, A'Alami Fariman. N, Hosseinabadi. N, "Fabrication of Nb/V co-doped TiO₂ thin film and study of structural, optical and photocatalytic properties" Int. J. Nano Dimens., 8 (3): 265-273, Summer 2017.

مروری بر سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار

نوید عطازاده*، مینا سعیدی حیدری، حمیدرضا بهاروندی

دانشگاه صنعتی مالک اشتر



Atazadeh_navid@yahoo.com

مهندس نوید عطازاده،
نویسنده‌ی اول مقاله، دانشگاه
صنعتی مالک اشتر

چکیده: تیتانیوم سیلیکون کاربید (Ti_3SiC_2) یکی از متداول‌ترین مکس فازها است که به علت ساختار لایه‌ای دارای خواص منحصر به فردی است. جالب‌ترین خاصیت Ti_3SiC_2 این است که می‌توان آن را به صورت شکل‌های پیچیده ماشین‌کاری نمود. همچنین به دلیل کاربردهای متنوع مانند روکش‌های ضد تشعشع در صنایع هسته‌ای، سرویس‌دهی در دمای بالا و متوسط، سرویس‌دهی در شرایط مقاوم در برابر ضربه و شوک حرارتی و المنت‌های گرمایی؛ این نوع از مکس فاز بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. طیف گسترده‌ای از روش‌های سینتر مختلف در دماهای بالا برای سنتز این ماده به کار برده می‌شود که در این بین روش سینتر بدون فشار برتری‌های بسیاری دارد. در این مقاله سعی شده است تا تاثیر دمای سینتر و افزودنی‌های مختلف بر سینتر بدون فشار مکس فاز Ti_3SiC_2 مورد بررسی قرار گیرد.
کلمات کلیدی: مکس فاز، Ti_3SiC_2 ، سینتر بدون فشار..

۱- مقدمه

تحقیقات دانشمندان علم مواد به کشف دسته‌ای از مواد با عنوان «مکس فازها» منجر شده است. مکس فازها (که به آنها سرامیک‌های فلزی نیز گفته می‌شود) دارای رفتارهای دوگانه‌ای از خواص فلزات و سرامیک‌ها می‌باشند. این بدان معنا است که این دسته از مواد نه تنها خواص سرامیک‌ها را دارند، بلکه برخی از خواص فلزات را نیز دارا می‌باشند. به همین دلیل، این مواد نسبت به مواد دیگر، خاص‌تر هستند. مکس فازها مجموعه‌ای از خواص بی‌نظیر را ارائه می‌دهند که حلال بسیاری از مشکلات امروزه می‌باشند. این مواد مانند یک فلز قابلیت ماشین‌کاری دارند و هدایت حرارتی و الکتریکی مناسبی از خود نشان می‌دهند. همچنین در برابر شوک‌های حرارتی مقاوم هستند و در دماهای بالا در شرایط اعمال بارهای دینامیکی نیز خواص خود را حفظ می‌کنند و مانند سرامیک‌ها، دیرگداز، در برابر اکسیداسیون مقاوم و سفت^۲ هستند و دانسیته نسبتاً کمی دارند. این ویژگی‌ها باعث شده است که مکس فازها کاندیدای مناسبی برای جایگزینی فلزات دما بالا و سرامیک‌ها در صنعت هوا فضا و ... باشند [۱]. این خواص شگفت‌آور از ساختار لایه‌ای مکس فازها و ماهیت پیوندهای کووالانسی فلزی که باندهای M-X در آنها فوق‌العاده قوی و باندهای M-A نسبتاً ضعیف هستند، سرچشمه می‌گیرند [۲-۴]. ترکیب Ti_3SiC_2 خواص سرامیکی برجسته‌ای مانند نقطه ذوب بالا ($3000^\circ C$)، سفتی الاستیک (مدول یانگ ۳۲۰ Gpa)، دانسیته پایین (مقدار تقریبی $4/53 g/cm^3$)، مقاومت عالی در برابر خوردگی و مقاومت شیمیایی را از خود نشان می‌دهد. هم‌چنین دمای پایداری حرارتی آن در اتمسفر گاز خنثی یا در محیط خلا دست کم $1700^\circ C$ می‌باشد. از طرف دیگر Ti_3SiC_2 از خود خواص فلزی مانند هدایت الکتریکی نسبتاً بالا (مقدار تقریبی $10^6 \Omega^{-1} m^{-1} \times 9/6$)، هدایت حرارتی مناسب ($37 W/mk$)، سختی پایین‌تر (مقدار تقریبی ۴ Gpa)، مقاومت مناسب در برابر شوک‌های حرارتی و هم‌چنین مقاومت خوب در برابر آسیب نشان می‌دهد. علاوه بر این Ti_3SiC_2 بعد از اعمال بار فشاری ۱ Gpa کاملاً برگشت پذیر

¹ MAX phase
² Stiff

است و جالب‌ترین خاصیت Ti_3SiC_2 این است که می‌توان آن را به صورت شکل‌های پیچیده ماشین‌کاری نمود [۳]. سنتز این ماده با استفاده از روش‌های بسیاری مانند رسوب شیمیایی بخار، روش قوس، پرس ایزواستاتیک گرم، پرس گرم و سینتر جرقه پلاسما صورت گرفته است [۵]. این روش‌ها نیازمند تجهیزات خاص و مصرف انرژی بالا می‌باشند؛ به‌طوری‌که بازده تولید پایین می‌آید. فرایند عملیات در این روش‌ها پیچیده، وقت‌گیر و گران قیمت است. در این بین روش سینتر بدون فشار یک روش تجاری و مقرون به صرفه است و همچنین دارای مزایایی از جمله آماده‌سازی نمونه‌ها با اندازه بزرگ و شکل پیچیده می‌باشد، که برای ارتقای سرمایه‌هایی که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای اهمیت ویژه می‌باشد. تلاش‌های متعددی بر روی سینتر بدون فشار سرامیک‌های مکس فاز صورت گرفته است. برای سینتر بدون فشار پودرهای فشرده Ti_3SiC_2 ، تجزیه و چگالش بطور همزمان و به شکل رقابتی در حین فرایند سینتر رخ می‌دهد. بنابراین سینتر بدون فشار برای به‌دست آوردن دانسیته کامل و خواص مکانیکی خوب باید در درجه حرارت پایین‌تر انجام شود. با توجه به اینکه در روش سینتر بدون فشار عوامل مختلفی نظیر دما و زمان سینتر، افزودنی‌های مختلف و ... دارای اهمیت بسیاری می‌باشند در این مقاله سعی شده است تا گزارشی از کلیه فعالیت‌هایی که در خصوص سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2 با استفاده از روش سینتر بدون فشار صورت گرفته است انجام گیرد.

۲- تأثیر دمای سینتر بر سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2

لی^۱ و همکارانش [۶] تأثیر زمان‌ها و دماهای مختلف حرارت‌دهی را بر سنتز Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار پودرهای عنصری مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان قطعات سبز رنگی از پودرهای Ti، Si و C را با نسبت مولی ۳:۱:۲ در دماهای $1340^{\circ}C$ تا $1750^{\circ}C$ به مدت ۱۸۰-۲۰ دقیقه در خلأ سینتر نمودند. نتایج بیانگر این است که فاز قالب در محصولات حاصل، فاز Ti_3SiC_2 بوده و TiC نیز متداول‌ترین ناخالصی است. این در حالی است که قطعاتی که در دماهای بیش از اندازه بالا یا کم سینتر شده‌اند، به ترتیب حاوی فازهای $TiSi_2$ و Ti_5Si_3 بودند. علاوه بر ترمودینامیک و سینتیک واکنش، فقدان Si و آلودگی C ممکن است از دلایل اصلی برای حضور ناخالصی‌ها باشد. در جدول ۱ محصولات حاصل از سینتر نمونه‌ها در دماها و زمان‌های مختلف آورده شده است. نمونه‌های سینتر شده در دمای $1450^{\circ}C$ به مدت ۱۲۰ دقیقه شامل بیشترین میزان مکس فاز Ti_3SiC_2 و به مقدار ۸۱ درصد حجمی بودند.

جدول ۱- محصولات حاصل از سینتر در دماها و زمان‌های مختلف

Sintering schedule		Sintering products
Sintering temperature ($^{\circ}C$)	Sintering time (min)	
1340	10	Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3
1380	10	Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3
1400	20	Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3
1450	20	Ti_3SiC_2 , TiC, $TiSi_2$, Ti_5Si_3
1500	30	Ti_3SiC_2 , TiC, $TiSi_2$
1550	30	Ti_3SiC_2 , TiC, $TiSi_2$
1600	60	Ti_3SiC_2 , TiC, $TiSi_2$
1700	60	TiC, Ti_3SiC_2 , $TiSi_2$
1750	360	TiC, $TiSi_2$

لی^۲ و همکارانش [۷] تأثیر استوکیومتری را نیز در دماهای $1380^{\circ}C$ و $1450^{\circ}C$ بر سنتز پودر Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان برای سنتز Ti_3SiC_2 از پودرهای عنصری Ti، Si و C استفاده نموده‌اند. بر اساس ترکیبات فازی و خلوص محصولات به دست آمده با پراش اشعه X، ترکیب پودرهای عنصری و شرایط سینتر بهینه شده است. ترکیب مخلوط مواد اولیه (نسبت مولی)، کسر حجمی مکس فاز Ti_3SiC_2 سنتز شده از ترکیبات مختلف و نیز فازهای حاصل از سینتر بدون فشار این ترکیب‌ها در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است. این محققان دریافته‌اند که نمونه‌های سینتر شده در دمای $1450^{\circ}C$ به مدت زمان ۲۴۰ دقیقه از ترکیب $3Ti/1.75Si/2C$ حاوی ۹۳ درصد حجمی از مکس فاز Ti_3SiC_2 هستند.

¹ Li
² Li

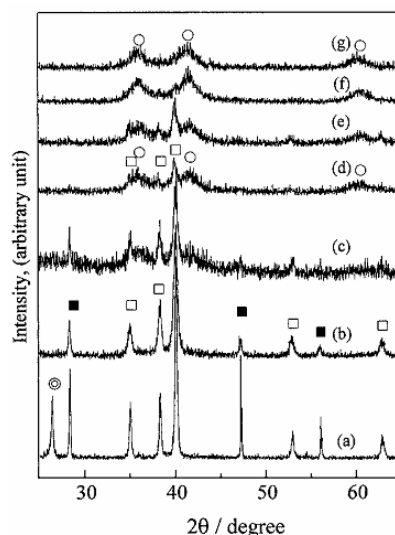
جدول ۲- ترکیب مخلوط مواد اولیه (نسبت مولی) و کسر حجمی مکس فاز Ti_3SiC_2 سنتز شده از ترکیبات مختلف

Sintering conditions		Volume fraction of Ti_3SiC_2 (%)		
T ($^{\circ}C$)	t (min)	TSC1 (3Ti + Si + 2C)	TSC2 (3Ti + 1.5 Si + 2C)	TSC3 (3Ti + 1.75Si + 2C)
1380	20	-	-	-
1450	60	-	-	-
	120	81	82	87
	180	-	91	89
	240	-	91	93
	300	-	87	90

جدول ۳- فازهای حاصل از سینتر بدون فشار ترکیب‌های مختلف

Resulting phases identified by XRD		
TSC1 (3Ti + Si + 2C)	TSC2 (3Ti + 1.5 Si + 2C)	TSC3 (3Ti + 1.75Si + 2C)
Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3 , C	Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3 , C	Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3 , $TiSi_2$, C
Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3 , $TiSi_2$, C	Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3	Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3 , $TiSi_2$
Ti_3SiC_2 , TiC	Ti_3SiC_2 , TiC	Ti_3SiC_2 , TiC
Ti_3SiC_2 , TiC, Ti_5Si_3 , $TiSi_2$	Ti_3SiC_2 , TiC	Ti_3SiC_2 , TiC
-	Ti_3SiC_2 , TiC	Ti_3SiC_2 , TiC
-	Ti_3SiC_2 , TiC	Ti_3SiC_2 , TiC, $TiSi_2$

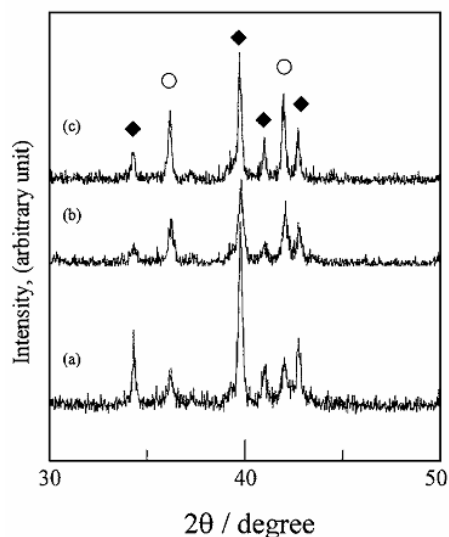
لی^۱ و همکارانش [۸] تاثیر زمان‌های مختلف آسیاب را در دماهای مختلف بر سنتز Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار پودرهای عنصری Ti، Si و C مورد بررسی قرار داده‌اند. آسیاب پودرها با استفاده از یک آسیاب ارتعاشی با بدنه‌ای از جنس فولاد زنگ نزن و گلوله‌های کروم - فولاد به قطر ۱۲/۷ میلی‌متر صورت گرفت. ترکیب استوکیومتری Ti_3SiC_2 با نسبت گلوله به پودر ۱۰۰ به ۱ و در بازه‌های زمانی مختلف ۶ تا ۸۰۰ ساعت آسیاب شد. این محققان دریافتند که آلیاژسازی مکانیکی هر دو حالت تشکیل فاز و چگالش Ti_3SiC_2 را در طول فرایند سینتر افزایش می‌دهد. شکل ۱ الگوهای XRD مخلوط‌های پودری که در مدت زمان‌های مختلف آلیاژسازی مکانیکی شدند را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ابتدا پیک‌های متعلق به کربن در مدت زمانی کوتاه بدلیل تشکیل کربن آمورف ناپدید شده‌اند [۱۷]. هنگامی که مدت زمان آلیاژسازی به ۴۸ ساعت افزایش یافته پیک‌های سیلیکون و تیتانیوم بطور قابل توجهی ضعیف شدند و در نهایت پس از ۲۰۰ و ۴۰۰ ساعت آسیاب تنها فاز TiC حاصل شده است.



شکل ۱- الگوهای XRD مخلوط‌های پودری Ti، Si و C که در مدت زمان‌های مختلف آلیاژسازی مکانیکی شدند:
 (a) Ti_3SiC_2 (b) ۶h (c) ۲۴h (d) ۴۸h (e) ۱۰۰h (f) ۲۰۰h (g) ۴۰۰h. (○: TiC, □: Ti_3SiC_2 , ●: C, ⊙: [۸])

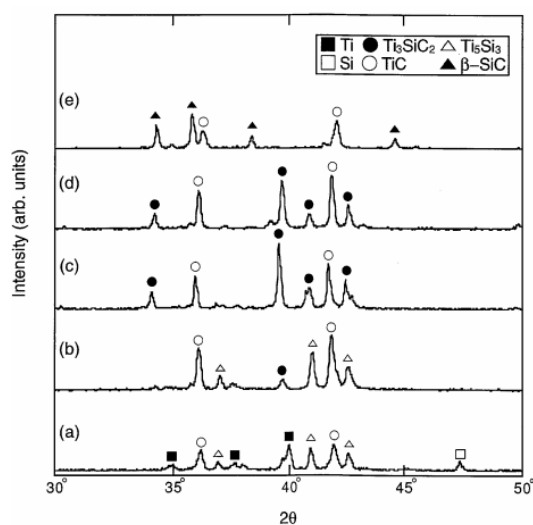
¹ Li

شکل ۲ الگوهای XRD نمونه‌های سینتر شده در دماهای مختلف با استفاده از مخلوط‌های پودری پس از ۴۰۰ ساعت آلیاژسازی مکانیکی را نشان می‌دهد. در همه دماها فاز Ti_3SiC_2 به عنوان فاز اصلی تشکیل شد؛ اگرچه که میزان فاز ثانویه TiC_x با افزایش دمای سینتر افزایش یافته است. همچنین در شکل (a) مشاهده می‌شود که به دلیل اثرات کمکی آلیاژسازی مکانیکی، مقدار قابل توجهی از فاز Ti_3SiC_2 در یک دمای نسبتاً کم نزدیک $1100^\circ C$ تشکیل شده است.



شکل ۲- الگوهای XRD نمونه‌های پودری Ti, Si و C که به مدت زمان ۴۰۰ ساعت آلیاژسازی مکانیکی و سپس در دماهای مختلف سینتر شدند. (a) $1100^\circ C$ ، (b) $1300^\circ C$ و (c) $1500^\circ C$. [۸] (\blacklozenge) Ti_3SiC_2 ، (\circ) TiC_x

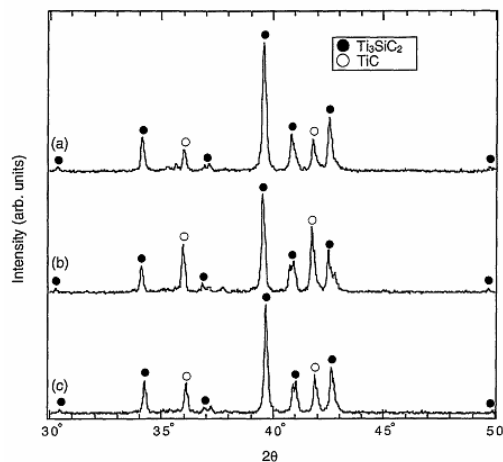
ساتو^۱ و همکارانش [۹] تاثیر روش اختلاط مواد اولیه را بر سنتز Ti_3SiC_2 از مخلوط استوکیومتری پودرهای عنصری Ti, Si و C به روش سینتر بدون فشار در دماهای $1000^\circ C$ تا $1700^\circ C$ مورد بررسی قرار داده‌اند. اختلاط در سه روش (۱) اختلاط دستی با هاون، (۲) اختلاط تر با اتانول به وسیله آسیاب گلوله‌ای به مدت زمان ۱۰۰ ساعت و (۳) اختلاط خشک با آسیاب گلوله‌ای تحت اتمسفر آرگون به مدت زمان ۵۰۰ ساعت انجام شده است. ضمن اینکه جنس بدنه و گلوله‌های آسیاب، سرامیک‌های Si_3N_4 با خلوص ۹۷٪ بودند. شکل ۳ الگوهای XRD نمونه‌های سینتر شده از پودرهای عنصری مخلوط شده به روش بالمیل تر به مدت ۱ ساعت را نشان می‌دهد.



شکل ۳- الگوهای XRD نمونه‌های سینتر شده در دماهای مختلف: (a) $1100^\circ C$ ، (b) $1300^\circ C$ ، (c) $1400^\circ C$ ، (d) $1500^\circ C$ و (e) $1700^\circ C$.

¹ Sato

در محدوده دمایی 1000°C تا 1300°C فازهای Ti_5Si_3 و TiC فازهای قالب هستند. تشکیل مکس فاز Ti_3SiC_2 در دمای حدود 1500°C شروع شده و مقدار آن به طور قابل توجهی در محدوده دمایی 1400°C و 1500°C افزایش می‌یابد. با این حال سینتر در دمای بالاتر منجر به عدم تشکیل فاز Ti_3SiC_2 و تشکیل فازهای SiC و TiC شده است. در شکل ۴ الگوهای XRD نمونه‌های حاصل از روش‌های مختلف اختلاط پودرهای اولیه سینتر شده در دمای 1400°C نشان داده شده است. با آنکه به نظر می‌رسد که خلوص بیشتر Ti_3SiC_2 باید با استفاده از بالمیل بیشتر پودرهای اولیه حاصل شود ولی نتایج XRD بیانگر آن است که میزان فاز Ti_3SiC_2 در نمونه حاصل از اختلاط پودرها به صورت دستی بیشتر می‌باشد. این نتیجه نشان دهنده آن است که همگنی اختلاط احتمالاً به علت تشکیل مایع در سراسر نمونه اهمیت کمتری دارد. به بیان دیگر، مخلوط کردن بیشتر مواد اولیه، تشکیل فاز TiC را افزایش داده و در نتیجه احتمالاً تشکیل فاز Ti_3SiC_2 به سبب کاهش میزان فاز مایع یوتکتیکی به علت کاهش مقدار Ti مشکل می‌شود.



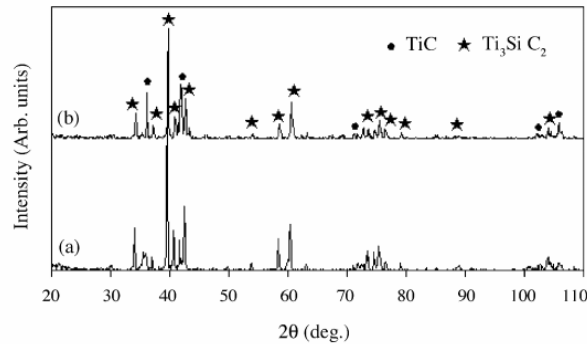
شکل ۴- الگوهای XRD محصولات واکنشی بدست آمده از سینتر بدون فشار پودرهای حاصل از اختلاط به روش‌های مختلف: (a) اختلاط دستی به مدت زمان ۰/۵ ساعت، (b) اختلاط تر به مدت زمان ۱۰۰ ساعت، (c) اختلاط خشک به مدت زمان ۵۰۰ ساعت [۹].

۳- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2

لی^۱ و همکارانش [۱۰] سنتز بدون فشار مکس فاز Ti_3SiC_2 از پودرهای عنصری Ti ، Si و C را با بکارگیری فرایند سینتر فعال شده مکانیکی مورد بررسی قرار داده‌اند. پودرهای بسیار ریز بعد از آسیاب هر دو مخلوط‌های پودری با ترکیب استوکیومتری و نیز ترکیبی با ۲۰ درصد مولی Si اضافی و به مدت ۱/۵ ساعت به دست آمدند. آلیاژسازی مکانیکی در یک آسیاب سیاره‌ای با بدنه و گلوله‌هایی از جنس فولاد زنگ نزن انجام شد. سرعت چرخش آسیاب ۵۰۰ rpm و همچنین نسبت گلوله به پودر ۲۰:۱ بود. به دلیل یک واکنش خود احتراقی القا شده مکانیکی (MSR) در طول آلیاژسازی مکانیکی، پودرهای آسیاب شده متشکل از Ti_3SiC_2 و سیلیسیدها بودند. هدف از اینکه Si اضافی به ترکیب اولیه افزوده شد، مطالعه اثر آن روی تشکیل Ti_3SiC_2 بود. شکل ۵ الگوهای XRD نمونه‌های سینتر شده در دماهای 1250°C و 1350°C را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود پس از سینتر پودرهای آسیاب شده در دمای نسبتاً کم 1250°C مقدار زیادی از Ti_3SiC_2 بدست آمده است در حالی که در فعالیت دیگری از این محققان سنتز این مکس فاز بدون عملیات آسیاب در دماهای بالای 1400°C صورت گرفته است [۱۸]. این نتیجه تایید کرده است که با استفاده از پودرهایی با ساختار ریز دمای سنتز کاهش یافته است. با این وجود، TiC بعنوان یک فاز ناخواسته در پودرهای نهایی همواره وجود داشته است، و مقدار آن با دما افزایش یافته است، بالاتر از 1350°C (شکل (b) ۵)، احتمالاً به تجزیه Ti_3SiC_2 مربوط بوده باشد. دلیل اصلی برای تشکیل Ti_3SiC_2 در دمای نسبتاً کم با استفاده از پودرهای آلیاژسازی مکانیکی شده می‌تواند به این واقعیت نسبت داده شود که در فرایند پودرهای آلیاژسازی مکانیکی مساحت سطح زیاد و همچنین عیوب و

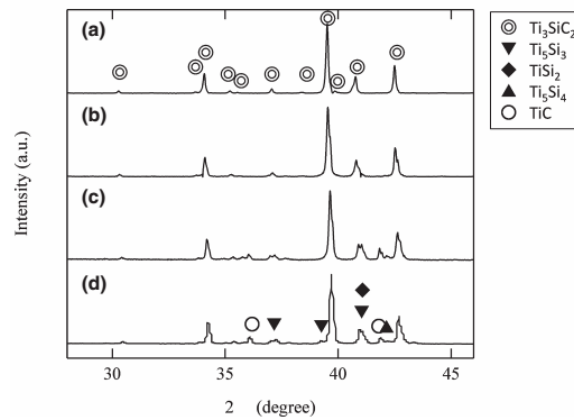
^۱. Li

کرش‌های داخلی نیز تشکیل شده است. پس از سینتر پودرهای آسیاب شده با افزودن Si در 1350°C نیز مقدار زیادی از ویسکرهای Ti_3SiC_2 یافت شده است. تشکیل ویسکرهای Ti_3SiC_2 به ظهور فازهای مذاب یوتکتیک در آن دما بستگی داشت.



شکل ۵- الگوهای XRD پودرهای آسیاب شده و سینتر شده در دماهای (a) 1250°C و (b) 1350°C [۱۰].

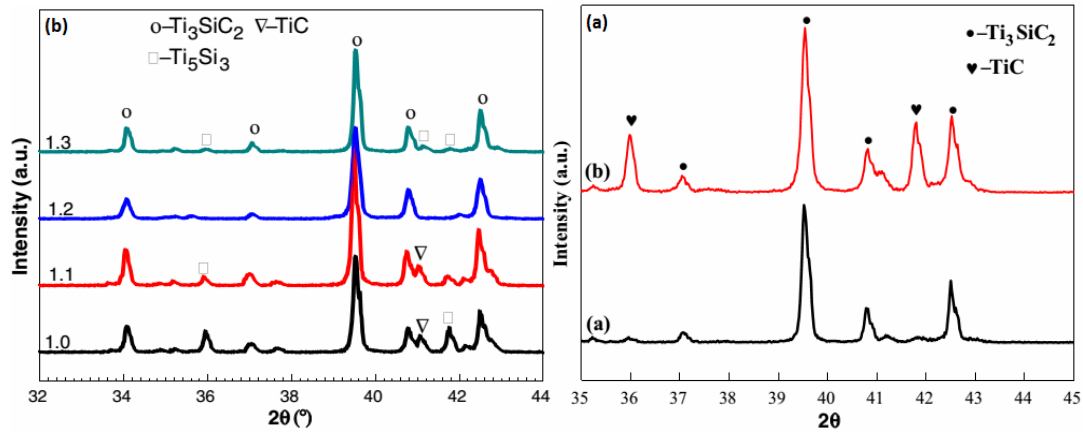
ژو^۱ و همکارانش [۵] سنتز Ti_3SiC_2 را از طریق سینتر بدون فشار در دمای 1400°C به مدت ۳۰ دقیقه مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان تاثیر Sn و Al را با استفاده از مخلوط‌های پودری $3\text{Ti}/1.2\text{Si}/2\text{C}/0.1\text{Sn}$ ، $3\text{Ti}/1.2\text{Si}/2\text{C}/0.1\text{Al}$ و $3\text{Ti}/1.2\text{Si}/2\text{C}/0.1\text{Al}$ بر سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2 بررسی نموده‌اند. نتایج بیانگر این است که افزودن مقدار مناسبی از Al، میزان سنتز Ti_3SiC_2 را افزایش داده است. مکانیسم سنتز Ti_3SiC_2 از $3\text{Ti}/1.2\text{Si}/2\text{C}/0.1\text{Al}$ با فرض واکنش‌های ما بین فازهای میانی Ti-Al و بین فلزی‌های Ti-Si و دیگر واکنش‌دهنده‌ها در پودر اولیه انجام شده است. وقوع بر هم کنش مذاب Ti-Si و Ti-Al در دماهای بالا به سنتز واکنشی Ti_3SiC_2 کمک کرده است. ساتو^۲ و همکارانش [۱۱] تاثیر Al را بر سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار در دمای 1200°C مورد بررسی قرار داده‌اند. شکل ۶ الگوهای XRD پودرهای سنتز شده با مقادیر مختلف آلومینیوم را نشان می‌دهد (ترکیب‌های پودری 1Ti ، 3Al ، 0.2TiC و $1/2\text{Si}$). همانطور که مشاهده می‌شود در نسبت‌های 0.2 و 0.3 آلومینیوم پیک‌های اصلی متعلق به Ti_3SiC_2 هستند. پودر Al در اینجا به‌عنوان عامل دی‌اکسیداسیون عمل کرده و فازی مذاب را برای واکنش فراهم کرده است.



شکل ۶- الگوهای XRD پودرهای سنتز شده با نسبت‌های مولی مختلف از Al: (a) 0.3 ، (b) 0.2 ، (c) 0.1 و (d) 0 .

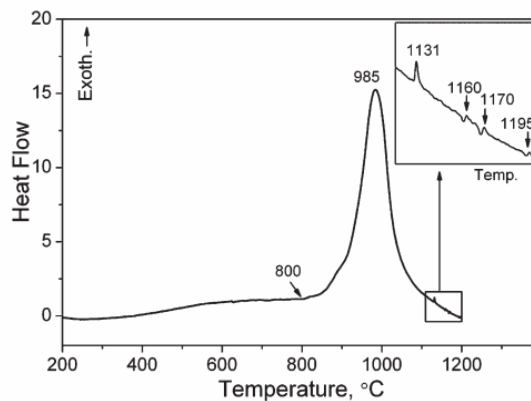
لیو^۳ و همکارانش [۱۲] تاثیر Ti، TiH_2 و نیز مقادیر مختلف Si را بر سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار در 1350°C به مدت ۳ ساعت مورد بررسی قرار داده‌اند. پودرهای واکنش‌دهنده را در یک آسیاب غلظتی به مدت زمان ۱۲ ساعت با سرعت 60 rpm مخلوط کرده‌اند. در شکل ۷ الگوهای XRD پودر مکس فاز سنتز شده نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با استفاده از TiH_2 به عنوان منبع تیتانیوم خلوص فاز Ti_3SiC_2 بیشتر شده است. همچنین در شکل ۷ (b) مشاهده می‌شود که بیشترین میزان مکس فاز با افزودن $1/2$ سیلیسیم حاصل شده است.

¹ Xue
² Sato
³ Liu



شکل ۷- الگوهای XRD پودر مکس فاز سنتز شده (a) با تغییر منبع تیتانیوم: (a) TiH_2 و (b) Ti و (b) مقادیر مختلف از Si .

پانیراهی^۱ و همکارانش [۱۳] سنتز پودر Ti_3SiC_2 را به روش سینتر بدون فشار مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان پودرهای تیتانیوم، گرافیت و سیلیسیم را به عنوان مواد اولیه مورد استفاده قرار دادند. آزمایش‌ها در دو مرحله مختلف سنتز پودر $Ti_{0.67}C$ و سنتز پودر Ti_3SiC_2 انجام شد. در ابتدا پودرهای تیتانیوم و گرافیت در یک نسبت مولی ۳:۲ در یک آسیاب گلوله‌ای با بدنه و گلوله‌هایی از جنس کاربید تنگستن (قطر گلوله تقریباً ۱۰ میلی‌متر) به مدت زمان ۳۰ دقیقه با سرعت تقریباً ۲۰۰ rpm و نسبت گلوله به پودر ۱:۲ در اتمسفر آرگون مخلوط شدند. سپس پودر $Ti_{0.67}C$ سنتز شده و پودر Si در یک نسبت مولی ۳:۱ در همان آسیاب گلوله‌ای به مدت زمان ۱ ساعت با سرعت ۲۰۰ rpm و نسبت گلوله به پودر ۱:۳ مخلوط شدند. از تولون به عنوان عاملی برای اختلاط همگن و همچنین برای کنترل حرارت آزاد شده در طول فرایند آسیاب استفاده شد. آنالیز DSC مخلوط پودرهای $Ti_{0.67}C$ و Si در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در دمای حدود $800^{\circ}C$ واکنشی گرمازا آغاز می‌شود که بیشترین شدت آن در دمای $985^{\circ}C$ رخ می‌دهد و پس از آن پیک‌های کوچکی نیز حاصل شده‌اند. پیکی که در دمای $985^{\circ}C$ حاصل شده نشان دهنده یک واکنش حالت جامد سریع بین $Ti_{0.67}C$ و Si است. پیک‌های کوچک نیز بیانگر واکنش‌های ثانویه شامل مواد اولیه باقیمانده، محصولات واکنش و همگنی شیمیایی می‌باشند. با استفاده از پودرهای Ti و TiC_x تحت فرایند سینتر بدون فشار به مدت زمان ۱ ساعت در دمای $1500^{\circ}C$ ، پودر Ti_3SiC_2 با خلوصی در حدود ۹۶ درصد حاصل شد [۱۳].

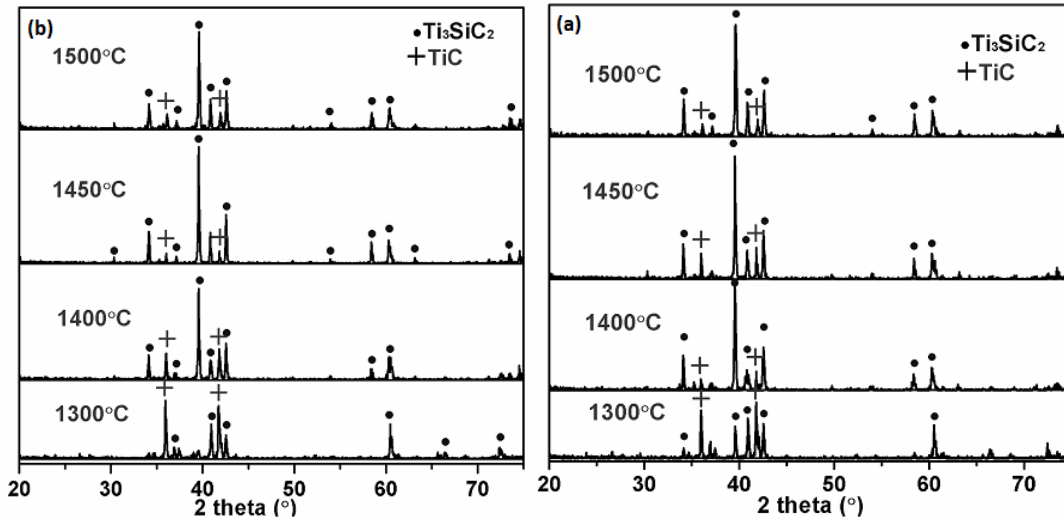


شکل ۸- نمودار DSC مخلوط پودر $3TiC_x + Si$ حرارت داده شده در یک نرخ $10^{\circ}C/min$. برچسب‌ها درجه حرارت‌ها را بر حسب $^{\circ}C$ نشان می‌دهد [۱۳]

لی و همکارانش [۱۴] سنتز Ti_3SiC_2 از TiH_2 را با استفاده از روش سینتر بدون فشار مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان با سینتر تحت جریان اتمسفر گاز آرگون بدون هیدروژن زدایی اولیه، پودرهای Ti_3SiC_2 را از TiH_2 به عنوان منبع Ti سنتز نموده‌اند.

¹ Panigrahi

مواد اولیه مخلوط‌های پودری با نسبت مولی $3\text{TiH}_2/\text{Si}/2\text{C}$ یا $3\text{TiH}_2/\text{SiC}/\text{C}$ بوده‌اند. هر دو نوع از مواد اولیه در یک کوره تیوبی در یک محدوده دمایی از 1300°C تا 1500°C در مدت زمان ۱۸۰ دقیقه تحت جریان اتمسفر گاز آرگون سینتر شده‌اند. الگوهای XRD این پودرها در شکل ۹ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با سینتر بدون فشار پودرهای $3\text{TiH}_2/\text{Si}/2\text{C}$ در $1425-1400^\circ\text{C}$ و پودرهای $3\text{TiH}_2/\text{SiC}/\text{C}$ در $1500-1425^\circ\text{C}$ فاز Ti_3SiC_2 (۹۵wt%) سنتز شده است.



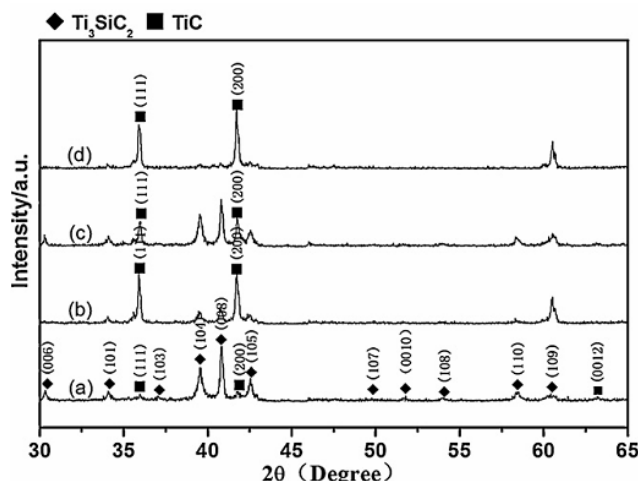
شکل ۹- الگوهای XRD پودرهای سنتز شده در دماهای مختلف با دو ترکیب: (a) $3\text{TiH}_2/\text{Si}/2\text{C}$ و (b) $3\text{TiH}_2/\text{SiC}/\text{C}$.

اردنر^۱ و همکارانش [۱۵] سینتر واکنشی تیتانیوم کاربید و سیلیسید تیتانیوم تهیه شده با دستگاه آسیاب پر انرژی را مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان از پودرهای Ti، Si، کربن سیاه و کاربید سیلیسیوم ($\alpha\text{-SiC}$) به عنوان مواد اولیه استفاده کرده‌اند. آسیاب در یک دستگاه آسیاب/الرزاننده SPEX 8000 مجهز به ۵ گلوله (قطر ۱۱ میلی‌متر) و نسبت گلوله به پودر ۷:۱ انجام شد. پودرهای تیتانیوم، سیلیکون و کربن سیاه با یک نسبت مولی ۳:۱:۲ به منظور تولید Ti_3SiC_2 آسیا شدند. فرایند آسیا در ابتدا با یک واکنش گرمزا همراه بود و ماده اولیه عمدتاً مخلوطی از TiC و مقادیر کمی از TiSi_2 ، $\text{Ti}_5\text{Si}_3\text{C}_x$ و Ti_3SiC_2 بود. استفاده از مخلوط‌های غیر استوکیومتری و یا SiC به عنوان منبعی از سیلیکون روی مقدار TiC در محصول اثری نداشته است. به منظور به دست آمدن Ti_3SiC_2 ، پودرهای آسیا شده پرس و به مدت زمان ۲ ساعت در دمای 1350°C سینتر شدند. عملیات حرارتی باعث شد که مقادیر زیادی از فاز Ti_3SiC_2 تشکیل شود. با افزودن Si اضافی در محدوده ۳۰٪-۱۰ نمونه‌های خالصی از فاز سه تایی حاصل شدند.

پنگ^۲ و همکارانش [۱۶] سنتز پودر Ti_3SiC_2 از مخلوط‌های پودری Ti-TiC-SiC-Al را با بالمیل با انرژی بالا و فرایند سینتر بدون فشار در خلأ مورد بررسی قرار داده‌اند. این محققان به منظور آشکار ساختن اثر دما و میزان کربن روی خلوص قطعات سینتر شده، مخلوط‌های پودری Ti-TiC-SiC-Al را با نسبت‌های مولی $0/2 : 1 : 2 : 4$ با انرژی بالا بالمیل، فشرده و در خلأ سینتر نموده‌اند. نتایج نشان دهنده این است که بر روی سطح لایه قطعات سینتر شده در محدوده دمایی $1400^\circ\text{C} - 1350^\circ\text{C}$ به مدت زمان ۱ ساعت، میزان Ti_3SiC_2 تقریباً به ۱۰۰ درصد وزنی رسیده است. شکل ۱۰ الگوهای XRD پودرهای سینتر شده در دمای 1380°C به مدت ۱ ساعت با مقادیر متفاوت گرافیت را نشان می‌دهد. با حرارت دهی قطعات سبز رنگ $4\text{Ti}-1\text{TiC}-2\text{SiC}-0.2\text{Al}$ فاقد گرافیت پودر شامل ۹۱ درصد وزنی Ti_3SiC_2 به‌طور موفقیت‌آمیزی سنتز شده است و میزان کربن بیش از اندازه نه تنها به بهبود خلوص پودر Ti_3SiC_2 کمی نموده بلکه آن را با شکست نیز مواجه نموده است. فاز TiC ناخالصی اصلی در فرایند تشکیل Ti_3SiC_2 بوده است.

¹ Orthner

² Peng



شکل ۱۰- الگوهای XRD پودرهای سینتر شده در دمای ۱۳۸۰ به مدت ۱ ساعت با مقادیر متفاوت گرفت: (a) ۰ wt.%, (b) ۲wt.%, (c) ۳wt.% و (d) ۴wt.%.

۴- نتیجه گیری

محققان بسیاری سنتز مکس فاز Ti_3SiC_2 به روش سینتر بدون فشار را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این بین عوامل متعددی از قبیل شرایط سینتر، اصلاح نسبت مولی پودرهای اولیه، فشار پرس، اثر افزودنی‌های مختلف، دما و زمان عملیات حرارتی و ... بسیار تاثیرگذار هستند. برخی از محققان توانسته‌اند با استفاده از روش سینتر بدون فشار مکس فاز Ti_3SiC_2 را سنتز نمایند. این پژوهشگران با افزودن مقدار مناسبی از Al و بدلیل ایجاد یک فاز مذاب و همچنین افزایش سرعت واکنش جامد بین عناصر، افزودن Si اضافی به مواد اولیه برای جبران آن از طریق تبخیر شدن در دماهای بالاتر از نقطه یوتکتیک (حدود $1330^\circ C$)، ترکیب آلیاژی مکانیکی و سینتر بدون فشار، تنظیم زمان نگهداری و همچنین افزایش فشار اتمسفر آرگون؛ تشکیل مکس فاز Ti_3SiC_2 را به طور قابل توجهی افزایش داده‌اند.

مراجع

- [1] M. W. Barsoum, T. El-Raghy, The MAX Phases: Unique New Carbide and Nitride Materials Ternary ceramics turn out to be surprisingly soft and machinable, yet also heat-tolerant, strong and lightweight, *Am. Scientist*, Vol. 89, No. 4, pp. 33443, 2001.
- [2] S. Amini, M. W. Barsoum, On the effect of texture on the mechanical and damping properties of nanocrystalline Mg-matrix composites reinforced with MAX phases, *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 527, No. 16-17, pp. 3707-3718, 2010/06, 2010.
- [3] M. W. Barsoum, M. Radovic, Elastic and mechanical properties of the MAX phases, *Annual review of materials research*, Vol. 41, pp. 195-227, 2011.
- [4] T. Scabarozzi, S. Amini, O. Leaffer, A. Ganguly, S. Gupta, W. Tambussi, S. Clipper, J. Spanier, M. Barsoum, J. Hettiger, Thermal expansion of select M_nAX_n , M= early transition metal, A= A group element, X= C or N... phases measured by high temperature x-ray diffraction and dilatometry, *Journal of Applied Physics*, Vol. 105, pp. 013543, 2009.
- [5] M. Xue, H. Tang, C. Li, Synthesis of Ti_3SiC_2 Through Pressureless Sintering, *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, Vol. 53, No. 7-8, pp. 392-398, 2014/11, 2014.
- [6] H. Li, D. Chen, J. Zhou, J. Zhao, L. He, Synthesis of Ti_3SiC_2 by pressureless sintering of the elemental powders in vacuum, *Materials Letters*, Vol. 58, No. 11, pp. 1741-1744, 2004.
- [7] H. Li, L. Peng, M. Gong, J. Zhao, L. He, C. Guo, Preparation and characterization of Ti_3SiC_2 powder, *Ceramics International*, Vol. 30, No. 8, pp. 2289-2294, 2004.
- [8] J.-F. Li, T. Matsuki, R. Watanabe, Fabrication of highly dense Ti_3SiC_2 ceramics by pressureless sintering of mechanically alloyed elemental powders, *Journal of materials science*, Vol. 38, No. 12, pp. 2661-2666, 2003.
- [9] F. Sato, J.-F. Li, R. Watanabe, Reaction synthesis of Ti_3SiC_2 from mixture of elemental powders, *Materials Transactions, JIM*, Vol. 41, No. 5, pp. 605-608, 2000.
- [10] S.-B. Li, H.-X. Zhai, Y. Zhou, Z.-L. Zhang, Synthesis of Ti_3SiC_2 powders by mechanically activated sintering of elemental powders of Ti, Si and C, *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 407, No. 1, pp. 315-321, 2005.
- [11] K. Sato, M. Mishra, H. Hirano, C. Hu, Y. Sakka, Pressureless Sintering and Reaction Mechanisms of

- Ti₃SiC₂ Ceramics, *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 97, No. 5, pp. 1407-1412, 2014.
- [12] X. Liu, H. Zhang, Y. Jiang, Y. He, Factors affecting the property of porous Ti₃SiC₂ metal ceramic fabricated through pressureless sintering, *Journal of Porous Materials*, pp. 1-6, 2015.
- [13] B. Panigrahi, M.-C. Chu, A. Balakrishnan, S.-J. Cho, Synthesis and pressureless sintering of Ti₃SiC₂ powder, *Journal of Materials Research*, Vol. 24, No. 02, pp. 487-492, 2009.
- [14] L. Li, A. G. Zhou, L. B. Wang, F. X. Hu, Synthesize Ti₃SiC₂ from TiH₂ by Pressureless Sintering, in *Proceeding of*, Trans Tech Publ, pp. 676-680.
- [15] H. Orthner, R. Tomasi, Reaction sintering of titanium carbide and titanium silicide prepared by high-energy milling, *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 336, No. 1, pp. 202-208, 2002.
- [16] M. Peng, X. Shi, Z. Zhu, M. Wang, Q. Zhang, Facile synthesis of Ti₃SiC₂ powder by high energy ball-milling and vacuum pressureless heat-treating process from Ti-TiC-SiC-Al powder mixtures, *Ceramics International*, Vol. 38, No. 3, pp. 2027-2033, 2012.

سرامیک اپتیکی ایتریا؛ خواص و کاربردها

الناز ایرم*، محمد ذاکری، علی صداقت

پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده سرامیک



e.irom@merc.ac.ir

مهندس الناز ایرم، نویسنده‌ی
مستول مقاله، پژوهشگاه مواد و
انرژی

چکیده: ایتریا یا ایتریم اکسید (Y_2O_3) یک سرامیک اکسیدی با ساختار بلوری مکعبی می‌باشد. کاربرد ایتریا با وجود خواص فیزیکی و شیمیایی عالی مخصوصاً عبور بالا در محدوده امواج مادون قرمز ($9-13 \mu m$) به صورت تک بلور، به دلیل نقطه ذوب بالای آن ($2430^\circ C$) و تبدیل به پلی مورف هگزگونال در دمای حدود $2280^\circ C$ ، بسیار مشکل بوده و به همین جهت اخیراً محققان به ساخت سرامیک‌های پلی کریستال شفاف ایتریا روی آورده‌اند. این سرامیک‌ها کاربردهای وسیعی به عنوان پنجره مادون قرمز، میزبان یون‌های عناصر فعال خاکی نادر مانند نئودیمیوم و ایتربیوم در لیزرهای حالت جامد داشته و در صنعت تولید نیمه هادی‌ها به عنوان پنجره مقاوم به خوردگی پلاسما نیز به کار می‌روند. تاکنون روش‌های گوناگونی برای ساخت این سرامیک‌ها به کار گرفته شده است. در این مقاله قصد داریم به بررسی ایتریا، خواص و کاربردهای آن بپردازیم.

کلمات کلیدی: ایتریا، خواص اپتیکی، سرامیک‌های شفاف، لیزرهای سرامیکی.

۱- مقدمه

فناوری امواج مادون قرمز کاربرد گسترده‌ای در صنعت و فناوری‌های پیشرفته (نظامی و غیرنظامی) داشته و مواد عبوردهنده امواج مادون قرمز از اجزای اصلی این فناوری به حساب می‌آیند. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های این فناوری، حسگرهای مادون قرمزی هستند که با استفاده از امواج مادون قرمز تابش شده از جسم هدف کار می‌کنند. این حسگرها در هواپیماهای نظامی و موشک‌های ردیاب حرارتی به منظور رهگیری هواپیمای هدف خود (از طریق ردیابی حرارت خارج شده از اگزوز داغ آن) و همچنین در هواپیماهای غیرنظامی به کار می‌روند. حسگرهای مادون قرمز با توجه به محیط به کارگیری آنها در معرض باد، باران، گرد و خاک، تنش‌های مکانیکی و حرارتی قرار داشته و به همین جهت به پنجره‌هایی نیازمندیم که در عین محافظت از حسگر، هم امواج مادون قرمز را به خوبی عبور دهند و هم خواص مکانیکی و حرارتی عالی داشته باشند. همچنین خواص نوری این پنجره‌ها باید به گونه‌ای باشد که تمام سیگنال‌های اپتیکی با کمترین تداخل از آنها عبور کنند [۱ و ۲]. در سال‌های اخیر پرکاربردترین مواد پنجره‌های مادون قرمز در محدوده طول موج مادون قرمز متوسط ($3-5 \mu m$)، سافایر^۱ (تک بلور رشدیافته آلومینا)، آلومینیوم اکسید نیتريد یا AION و اسپینل $MgAl_2O_4$ بوده‌اند. اما در این مواد به دلیل داشتن پیوند شیمیایی Al-O که جاذب امواج مادون قرمز است، عبور امواج مادون قرمز در طول موج‌های بیشتر از ۵ میکرون افت کرده و موجب تضعیف سیگنال مورد نیاز می‌شود [۳].

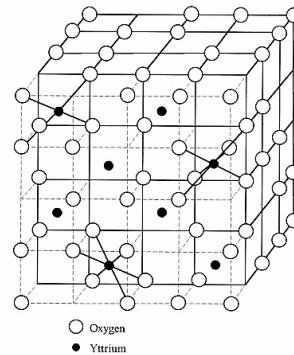
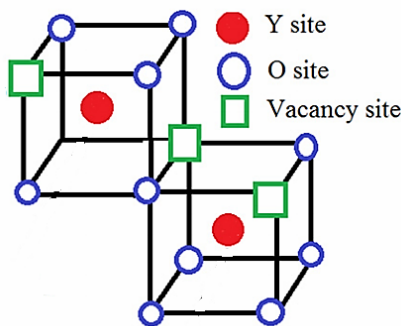
متأسفانه هیچ ماده‌ای تمام خواص موردنیاز را به طور بهینه ندارد. هنگامی که سافایر بهترین خواص مکانیکی را دارد، ایتریا خواص اپتیکی بهتری دارد. به خصوص تابش آن به طور قابل توجهی کمتر از دیگر مواد است. در حال حاضر، شرکت‌های آمریکایی چون سرانوا^۲، ریثون^۳ پنجره‌های اپتیکی مختلفی را با توجه به نیاز خود با ابعاد و شکل‌های گوناگون تولید می‌کنند. امروزه، با توجه به نیاز صنایع مختلف کشور، پژوهش و مطالعه و همچنین ساخت و تولید این قطعات لازم به نظر می‌رسد. با توجه به مطالب فوق الذکر، در ادامه به بررسی خواص و انواع کاربردهای ایتریا می‌پردازیم.

¹ sapphire
² Ceranova
³ Reytheon

۲- ایتريای مکعبی

ایتريا يا ايتريم اکسيد (Y_2O_3) یک اکسيد عناصر خاکی کمیاب با ساختار مکعبی می باشد. ایتريا خواص فیزیکی و شیمیایی عالی مخصوصا عبور بالا در محدوده ($9-30 \mu m$) داشته ولی به کارگیری آن به صورت تک بلور به دلیل نقطه ذوب بالای آن ($2430^\circ C$) و تبدیل به پلی مورف هگزگونال در دمای حدود $2280^\circ C$ ، بسیار مشکل بوده و محققان از دهه ۷۰ میلادی به بعد به ساخت قطعات پلی کریستال آن روی آورده اند [۲].

ایتريم اکسيد یک ماده مکعبی با ساختار bcc می باشد [۴]. سلول واحد ایتريای مکعبی از ۳۲ اتم ایتريم و ۴۸ اتم اکسيژن تشکیل شده است که می توان آن را به سادگی به صورت ۶۴ مکعب کوچکتر، همان طور که در شکل ۱ می بینید، تصور کرد. در این ساختار اتم های ایتريم مرکز هر مکعب کوچکتر را اشغال می کنند. هر اتم ایتريم توسط ۶ اتم اکسيژن و ۲ جای خالی اکسيژن (۲ جای خالی از ۸ موقعیت اتمی در گوشه های مکعب) احاطه شده است. نصف مکعب های کوچکتر در یک سلول واحد، ۲ جای خالی اکسيژن در انتهای قطرهای سطحی و نصف دیگر ۲ جای خالی اکسيژن در انتهای قطر اصلی مکعب همان طور که در شکل ۲ مشخص است، دارند [۵].

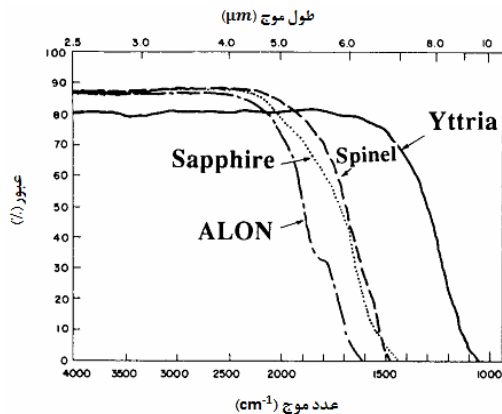


شکل ۱- ساختار سلول واحد ایتريای مکعبی [۵]

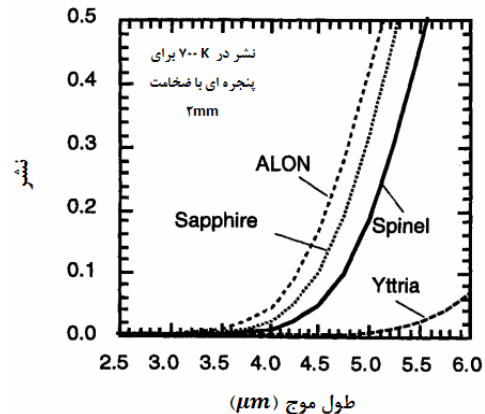
شکل ۲- موقعیت جای خالی اکسيژن در ساختار بلوری [۶]

۳- خواص فیزیکی و اپتیکی ایتريا

همان طور که پیش تر اشاره شد ایتريا یک سرامیک اکسیدی با نقطه ذوب بالا بوده و به همین دلیل پایداری حرارتی عالی دارد و تا بیش از $1000^\circ C$ پایدار می باشد [۷]. ظاهر آن پودری سفید رنگ است و دانسیته آن برابر $5.31 g/cm^3$ می باشد. شکل ۳ نشر ماده ایتريا را با نشر مهم ترین مواد مادون قرمز متوسط مقایسه کرده است. همان طور که می بینیم اسپینل $MgAl_2O_4$ ، AION و سافایر در دامهای بالا نظیر $700 K$ نشر قابل توجهی در مقایسه با ایتريا دارند. به همین سبب تلاش بر این است تا ایتريا را جایگزین سافایر کنند. شکل ۴ طیف عبوری اسپینل $MgAl_2O_4$ ، AION، سافایر و ایتريا را نشان می دهد.



شکل ۴- طیف عبوری مواد مادون قرمز متوسط با ضخامت mm و سافایر [۷].



شکل ۳- مقایسه نشر ایتريا با اسپینل $MgAl_2O_4$ ، AION و سافایر [۷].

علی رغم این که سافایر، اسپینل و AION در دمای 25°C جذب قابل توجهی در طول موج های کمتر از ۵ میکرون ندارند، لبه جذب در دماهای بالاتر به سمت طول موج های کوتاه تر منتقل می شود. بنابراین، این مواد در دماهای بالا، جذب و نشر قابل توجهی در طول موج ۴ تا ۵ میکرون دارند. نشر ایتریا در طول موج های کمتر از ۵ میکرون حتی در دماهای بالا نیز قابل چشم پوشی است [۷].

۴- قطعات ساخته شده تا به امروز

اولین تلاش ها برای ساخت قطعات شفاف ایتریا توسط شرکت جنرال الکتریک آمریکا جهت به کارگیری آن در لیزر حالت جامد در دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و اولین قطعه ایتریا را که حاوی ۱۰٪ توریم اکسید بود را با موفقیت ساختند و نام آن را ایترالوکس^۱ گذاشتند. پس از جنرال الکتریک، شرکت GTE آمریکا با استفاده از لاتانم اکسید به عنوان افزودنی، اقدام به ساخت ایتریای شفاف نمود. در سال ۱۹۸۵ شرکت ریتون و GTE به طور همزمان بر روی ساخت دماغه و پنجره های مادون قرمز از جنس ایتریا که دارای شفافیت کامل در محدوده ۳ تا ۵ میکرون بود، سرمایه گذاری کردند. شرکت ریتون با استفاده از سینتر معمولی در دمای 1800°C به مدت یک ساعت و سپس پرس ایزواستاتیک گرم به مدت ۳ تا ۱۰ ساعت در فشار ۲۰۰ MPa و در دمایی مشابه دمای سینتر توانست قطعه شفاف و بدون عیبی از ایتریا بسازد. شکل ۵ یک دماغه ۳ اینچی ساخته شده توسط این شرکت را نشان می دهد. کاربرد دیگر ایتریا، پنجره های مادون قرمز بدون نیاز به خنک کننده در هواپیماهای رهگیری کننده مافوق صوت می باشد. حذف سیستم خنک کننده موجب کاهش وزن و هزینه ساخت این هواپیماها می گردد. به همین سبب شرکت ریتون اقدام به طراحی و توسعه سیستم های مادون قرمز بر مبنای این پنجره ها نمود. شکل ۶ نمونه ای از محافظ سنسور مادون قرمز به کار گرفته شده در این هواپیماها بوده و پنجره ایتریای مورد استفاده در آن ۲.۳۷" قطر و ۰.۱۶" ضخامت دارد.



شکل ۶- محافظ سنسور مادون قرمز در هواپیماهای رهگیری کننده مافوق صوت [۳].



شکل ۵- دماغه ایتریا [۳].

ایتریا با وجود خواص نوری فوق العاده در محدوده امواج مادون قرمز متوسط، استحکام مکانیکی قابل توجهی نداشته و همواره تلاش بر این بوده تا بتوانند استحکام آن را افزایش دهند. از آنجا که استحکام مکانیکی خاصیتی ذاتی نبوده، می توان با کاهش اندازه دانه های ساختار آن را افزایش داد. افزایش استحکام تا ۲ الی ۳ برابر و حتی برای برخی مواد تا ۵ برابر امکان پذیر است. مقاومت به شوک حرارتی نیز با افزایش استحکام، افزایش می یابد. برای سیستم های سرامیکی معمول اندازه دانه هایی در حدود ۱-۱۰ میکرون منجر به بیشینه استحکام می گردد. به همین جهت با به کارگیری نانوپودر ایتریا (100nm) و کنترل رشد دانه حین سینتر، دست یابی به خواص مکانیکی مطلوب مورد انتظار است. به همین سبب شرکت ریتون با سرمایه گذاری نیروی دریای آمریکا مطالعاتی در خصوص تهیه قطعه از نانو پودر ایتریا انجام داد. با استفاده از نانوپودرهای مختلف و با سینتر نمونه ها در دمای 1650°C به مدت ۴ ساعت در هوا، متعاقباً پرس ایزواستاتیک گرم در آرگون به مدت ۴ ساعت در همان دما و در فشار ۲۰۰ MPa، آنیل در دمای 1400°C و به مدت ۲ ساعت به قطعاتی با اندازه دانه های در حدود ۵۰-۱۰ میکرون دست یافتند. اما با وجود این که اندازه دانه به میزان قابل توجهی کاهش یافته اما باز هم کافی نیست و هدف غایی اندازه دانه هایی در حدود ۱

¹ Yttralox

میکرون و دو برابر نمودن استحکام شکست است. هم‌چنین نانوپودرهای مورد استفاده خلوص کافی نداشته و این مسئله موجب حصول ایتربای نیمه شفاف^۱ شد. به همین جهت اهداف بعدی این مطالعات استفاده از نانوپودرهای با خلوص بالاتر، سنتز نانو پودر با استفاده از روش سنتز احتراقی، کاهش دمای سینتر و در نهایت حصول اندازه دانه در حدود ۱ میکرون انتخاب شدند [۳].

در سال ۲۰۰۹ آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی آمریکا^۲ با همکاری شرکت ریپتون مطالعاتی در خصوص بهبود خواص مکانیکی ایتربا انجام داده و هدف خود را رسیدن به استحکام مکانیکی برابر با استحکام مکانیکی سافایر (۴۰۰ MPa) قرار دادند. همان‌طور که قبلاً گفتیم اکثر پنجره‌های مادون قرمز به دلیل پیوند Al-O در محدوده طول موج‌های بالای ۴ میکرون دارای جذب بوده و این مسئله ردیابی اهداف را دچار مشکل می‌کند. از طرف دیگر ایتربا به عنوان ماده‌ای با خواص نوری مناسب دارای استحکام مطلوبی نمی‌باشد. راه حل این مشکل، استفاده از نانوکامپوزیت‌هایی بدون پیوند Al-O مانند Y_2O_3 ، MgO و ZrO_2 می‌باشد. از طرف دیگر، برای افزایش استحکام ناچار هستیم که اندازه دانه را کاهش دهیم. اما شرایط سینتر موجود مانند دما و فشار بالا که برای رسیدن به دانسیته بالا و شفافیت مناسب اجتناب ناپذیرند، رشد دانه را افزایش می‌دهند. راه حل این موضوع استفاده از کسر حجمی قابل توجهی از دو یا چند فاز سرامیک‌های شفاف نامحلول در یکدیگر مانند ایتربا و منیزیا می‌باشد. اما تفاوت ضرایب شکست این دو فاز متفاوت موجب پراکندگی امواج می‌شود. به همین جهت باید اندازه دانه‌ها از $\lambda/2$ کمتر باشد تا پراکندگی کاهش یافته و شفافیت حفظ شود. در نتیجه با توجه به $\lambda = 4 \mu m$ اندازه دانه‌ها باید از ۲۰۰ nm کمتر باشد. محققان برای سنتز نانو پودر ایتربا: منیزیا به نسبت ۵۰:۵۰ از روش تجزیه حرارتی پاشش شعله‌ای^۳ استفاده کردند. برای جلوگیری از رشد دانه و نگه داشتن نانوساختار از روش سینتر جرقه پلاسما استفاده شد و توانستند دیسکی به قطر ۳ اینچ و با ریزساختاری همگن با اندازه دانه در حدود ۱۵۰ نانومتر سینتر کنند. هم‌چنین استحکام این نانوکامپوزیت بیش از ۶۰۰ مگاپاسکال بوده و با سافایر برابری می‌کند و می‌تواند جایگزین مناسبی برای آن باشد [۸].

از ایتربا می‌توان به عنوان پنجره چشمی کوره‌ها، پنجره مقاوم به خوردگی پلاسما در صنعت تولید نیمه هادی‌ها و محفظه لامپ‌های بخار سدیمی فشار بالا استفاده نمود [۹، ۱۰]. یکی دیگر از کاربردهای سرامیک‌های ایتربا، استفاده آن‌ها در لیزرهای حالت جامد است. لیزرهای حالت جامد به دلیل کارایی عالی، ابعاد کوچکتر و داشتن قابلیت حمل و نقل بسیار مفیدتر از لیزرهای گازی و لیزرهای الکترون آزاد می‌باشند و به شکل لوح^۴، میله و قرص بر پایه بلورهای عناصر خاکی کمیاب می‌باشند. ماده رایج مورد مطالعه و مورد استفاده در صنعت، در حال حاضر YAG یا ایتربیم آلومینیوم گارنت است که با یون Nd^{3+} (نئودیمیوم) یا Yb^{3+} (ایتربیم) که یون‌های فعالی هستند و در صورت برانگیخته شدن لیزر تولید می‌کنند، آن را دوپ می‌کنند. اخیراً، لیزرهای Nd^{3+} :YAG با توان خروجی ۶۷ و حتی بیشتر از ۱۰۰ kW در طول موج $\lambda = 1.06 \mu m$ توسط شرکت کونوشیما (Konoshima) ژاپن با استفاده از سینتر معمولی نانوپودر با خلوص بالا و در اتمسفر خلا ساخته شده‌اند. اما با این حال، YAG به دلیل ضریب انبساط حرارتی بالا و هدایت حرارتی نسبتاً کم، بهترین ماده میزبان برای لیزرهای حالت جامد پرتوان نیست. اکسیدی هم چون Y_2O_3 ماده میزبان قابل اعتمادی برای به کارگیری در لیزرهای پرتوان به خاطر هدایت حرارتی بالاتر و ضریب انبساط حرارتی کمتر می‌باشند [۱۱-۱۳]. تحقیقاتی در رابطه با ساخت سرامیک لیزری از جنس ایتربا به روش سینتر معمولی در خلا و پرس گرم انجام گرفته است. در این پژوهش‌ها عناصر نئودیمیوم و ایتربیم به ساختار ایتربیم اکسید دوپ شده و خواص لیزرزایی^۵ آن جهت به کارگیری در لیزرهای حالت جامد مورد بررسی قرار گرفته است. سانگهرا^۶ و همکارانش بدنه ایتربای دوپ شده با ایتربیم به روش پرس گرم ساخته‌اند که بازده لیزرزایی ۴۵٪ دارد [۱۳، ۱۴]. شرکت Coorstek ژاپن نیز توانسته است Nd:Yttria را تولید کند و شکل ۷ و ۸ نمونه‌هایی از سرامیک لیزری ساخته Nd:Yttria ساخته شده را نشان می‌دهد [۱۳ و ۱۶]. شرکت Brimrose آمریکا لیزر حالت جامدی با استفاده از Nd:Yttria پلی کریستال ساخته که می‌تواند جهت سنجش از راه دور با رادار لیزری^۷، آشکارسازی شیمیایی^۸ و تحقیقات علمی به کار گرفته شود [۱۷]. در

¹ translucent

² DARPA

³ Flame spray pyrolysis

⁴ slab

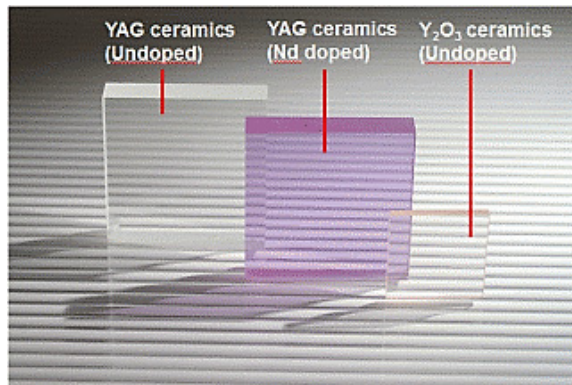
⁵ lasing

⁶ Sanghera

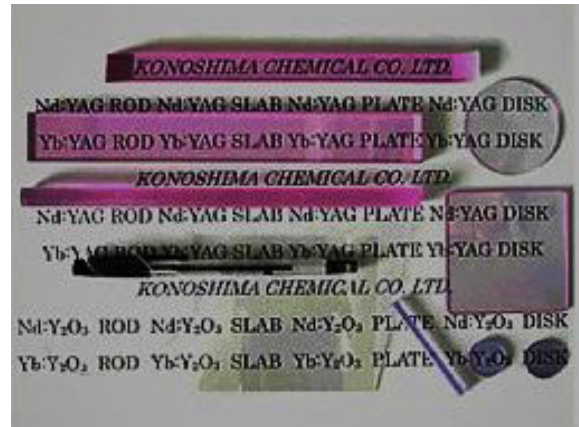
⁷ LIDAR and DIAL

⁸ Chemical Detection

ایران نیز ساخت سرامیک اپتیکی ایتریا به روش سینتر با جرقه پلاسما تحت فشارها و دماهای اعمالی مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است و تاکنون قرص‌هایی به قطر ۴ سانتی متر با موفقیت ساخته شده‌اند [۱۸].



شکل ۸- ایتریا و YAG ساخته شده توسط Coorstek [۱۶].



شکل ۷- ایتریا و YAG شفاف ساخته شده توسط Konoshima [۱۴].

۵- نتیجه گیری

با توجه به مطالب گفته شده پیشرفت‌های خوبی در زمینه ساخت ایتریای پلی کریستال شفاف صورت گرفته است و بدنه‌های بسیار ریزدانه با اندازه دانه متوسط ۱۵۰nm تاکنون به روش سینتر جرقه پلاسما ساخته شده است. اما با توجه به نیاز به خواص مکانیکی مطلوب‌تر، ساخت ایتریای نانوساختار با اندازه دانه‌های کمتر از ۱۰۰nm مورد نیاز است. همچنین انتظار می‌رود تا بازده لیزرهای سرامیکی ایتریا در آینده بهبود پیدا کند و به بهینه مقدار خود برسد.

مراجع

- [1] Zhan, G., A. K. Mukherjee, and S. H. Risbud, *Polycrystalline optical window materials from nanoceramics*. 2006, Google Patents.
- [2] Gupta, Y. M., et al., *Characterization and Development of Advanced Materials: Role & Understanding of Interfacial Phenomena (Congressional)*. 2007, DTIC Document.
- [3] Hogan, P., et al., *Transparent Yttria for IR Windows and Domes-Past and Present*. 2004, DTIC Document.
- [4] Palik, E. D., *Handbook of Optical Constants of Solids*. Vol. 2. 1998: Academic Press. 1079-1096.
- [5] Deutsch, S., *High pressure phase transformations in polycrystalline yttrium oxide*. 2012.
- [6] Som, S. and S. Sharma, *Eu³⁺/Tb³⁺-codoped Y₂O₃ nanophosphors: Rietveld refinement, bandgap and photoluminescence optimization*. Journal of Physics D: Applied Physics, 2012. **45**(41): p. 415102.
- [7] Harris, D. C., *Materials for infrared windows and domes: properties and performance*. 1999: SPIE press.
- [8] Nordahl, C.S., et al., *Optical and Mechanical Properties of Nano-Composite Optical Ceramics*. 2009, DTIC Document.
- [9] Bernard-Granger, G. and C. Sinet, *A sintered and doped yttrium oxide product*. 2007, Google Patents.
- [10] Rhodes, W. H. and F. J. Reid, *Transparent yttria ceramics and method for producing same*. 1979, Google Patents.
- [11] Serivalsatit, K., et al., *Synthesis, Processing, and Properties of Submicrometer-Grained Highly Transparent Yttria Ceramics*. Journal of the American Ceramic Society, 2010. **93**(5): p. 1320-1325.
- [12] Kim, W., et al., *Ceramic windows and gain media for high-energy lasers*. Optical Engineering, 2013. **52**(2): p. 021003-021003.
- [13] Sanghera, J., et al., *Transparent ceramics for high-energy laser systems*. Optical Materials, 2011. **33**(3): p. 511-518.
- [14] Ueda, K., et al., *Scalable ceramic lasers*. Laser Physics-Lawrence, 2005. **15**(7): p. 927.
- [15] http://www.coorstek.co.jp/eng/rd/detail_04.html
- [16] <http://www.brimrosetechnology.com/rd.html>

[۱۷] آیرم، الف. "بررسی خواص نوری و مکانیکی ایتریای سینتر شده به روش SPS". پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد- سرامیک، پژوهشگاه سرامیک، پژوهشگاه مواد و انرژی، ۱۳۹۴.

اکسیدهای ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لاتانیدها به عنوان کاتد پیل های سوختی دمای متوسط

محمد خوشکلام، محمد علی فقیهی ثانی

دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف



دکتر محمد علی فقیهی ثانی، نویسنده‌ی مسئول مقاله، عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف

faghihi@sharif.edu

چکیده: امروزه استفاده از کاتدهای هادی مخلوط یونی و الکترونی به منظور کاهش دمای کاری پیل‌های سوختی اکسید جامد به شدت مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. برای ساخت این کاتدها معمولاً از موادی که دارای ناهمسانگردی در ساختار بلوری هستند، مانند اکسیدهای ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لاتانیدها، استفاده می‌شود. مطالعات تجربی نشان داده‌اند که خواص الکتروشیمیایی این دسته از اکسیدها به مراتب از اکسیدهای پروسکایتی متداول بهتر است، و لذا استفاده از این اکسیدها به عنوان کاتد پیل سوختی اکسید جامد، یکی از مهمترین راهکارها برای کاهش دمای کاری این سیستم‌ها به محدوده‌ی دمای متوسط می‌باشد. در این مقاله مروری، ابتدا ساختار بلوری اکسیدهای ردلزدن پاپر نیکلات لاتانیدها و مکانیزم فوذ یون اکسیژن در آن‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته و سپس خواص الکتروشیمیایی این دسته از مواد با اکسیدهای پروسکایتی متداول مقایسه می‌گردد.

کلمات کلیدی: کاتد، پیل سوختی اکسید جامد دمای متوسط، ساختار ردلزدن پاپر، نیکلات لاتانیدها.

۱- مقدمه

تامین پایدار انرژی پاک، یک چالش بزرگ جهانی است. برای رسیدن به آینده‌ای همراه با انرژی پاک و پایدار، ضرورت کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی امری ضروری به نظر می‌رسد. به منظور تحقق این موضوع، پژوهش‌های فراوانی بر روی استراتژی‌های جدید تولید، انتقال و ذخیره‌ی انرژی از منابع تجدید پذیر که به محیط زیست آسیب کمتری می‌رسانند صورت گرفته است. پیل‌های سوختی اکسید جامد^۱ به عنوان ابزاری الکتروشیمیایی که انرژی شیمیایی ذخیره شده در سوخت را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. حذف فرایند سوختن در این تبدیل انرژی مزایای فراوانی همچون بازده بالا، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش آلودگی صوتی را به همراه دارد [۱]. پیل‌های سوختی اکسید جامد همانطور که از نام‌شان بر می‌آید دارای اجزایی جامد بوده و دمای کارکرد بالا (۶۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد) دارند. مهمترین مزیت این دمای کارکرد بالا، قابلیت استفاده از سوخت‌های گوناگون مانند هیدروژن و انواع سوخت‌های هیدروکربنی از جمله گاز طبیعی در این پیل‌های الکتروشیمیایی است [۱، ۲]. بازدهی تبدیل انرژی پیل‌های سوختی اکسید جامد در محدوده‌ی دمایی ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بیش از ۵۵٪ می‌باشد. علاوه بر این به دلیل تولید حرارت با کیفیت بالا^۲، در صورت ترکیب این پیل‌ها با سایر سامانه‌های بازیابی گرما و انرژی می‌توان به بازدهی در حدود ۸۵٪ رسید که در میان سایر فناوری‌های تبدیل انرژی بی‌همتا است [۳]. به دلیل وجود اجزای زیاد در پیل‌های سوختی اکسید جامد، دمای کارکرد بالا می‌تواند علاوه بر مزایای ذکر شده معایب متعددی را نیز برای ما ایجاد کند. از مهمترین این عیوب می‌توان به واکنش اجزای مختلف سیستم در حین سیکل‌های حرارتی، تخریب^۳ شیمیایی و ریزساختاری و نیاز به اتصال دهنده‌ها و ادوات تبادل حرارتی گران‌قیمت اشاره نمود [۲، ۴، ۵].

¹ Solid Oxide Fuel Cells (SOFC)

² High Quality Heat

³ Degradation

امروزه مانع اصلی برای تجاری سازی گسترده‌ی پیل‌های سوختی اکسید جامد، همچنان هزینه‌ی بالای ساخت و عمر مفید کوتاه آن‌هاست [۱]. لذا بحث پایداری و افزایش طول عمر پیل‌های سوختی اکسید جامد باید در اولویت کارهای پژوهشی قرار گیرد. طول عمر پیل سوختی اکسید جامد به مطابقت اجزای پیل، پایداری شیمیایی تمامی اجزا و نهایتاً پایداری ریزساختاری الکترودهای متخلخل تحت شرایط کاری وابسته است [۱]. با توجه به اینکه اکثر مکانیزم‌های کاهش دهنده‌ی طول عمر پیل‌های سوختی اکسید جامد، در دمای بالا تشدید می‌شوند، لذا یکی از راه‌های اصلی برای مقابله با تمامی این چالش‌ها کاهش دمای کاری پیل‌های سوختی اکسید جامد به محدوده‌ی دمایی متوسط^۱ یعنی ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد [۲].

با کاهش دمای کاری، سینتیک واکنش‌های کاتدی و آندی در الکترودها و همچنین قابلیت هدایت الکترولیت به شدت کاهش می‌یابد. رخ داد این پدیده‌ها اتلاف شدید در عملکرد پیل سوختی اکسید جامد را به همراه دارد. امروزه با کاهش ضخامت الکترولیت تا حدود ۱۰ الی ۱۵ میکرومتر، کاهش مقاومت اهمی الکترولیت‌ها در محدوده دمایی ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به خوبی محقق شده است. علاوه بر این، احیای الکتروشیمیایی اکسیژن بر روی کاتد در مقایسه با واکنش اکسیداسیون سوخت بر روی آند به مراتب کندتر بوده و لذا اثر مهمتری روی کاهش بازده سیستم دارد. بنابراین توسعه‌ی کاتدهای دارای عملکرد بالا^۲ در محدوده‌ی دمایی متوسط، به بزرگترین چالش پژوهشگران برای کاهش دمای کاری پیل‌های سوختی اکسید جامد تبدیل شده است [۱].

کلید رسیدن به محدوده‌ی دمای کاری متوسط، افزایش نرخ واکنش احیای اکسیژن و تسریع در فرایند انتقال یون اکسیژن در درون کاتد می‌باشد. با توجه به این موضوع، با وجود اینکه کاتدهای متداول مانند^۳ LSM رساناهای الکترونی خوبی هستند، به دلیل هدایت یونی حجمی^۴ ضعیفی که از خود به نمایش می‌گذارند، انتخاب قابل قبولی نمی‌باشند. از طرف دیگر واکنش احیای اکسیژن در این مواد مشخصاً به ناحیه سه فازی الکترولیت-کاتد-هوا^۵ (TPB) محدود می‌گردد. یک راهکار منطقی برای حل این مشکل استفاده از هادی‌های مخلوط یونی و الکترونی^۶ MIEC به عنوان کاتد می‌باشد که در آن‌ها سطح موثر واکنش احیا، به دلیل وجود همزمان هدایت یونی و الکترونی، به ناحیه‌ای فراتر از TPB و در درون حجم ماده گسترش می‌یابد [۱-۳].

معمولاً باید این ترکیبات را از میان ساختارهایی با ناهمسانگردی^۷ ساختاری، که در آن‌ها مسیرهای ترجیحی برای حرکت یون اکسیژن وجود دارند، برگزید [۲]. یکی از مهمترین ساختارها که چنین خصوصیتی را به طور همزمان دارا می‌باشد، ترکیبات ردلزدن پاپر^۸ درجه یک از نیکلات لانتانیدها، با ترکیب شیمیایی Ln_2NiO_4 هستند (Ln= Pr, La, Nd) که به دلیل قابلیت هدایت یون اکسیژن ذاتی (بدون نیاز به ایجاد جای خالی اکسیژن با افزودن دوپانت) مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این ترکیبات یک لایه پروسکایت^۹ LnNiO_3 بین دو لایه LnO با ساختار سنگ نمک^{۱۰} ساندریچ شده است. این مواد این قابلیت را دارند که اکسیژن اضافی را توسط لایه LnO و به صورت بین نشین جذب نمایند. این پدیده به نوبه‌ی خود می‌تواند خاصیت هدایت ناهمسانگرد یون اکسیژن را در این ساختار لایه‌ای ایجاد نماید. [۱، ۶].

در این مقاله‌ی مروری سعی شده است تا با معرفی ساختار بلوری اکسیدهای ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لانتانیدها، استفاده از آن‌ها به عنوان کاتدهای پیل سوختی اکسید جامد در دمای متوسط مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

۲- ساختار و مکانیزم هدایت یونی در کاتدهای ردلزدن پاپر نیکلاتی

همانطور که گفته شد استفاده از کاتدهای MIEC بواسطه‌ی افزایش سطح فصل مشترک بین سوخت گازی، الکتروود و الکترولیت یا همان TPB، سینتیک انتقال بار الکتریکی را تا حد زیادی ارتقاء می‌بخشد. با توجه به این موضوع، نیکلات لانتانیدها با فرمول

¹ Intermediate Temperature Range

² High Performance Cathodes

³ Lanthanum strontium manganite

⁴ Bulk Ionic Conductivity

⁵ Triple Phase Boundary (TPB)

⁶ Mixed Ionic Electronic Conductor (MIEC)

⁷ Anisotropy

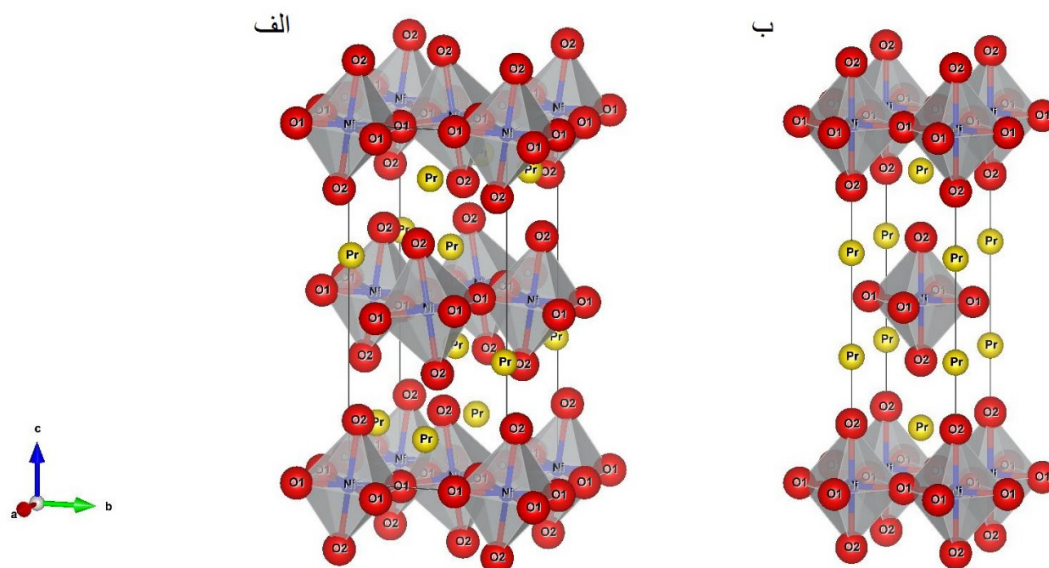
⁸ Ruddlesden-Popper

⁹ Pervoskite

¹⁰ Rock-Salt

کلی A_2NiO_{4+6} (A=La, Nd, Pr) به عنوان مواد کاندیدی MIEC، کاندیدای بسیار مناسبی برای کاربردهای دمای متوسط در پیل‌های سوختی اکسید جامد به شمار می‌روند. این اکسیدها به سری اول ($n=1$) از خانواده ردلزدن پاپر ($A_{n+1}MnO_{3n+1}$) با ساختار K_2NiF_4 تعلق دارند. این ساختار لایه‌ای، از چینش متناوب یک لایه‌ی پروسکایتی (که در آن هشت وجهی‌های MO_6 از گوشه به هم متصل هستند) و دو لایه با ساختار سنگ نمک در دو طرف آن، تشکیل شده است. در حالت ایده‌آل یعنی ساختار تتراگونال^۱ دمای بالا، تطابق کاملی بین لایه‌های پروسکایت و سنگ نمک وجود دارد و این باعث می‌شود که هشت وجهی‌ها در راستای چینش لایه‌ها جهت گیری نمایند. اما در حین سرد کردن، به دلیل عدم انطباق بین لایه‌ها، هشت وجهی‌ها دچار چرخش^۲ شده و فازهای جدیدی با ساختارهای تتراگونال (با تقارن متفاوت نسبت به دمای بالا) و یا ارتورومبیک^۳ به وجود می‌آید [۷].

ترکیبات ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لاتانیدها با تغییرات دما دچار استحاله‌های فازی می‌گردند. این مواد در دمای اتاق ساختاری ارتورومبیک با گروه‌های فضایی^۴ Bmab و یا Fmmm دارند که به آن‌ها ارتورومبیک دمای پایین^۵ (LTO) گفته می‌شود. در دمای حدود ۱۵۰۰ کلوین، این ساختار دچار استحاله‌ی فازی شده و به ساختاری تتراگونال با گروه فضایی^۶ I4/mmm (تتراگونال دمای بالا^۷ (HTT)) تبدیل می‌گردد [۸]. دو ساختار تتراگونال دمای بالا و ارتورومبیک دمای پایین در شکل ۱ به صورت شماتیک نمایش داده شده‌اند.



شکل ۱- الف) ساختار ارتورومبیک دمای پایین (Bmab) ب) ساختار تتراگونال دمای بالا I4/mmm در ماده‌ی Pr_2NiO_4 (ساختارها با نرم‌افزار VESTA و بر اساس اطلاعات ساختاری از [۸] و [۹] رسم شده‌اند).

تقریباً مشخص شده است که در شرایط معمول، اکسیدهای K_2NiF_4 به دلیل پذیرفتن یون اکسیژن بین نشین در درون لایه سنگ نمک، به صورت هایپر استوکیومتری^۷ هستند. بار الکتریکی این یون بین نشین به وسیله‌ی حفره‌های الکترونی در موضع فلز واسطه^۸ خنثی می‌گردد [۷]. رابطه‌ی (۱) واکنش اکسیداسیون شبکه در این ساختار را به نمایش می‌گذارد [۶].



¹ Tetragonal

² Tilt

³ Orthorhombic

⁴ Space Group

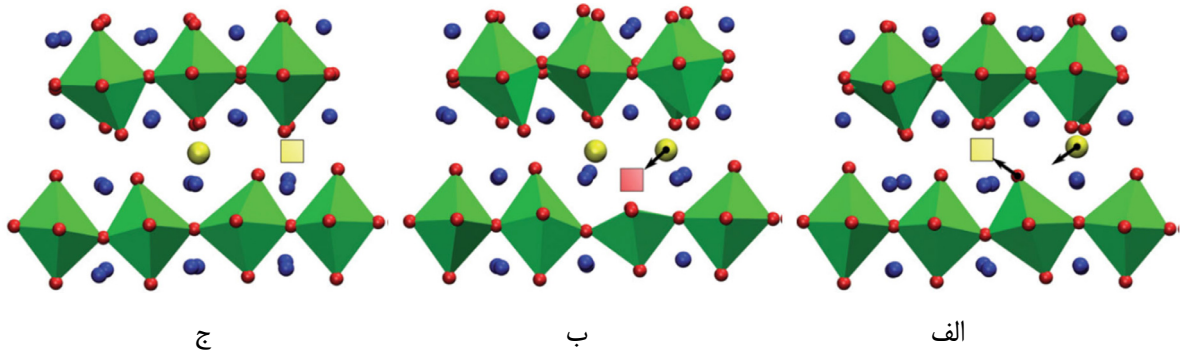
⁵ Low Temperature Orthorhombic (LTO)

⁶ High Temperature Tetragonal (HTT)

⁷ Hyper-stoichiometric

⁸ Transition Metal

شبهه سازی‌های دینامیک مولکولی^۱ انجام شده بر روی مواد ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لاتنانیدها پیش‌بینی کرده‌اند که نفوذ پذیری^۲ یون اکسیژن در این مواد به وسیله مکانیزم میان نهادهای^۳ ناهمسانگرد به وقوع می‌پیوندد. با توجه به این مکانیزم تقریباً کل نفوذ یون اکسیژن در لایه سنگ نمک (صفحه‌ی a-b) انجام می‌گیرد [۲]. اکسیژن رأس^۴ هشت وجهی NiO_6 در فرایند مهاجرت یون اکسیژن بین نشین، مطابق آنچه در شکل ۲ نشان داده شده، مشارکت می‌نماید. در آرایش اولیه، هشت وجهی‌های NiO_6 در مجاورت یون اکسیژن بین نشین (شکل ۲ الف)) دچار چرخش شده و کرنش شدید موضعی در شبکه ایجاد می‌کند. یون اکسیژن رأس یکی از این هشت وجهی‌ها به فضای خالی بین نشین منتقل شده، و متعاقباً یون اکسیژن بین نشین جای آن را می‌گیرد تا به این ترتیب کرنش موضعی از بین برود. آرایش نهایی (شکل ۲ ج)) دقیقاً مشابه حالت اول است با این تفاوت که یون اکسیژن بین نشین در لایه‌ی سنگ نمک جا بجا شده است [۱۰].



شکل ۲- مکانیزم میان نهادهای نفوذ یون اکسیژن در ساختار ردلزدن پاپر الف) موقعیت اولیه، فاصله گرفتن هشت وجهی‌ها از یون اکسیژن بین نشین ب) موقعیت ناپایدار میانی پس از جابجایی اکسیژن رأس با فضای خالی بین نشین ج) موقعیت نهایی، جابجایی یون اکسیژن بین نشین با جای خالی اکسیژن رأس [۱۰].

مقادیر محاسبه شده ی نفوذپذیری یون اکسیژن در این اکسیدها با در نظر گرفتن این مکانیزم، برای هایپراستوکیومتری‌های (δ) مختلف تطابق بسیار بالایی را با نتایج تجربی از خود نشان داده‌اند [۱۱، ۱۲]. از طرف دیگر، مقادیر محاسبه شده برای انرژی فعال سازی نفوذ، حاکی از وابستگی شدید آن‌ها به درجه‌ی هایپراستوکیومتری می‌باشد (از ۰/۴۹ الکترون ولت برای δ = ۰/۰۲۵ تا ۰/۶۴ الکترون ولت برای δ = ۰/۲) [۱۱]. این وابستگی ضریب نفوذ یون اکسیژن به غلظت یون بین نشین، اطلاعات بسیار مفیدی را درباره‌ی مکانیزم نفوذ به ما ارائه می‌دهد. ضریب نفوذ اکسیژن بین نشین (D) بر حسب دما (T) در رابطه‌ی (۲) ارائه شده است [۲].

$$D = D_i [O_i] \exp\left(-\frac{E_m}{k_B T}\right) \quad (2)$$

که در اینجا $[O_i]$ غلظت اکسیژن بین نشین، (D_i) مقداری ثابت، (E_m) انرژی فعال سازی نفوذ و (k_B) ثابت بولتزمن^۵ می‌باشند [۲]. در ابتدا با افزایش غلظت اکسیژن بین نشین، نفوذ پذیری به شدت افزایش می‌یابد که با توجه به اینکه این یون‌ها عامل اصلی نفوذ می‌باشند امری منطقی به نظر می‌رسد. اما با رسیدن δ به حدود ۰/۲، ضریب نفوذ به حالت اشباع رسیده و بیش از این افزایش پیدا نمی‌کند. از لحاظ فیزیکی این امر را می‌توان به این شکل تفسیر کرد که با افزایش غلظت یون بین نشین، مقاومت شبکه در برابر حرکت آن‌ها افزایش می‌یابد. اکسیژن‌های بین نشین اولیه به دلیل ایجاد کرنش موضعی، موجب قفل شدن^۶ هشت وجهی‌های NiO_6 گردیده و لذا قابلیت چرخش آن‌ها به منظور تسهیل نفوذ یون اکسیژن کاهش می‌یابد [۲].

¹ Molecular Dynamic

² Diffusivity

³ Interstitialcy

⁴ Apical Oxygen

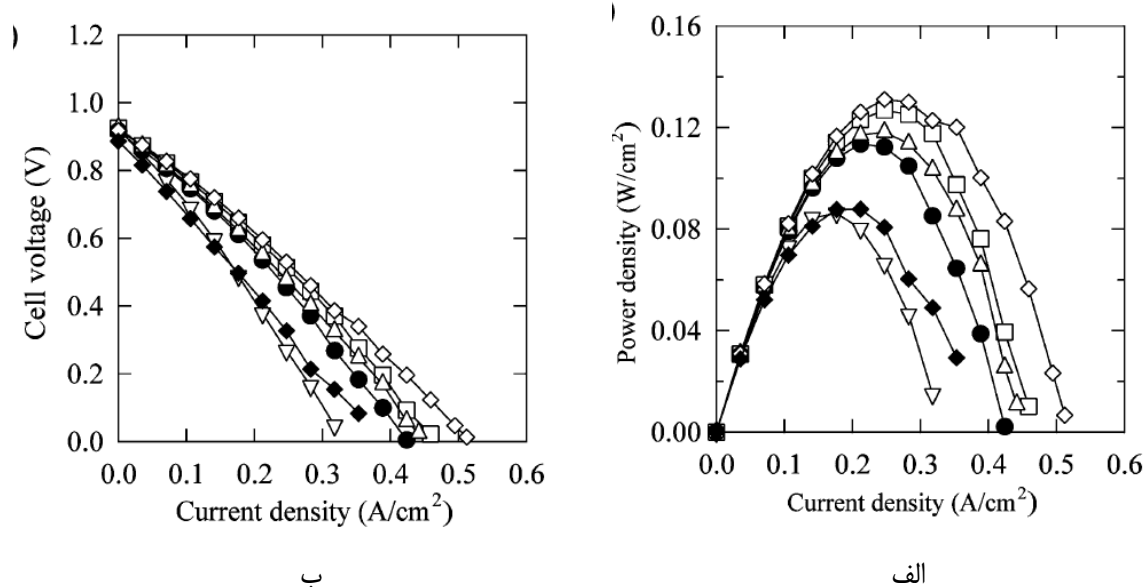
⁵ Boltzmann Constant

⁶ Pinning

۳- مقایسه خواص الکتروشیمیایی اکسیدهای ردلزدن پاپر و پروسکایتی

همانطور که گفته شد با توجه به ساختار بلوری اکسیدهای ردلزدن پاپر و همینطور نتایج به دست آمده از شبیه سازی، انتظار می رود که این مواد در مقایسه با کاتدهای پروسکایتی متداول خواص الکتروشیمیایی به مراتب بهتری داشته باشند. تعدادی از محققین با توجه به این موضوع، با انجام آزمایش های تجربی، این امر را مورد بحث و بررسی قرار داده اند.

نومورا^۱ و همکارانش [۱۳] در یک کار تحقیقاتی، خواص الکتروشیمیایی ترکیبات Pr_2NiO_4 را با اکسید پروسکایتی^۲ LSCF، که یکی از کاتدهای متداول برای پیل سوختی اکسید جامد می باشد، مقایسه کردند. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، تمامی ترکیبات بر پایه Pr_2NiO_4 ، نسبت به LSCF دانسیته ی توان^۳ و ولتاژ پیل بالاتری را تولید می نمایند. نومورا و همکارانش این اختلاف را به ضریب نفوذ بالاتر یون اکسیژن O^{2-} در ترکیبات ردلزدن پاپر نیکلاتی و متعاقباً هدایت یونی بالاتر آن ها نسبت می دهند. طبق گزارش این پژوهشگران، بیشینه ی دانسیته ی توان تولیدی 131 mW/cm^2 در دمای 700°C سانتیگراد به پیل منفرد $(\text{Pr}_{1.91}\text{Ni}_{0.71}\text{Cu}_{0.24}\text{Ga}_{0.05}\text{O}_4)/[\text{SDC}]/[\text{Ni-SDC}]$ تعلق دارد [۱۳].



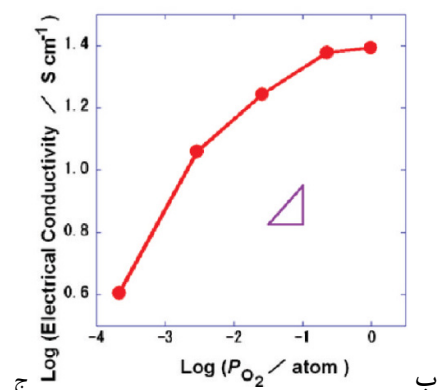
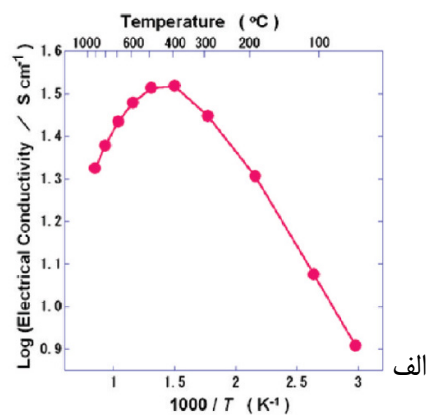
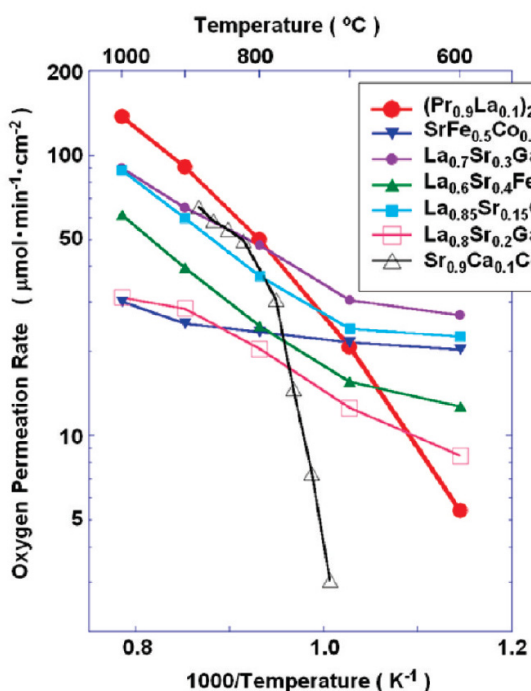
شکل ۳- الف) دانسیته ی توان بر حسب دانسیته ی جریان و ب) ولتاژ پیل بر حسب دانسیته ی جریان در 700°C سانتیگراد برای Pr_2NiO_4 (دایره)، $\text{Pr}_2\text{Ni}_{0.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_4$ (مثلث)، $\text{Pr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Cu}_{0.25}\text{O}_4$ (مربع)، $\text{Pr}_{1.91}\text{Ni}_{0.71}\text{Cu}_{0.24}\text{Ga}_{0.05}\text{O}_4$ (لوزی توخالی) و $\text{Pr}_2\text{Ni}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_4$ (مثلث وارونه) و LSCF (لوزی توپر) [۱۳].

یاشیما و همکارانش [۱۴] در یک کار پژوهشی دیگر نشان دادند که ترکیبات ردلزدن پاپر نیکلاتی از هدایت الکترونیکی بسیار خوبی برخوردار بوده و مقدار این هدایت الکترونیکی در بازه ی دمایی 62°C تا 394°C با افزایش دما، افزایش می یابد (رفتاری مشابه نیمه هادی ها). با افزایش دما تا 490°C ، هدایت الکترونیکی شروع به کاهش می نماید (رفتار شبه فلزی). نکته ی جالب دیگر اینکه هدایت الکترونیکی کل با افزایش فشار جزئی اکسیژن افزایش یافته که طبق نظر نویسندگان ناشی از تشکیل زوج الکترون-حفره می باشد (با توجه به رابطه ی (۱)، افزایش فشار جزئی اکسیژن علاوه بر هدایت الکترونی، هدایت یونی را نیز افزایش می دهد). در شکل ۴ نرخ عبوردهی اکسیژن در PLNCG (با ساختار ردلزدن پاپر K_2NiF_4) با برخی از هادی های MIEC متداول (با ساختار پروسکایتی ABO_3) مقایسه شده است. نرخ عبوردهی در PLNCG با افزایش دما افزایش یافته و مقدار آن در مقایسه با کاتدهای پروسکایتی متداول به طور قابل توجهی بالا می باشد ($137 \mu\text{mol cm}^{-2} \text{min}^{-1}$ در دمای 1000°C) [۱۴].

¹ Nomura

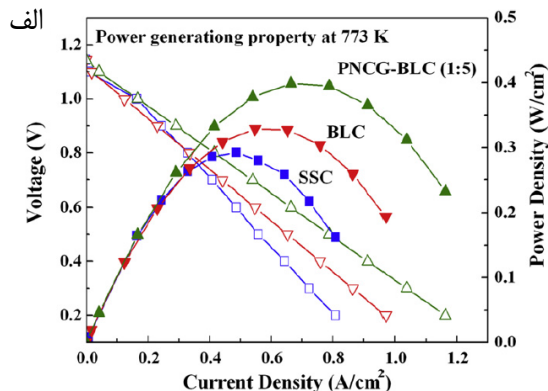
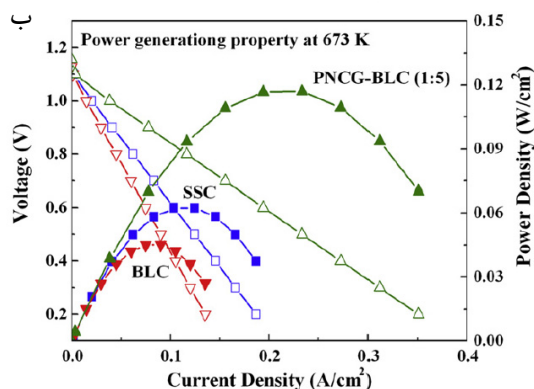
² Lanthanum Strontium Cobalt Ferrite

³ Power Density



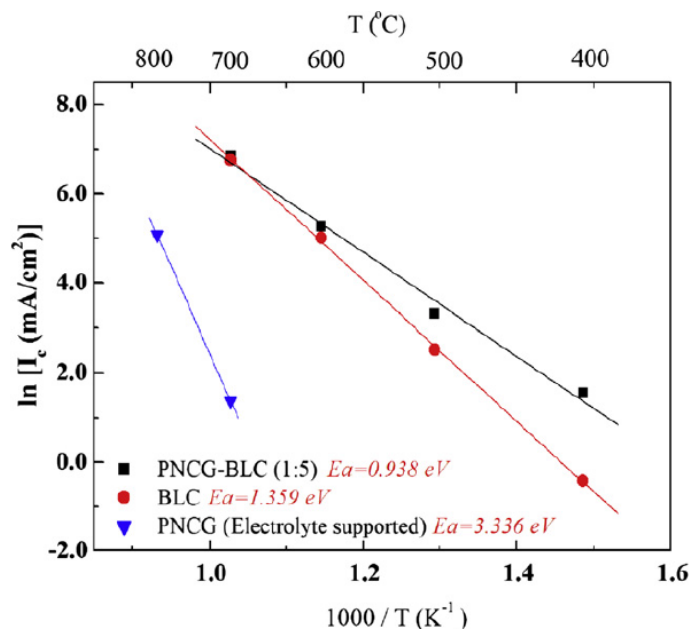
شکل ۴- الف) هدایت الکتریکی PLNCG بر حسب دما در اتمسفر هوا (ب) هدایت الکتریکی PLNCG بر حسب فشار جزئی اکسیژن در دمای 800°C (ج) مقایسه‌ی وابستگی دمایی نرخ عبور دهی اکسیژن در PLNCG با هادی‌های MIEC پروسکایتی متداول [۱۴].

در عین حال می‌توان با استفاده از اکسیدهای ردلزدن پاپر نیکلاتی خواص الکتروشیمیایی اکسیدهای پروسکایتی را بهبود بخشید. در این راستا، شی و همکارانش [۱۵]، اکسید ردلزدن پاپر نیکلاتی (PNCG) $\text{Pr}_{1.9}\text{Ni}_{0.71}\text{Cu}_{0.24}\text{Ga}_{0.05}\text{O}_{4+\delta}$ را با اکسیدهای پروسکایتی $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{CoO}_3$ (BLC)، $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_3$ (SSC) مخلوط کرده و خواص کاتدی لایه ضخیم کامپوزیتی را مورد بررسی قرار دادند. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، با افزودن PNCG به BLC، خواص الکتروشیمیایی کامپوزیت حاصل به طور قابل توجهی از اکسید پروسکایتی خالص بالاتر است. شی دلیل این امر را به حضور فاز PNCG با هدایت یونی بالای یون اکسیژن نسبت داده و معتقد است در مقایسه با BLC مواضع احیای یون اکسیژن از مرزهای سه فاز (هوا، کاتد، الکترولیت) به حجم کاتد گسترش بیشتری می‌یابند [۱۵].



شکل ۵- منحنی‌های ولتاژ و دانسیته‌ی جریان برای پیل منفرد دارای الکترولیت LSGM با ضخامت ۵ میکرومتر و کاتدهای لایه نازک BLC، SSC و PNCG-BLC (1:5) [۱۵].

شی و همکارانش با محاسبه‌ی شیب منحنی‌های آرنیوسی^۱ لگاریتم دانسیته‌ی جریان بر حسب معکوس دما در پتانسیل مازاد ۰/۰۵ V (شکل ۶)، پارامتری تحت عنوان انرژی فعال سازی ظاهری برای واکنش کاتدی (Ea) را مورد بررسی قرار دادند. این انرژی فعال سازی برای لایه نازک کامپوزیتی PNCG-BLC در حدود ۰/۹۳۸ eV الکترون ولت تخمین زده می‌شود که نشان می‌دهد، پس از اختلاط PNCG و BLC، انرژی اکتیواسیون ظاهری واکنش کاتدی کامپوزیت نسبت به اکسیدهای مادر^۳ به شدت کاهش پیدا کرده است [۱۵].



شکل ۶- منحنی‌های آرنیوسی لگاریتم دانسیته‌ی جریان بر حسب معکوس دما در پتانسیل مازاد ۰/۰۵ V [۱۵].

ژو^۴ و همکارانش [۱۶] در یک کار پژوهشی، پایداری عملکرد^۵ در کاتد Pr_2NiO_4 را مورد بررسی قرار داده و متعاقباً رفتار این ماده را با سایر کاتدهای متداول مقایسه کردند. همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است، اگر چه پیل بر پایه کاتد کامپوزیتی LSM/SDC پس از گذشت بیش از ۱۰۰۰ ساعت همچنان از لحاظ عملکرد پایدار است، اما دانسیته‌ی توان تولیدی آن نسبتاً پایین ($0/3 \text{ W/cm}^2$) می‌باشد. در سیستم‌های LSCF و BSCF^۶ (کاتدهای متداول) مطابق انتظار، توان تولیدی اولیه در دمای 750°C بسیار بالا بوده و در مورد BSCF حتی از Pr_2NiO_4 نیز بالاتر است. اما در هر دوی این کاتدها با گذشت زمان، توان تولیدی با نرخ نسبتاً زیادی کاهش می‌یابد. ژو ضمن اشاره به ناشناخته بودن مکانیزم تخریب، کاهش در توان تولیدی را به جدایش Sr در حین اعمال پتانسیل الکتروشیمیایی نسبت می‌دهد. در پیل‌های ساخته شده از کاتد Pr_2NiO_4 ، اگرچه دانسیته‌ی توان تولیدی اولیه با LSCF مشابه است، اما بر خلاف LSCF و BSCF، با گذشت ۱۰۰۰ ساعت در دمای 750°C ، کاهش در دانسیته‌ی توان تولیدی تنها در حدود ۱ تا ۳ درصد است [۱۶].

نکته‌ی دیگری که باید به آن اشاره کرد، مقاومت بالای ساختارهای ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لاتنانیدها مانند Nd_2NiO_4 در برابر اثرات منفی ایجاد شده توسط گونه‌های گازی حاوی کروم ناشی از اتصال دهنده‌ها است. یانگ^۷ و همکارانش [۱۷] در یک کار پژوهشی اثر مسمومیت کرومی بر روی ضریب تبادل سطحی اکسیژن (K_{chem}) در $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_3$ و Nd_2NiO_4 را در دمای 600°C با یکدیگر مقایسه کردند. این پژوهشگران در این مطالعه، کروم فلزی را با ضخامت ۱۰ تا ۳۰ نانومتر بر روی سطح اکسیدهای مورد بررسی لایه نشانی نمودند (با استفاده از روش رسوب دهی از فاز بخار فیزیکی PVD^۸). در عین حال

^۱ Arrhenius Plots

^۲ Activation Energy For Apparent Electrode Reaction

^۳ Parent Oxides

^۴ Zhou

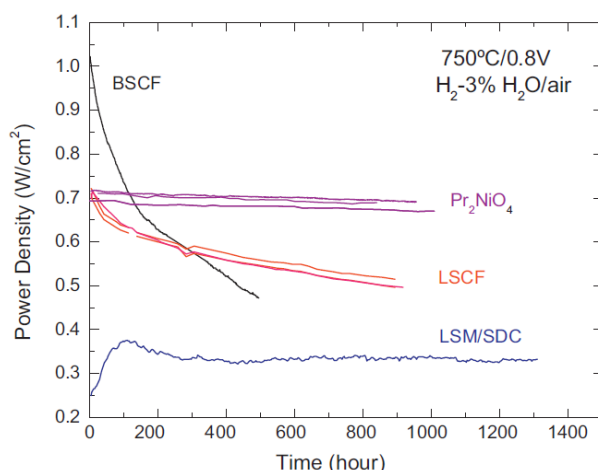
^۵ Performance Stability

^۶ Barium Strontium Cobalt Ferrite

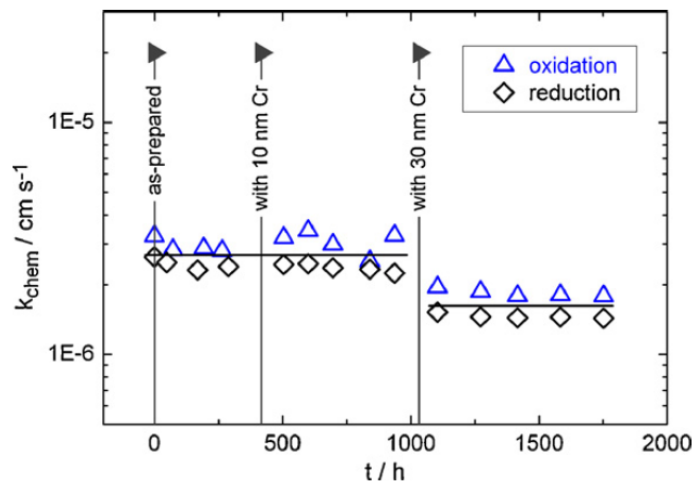
^۷ Yang

^۸ Physical Vapor Deposition

ضریب تبادل سطحی اکسیژن بوسیله‌ی ایجاد تغییرات ناگهانی در فشار جزئی اکسیژن (در محدوده‌ی ۰/۱ تا ۰/۱۵ بار) و متعاقباً تغییرات هدایت الکتریکی اندازه گیری شد (با برازش منحنی مقادیر هدایت الکتریکی اندازه گیری شده بر حسب زمان، به روش کمترین مجموع مربعات غیر خطی^۱، با مدل ارائه شده توسط پرایز^۲ و زیته^۳ [۱۸] می‌توان ضریب تبادل سطحی اکسیژن را محاسبه نمود). یانگ و همکارانش نشان دادند در حضور این لایه ۱۰ نانومتری، k_{chem} در مورد LSC تا حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، ولی وجود همین مقدار کروم بر روی سطح Nd_2NiO_4 تقریباً هیچ اثری بر k_{chem} ندارد. همانطور که شکل ۸ نشان می‌دهد، تنها در ضخامت‌های بالای کروم (بیش از ۳۰ نانومتر) است که ضریب تبادل سطحی اکسیژن در ماده‌ی Nd_2NiO_4 اندکی تحت تاثیر قرار می‌گیرد [۱۷].



شکل ۷- عملکرد الکتروشیمیایی پیل منفرد با کاتدهای LSM، LSCF، BSCF، Pr_2NiO_4 بر حسب زمان در دمای $750^\circ C$ و ولتاژ ۰/۸ (الکترولیت SDC) [۱۶].



شکل ۸- تغییرات ضریب تبادل سطحی اکسیژن برای ماده‌ی Nd_2NiO_4 در دمای $600^\circ C$ بر حسب زمان و در ضخامت‌های مختلف لایه‌ی کرومی [۱۷].

۴- نتیجه‌گیری

دمای بالا در پیل‌های سوختی اکسید جامد، عامل اصلی تخریب خواص الکتروشیمیایی در این سیستم‌ها می‌باشد. بدین منظور کاهش دمای کاری پیل‌های سوختی اکسید جامد به محدوده‌ی دمای متوسط یعنی ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد، به اولویت

¹ Non-Linear Least Squares Method

² Preis

³ Sitte

اصلی کارهای پژوهشی در این زمینه تبدیل شده است. با توجه به کاهش شدید هدایت یونی با کاهش دما در کاتدهای متداول پروسکایتی، امروزه استفاده از ترکیبات هادی مخلوط الکترونی و یونی که دارای ناهمسانگردی در ساختار بلوری می‌باشند به شدت مورد توجه قرار گرفته است. ناهمسانگردی در ساختار بلوری، منجر به ایجاد مسیرهای ترجیحی برای هدایت یون اکسیژن شده، و متعاقباً می‌توان هدایت یونی بالایی را در محدوده‌ی دمای متوسط بدست آورد. اکسیدهای ردلزدن پاپر بر پایه نیکلات لاتانیدها، از جمله مهمترین اکسیدهایی هستند که چنین خواصی را از خود به نمایش می‌گذارند. مطالعات تجربی نشان داده‌اند که خواص الکتروشیمیایی این دسته از اکسیدها به مراتب از اکسیدهای پروسکایتی متداول بالاتر است، و لذا استفاده از این اکسیدها به عنوان کاتد پیل سوختی اکسید جامد، یکی از مهمترین راهکارها برای کاهش دمای کاری این سیستم‌ها به محدوده‌ی دمای متوسط می‌باشد.

مراجع

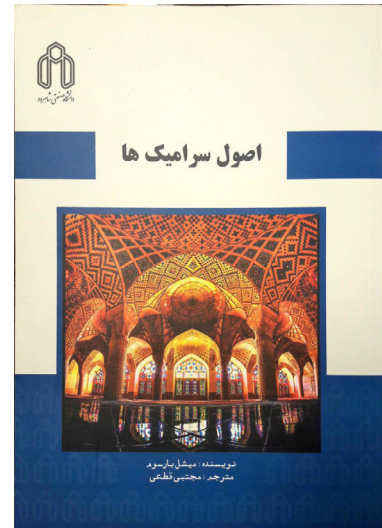
- [1] Y. Chen, W. Zhou, D. Ding, M. Liu, F. Ciucci, M. Tade, Z. Shao, Advances in cathode materials for solid oxide fuel cells: complex oxides without alkaline earth metal elements, *Advanced Energy Materials*, 5 (2015) 1500537.
- [2] A. Chroneos, B. Yildiz, A. Tarancon, D. Parfitt, J. A. Kilner, Oxygen diffusion in solid oxide fuel cell cathode and electrolyte materials: mechanistic insight from atomistic simulations, *Energy and Environmental Science*, 4 (2011) 2774-2789.
- [3] N. H. Perry, T. Ishihara, Roles of bulk and surface chemistry in the oxygen exchange kinetics and related properties of mixed conducting perovskite oxide electrodes, *Materials*, 9 (2016) 858.
- [4] J. Larminie, A. Dicks, *Fuel cell systems explained*, second ed, John Wiley and Sons Ltd, (2003).
- [5] R. O'Hayre, S.W. Cha, W.G. Colella, F.B. Prinz, *Fuel cell fundamentals*, third ed, John Wiley and Sons Inc, (2016).
- [6] A. Tarancon, M. Burriel, J. Santiso, S.J. Skinner, J.A. Kilner, Advances in layered oxide cathodes for intermediate temperature solid oxide fuel cells, *Journal of Materials Chemistry*, 20 (2010) 3799-3813.
- [7] T. Broux, C. Prestipino, M. Bahout, S. Paofai, E. Elkaim, V. Vibhu, J.C. Grenier, A. Rougier, J.M. Bassat, O. Hernandez, Structure and reactivity with oxygen of $\text{Pr}_2\text{NiO}_{4+\delta}$: an in situ synchrotron X-ray powder diffraction study, *Dalton Transactions*, 45 (2016) 3024-3033.
- [8] S. M. Aspera, M. Sakaue, T. D. K. Wungu, M. Alaydrus, T. P. T. Linh, H. Kasai, M. Nakanishi, T. Ishihara, Analysis of structural and electronic properties of Pr_2NiO_4 through first-principles calculations, *Journal of Physics Condensed Matter*, 24 (2012) 405504.
- [9] M. T. Fernandez-Diaz, J. Rodriguez-Carvajal, J. L. Martinez, G. Fillion, F. Fernandez, R. Saez-Puche, Structural and magnetic phase transitions in Pr_2NiO_4 , *Zeitschrift fur Physik B Condensed Matter*, 82 (1991) 275-282.
- [10] A. Chroneos, D. Parfitt, J. A. Kilner, R. W. Grimes, Anisotropic oxygen diffusion in tetragonal $\text{La}_2\text{NiO}_{4+\delta}$: molecular dynamics calculations, *Journal of Materials Chemistry*, 20 (2010) 266-270.
- [11] D. Parfitt, A. Chroneos, J. A. Kilner, R. W. Grimes, Molecular dynamics study of oxygen diffusion in $\text{Pr}_2\text{NiO}_{4+\delta}$, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 12 (2010) 6834-6836.
- [12] E. Boehm, J. M. Bassat, P. Dodor, F. Mauvy, J. C. Grenier, P. Stevens, Oxygen diffusion and transport properties in non-stoichiometric $\text{Ln}_{2-x}\text{NiO}_{4+\delta}$ oxides, *Solid State Ionics*, 176 (2005) 2717-2725.
- [13] T. Nomura, S. Nishimoto, Y. Kameshima, M. Miyake, Electrode properties of doped Pr_2NiO_4 based oxide cathode for intermediate temperature SOFCs, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 120 (2012) 534-538.
- [14] M. Yashima, N. Sirikanda, T. Ishihara, Crystal structure diffusion path and oxygen permeability of a Pr_2NiO_4 based mixed conductor $(\text{Pr}_{0.9}\text{La}_{0.1})_2(\text{Ni}_{0.74}\text{Cu}_{0.21}\text{Ga}_{0.05})\text{O}_{4+\delta}$, *Journal of American Chemical Society*, 132 (2010) 2385-2392.
- [15] J. Xie, Y. W. Ju, M. Matsuka, S. Ida, T. Ishihara, Synergy effects of $\text{Pr}_{1.91}\text{Ni}_{0.71}\text{Cu}_{0.24}\text{Ga}_{0.05}\text{O}_4$ and $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{CoO}_3$ composite on cathodic activity for intermediate temperature solid oxide fuel cells, *Journal of Power Sources*, 228 (2013) 229-236.
- [16] X. D. Zhou, J. W. Templeton, Z. Nie, H. Chen, J. W. Stevenson, L. R. Pederson, Electrochemical performance and stability of the cathode for solid oxide fuel cells: V high performance and stable Pr_2NiO_4 as the cathode for solid oxide fuel cells, *Electrochimica Acta*, 71 (2012) 44-49.
- [17] M. Yang, E. Bucher, W. Sitte, Effects of chromium poisoning on the long-term oxygen exchange kinetics of the solid oxide fuel cell cathode materials $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_3$ and Nd_2NiO_4 , *Journal of Power Sources*, 196 (2011) 7313-7317.
- [18] W. Preis, E. Bucher, W. Sitte, Oxygen exchange kinetics of $\text{La}_{0.4}\text{Sr}_{0.6}\text{FeO}_{3-\delta}$ by simultaneous application of conductivity relaxation and carrier gas coulometry, *Solid State Ionics*, 175 (2004) 393-397.

تازه‌های نشر

اصول سرامیک‌ها

مترجم: مجتبی قطعی

سرامیک‌ها برای هزاران سال به انسان‌ها خدمت کرده‌اند اما تکنولوژی‌های پیشرفته و نیاز به مواد نو، مجدداً تحقیقات را به سمت این مواد معطوف کرده‌اند و اکنون می‌توان گفت که قدیمی‌ترین ماده مورد استفاده بشر به ماده‌ای برای آینده تبدیل شده است. سرامیک‌ها بی‌شک کلیدی‌ترین مواد در سال‌های آینده خواهند بود. کتاب حاضر مجموعه‌ای ارزشمند به منظور آشنایی با اصول و مفاهیم اولیه سرامیک از جمله ساختار سرامیک‌ها، ترمودینامیک و سینتیک سرامیک‌ها، عیوب در سرامیک‌ها، نفوذ و رسانایی الکتریکی، تعادل فازی، ایجاد، ساختار و خواص شیشه‌ها، خزش و خستگی در سرامیک‌ها، خواص مکانیکی، حرارتی، دی‌الکتریک، مغناطیسی و نوری سرامیک‌ها می‌باشد.



معرفی پایان نامه‌های دانشجویی

پایان نامه دکترا

سنتز نانوکامپوزیت‌های دما بالای سیستم سه تایی ZrB₂-SiC-ZrC به روش SPS و سینتر آن‌ها به روش MA-SHS



دانشجو: سید محسن امامی

اساتید راهنما: محمد ذاکری، اسمعیل صلاحی

استاد مشاور: سید علی طیبی فرد

پژوهشگاه مواد و انرژی

چکیده: در این رساله روش جدیدی برای سنتز کامپوزیت سیستم سه تایی دما بالای ZrB₂-SiC-ZrC ارائه شده است. پودر کامپوزیت مذکور از مواد اولیه زیرکن، اکسید بور، کربن و منیزیم با استفاده از جرقه پلاسما (SPS) به روش سنتز خوداحتراقی دما بالا (SHS) در چهار ترکیب گوناگون دارای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد ZrC سنتز شد و فازهای ترکیبات حاصل توسط پراش پرتو ایکس تأیید شدند. روند سنتز پودرها توسط نمودارهای جابجایی (انقباض نمونه) و دما برحسب زمان (DTT) و نیز نمودارهای سرعت جابجایی (انقباض) بر حسب دما و زمان مستخرج از فرایند SPS بررسی شد که دمای بهینه ۴۰۰ °C و زمان بهینه ۱۵min برای سنتز پودر کامپوزیتی ZrB₂-SiC-ZrC به دست آمد. سپس برای سینتر پودرهای حاصل از این روش دوباره از فرایند SPS در دمای ۱۸۰۰ °C و زمان ماندگاری ۵ min در دمای پیشینه استفاده شد. در این مرحله نیز برای بررسی فرایند سینتر نمودارهای DTT مورد استفاده قرار گرفتند که مشخص شد نمونه‌ها در دمای بهینه ۱۷۵۰ °C و زمان بهینه ۱۷min به طور کامل سینتر می‌شوند. اثر ترکیب، دما و زمان فرایند سینتر نیز بر خواص و ساختار نمونه‌های سینتر شده مورد بررسی قرار گرفت. تعیین ریزساختار نمونه‌های گوناگون و خواص فیزیکی (چگالی) و مکانیکی (استحکام، سختی و چقرمگی) آنها نشان داد که با افزایش مقدار ZrC چگالی و خواص مکانیکی نمونه‌ها تا مقدار ZrC ۱۵٪ به دلیل اثر مفید ZrC بر سینترپذیری و پیوستگی مناسب ذرات فازهای گوناگون در ساختار، افزایش داشته و پس از آن افت شدیدی می‌کند. بنابراین در دما و زمان سینتر یکسان، نمونه دارای ZrC ۱۵٪ با چگالی نسبی ۹۹/۷۸٪ دارای بالاترین خواص مکانیکی (استحکام ۱۹ MPa، سختی ۱۹/۲۸ GPa و چقرمگی ۵/۷ MPa.m^{1/2}) و نمونه دارای ZrC ۲۰٪ با چگالی نسبی ۹۴/۴۳٪ دارای کمترین خواص مکانیکی (استحکام ۳۶۹ MPa، سختی ۱۵/۹۴ GPa و چقرمگی ۵/۲ MPa.m^{1/2}) بود. در مورد اثر دما و زمان سینتر نیز مشخص شد که با افزایش هر یک از این عامل‌ها چگالی و خواص نمونه بهبود یافته و همچنین افزایش دما نسبت به افزایش زمان سینتر، تأثیر بیشتری در بهبود خواص نمونه دارد. در نتیجه نمونه دارای ZrC ۲۰٪ که پایین‌ترین خواص را داشت، در دمای ۱۸۵۰ C و زمان ماندگاری ۱۵ min به چگالی نسبی ۹۹/۵٪، استحکام ۶۳۳ MPa، سختی ۲۰/۶۵ GPa و چقرمگی ۶/۱ MPa.m^{1/2} رسید.

کلمات کلیدی: سرامیک‌های فوق دما بالا، دی‌بوراید زیرکنیم، کاربید سیلیسیم، کاربید زیرکنیم، سنتز خوداحتراقی دما بالا، سینتر با جرقه پلاسما، کامپوزیت، ریزساختار، خواص مکانیکی.

پایان نامه کارشناسی ارشد

تأثیر پارامترهای ساخت و مواد افزودنی بر خواص اپتیکی قطعات سرامیکی اسپینل آلومینات منیزیم

دانشجو: علی شفیعی کهنمویی

استاد راهنما: محمد حسین عنایتی

استاد مشاور: امیرالحاجی

دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده: اسپینل آلومینات منیزیم جز مواد سرامیک‌های شفاف با عبور دهی خیلی بالا (۸۷ درصد) می‌باشد که خواص مکانیکی مناسبی هم (استحکام شکست ۳۷۰ مگا پاسکال) دارد. از جمله موارد مهمی که روی میزان عبور نور سرامیک‌های شفاف تأثیرگذار است، تخلخل‌ها می‌باشند که باعث پراکنش نور می‌شوند. برای اینکه نمونه‌ای به شفافیت برسد باید چگالی آن برابر چگالی تئوری بشود برای مثال وجود ۰/۵ درصد تخلخل در نمونه اسپینل آلومینات منیزیم باعث افت شدید شفافیت می‌شود علاوه بر آن توزیع تخلخل نیز تأثیر بسزایی در میزان عبور نور دارد. هر چه اندازه تخلخل به طول موج عبوری نزدیک باشد بیشترین افت شفافیت را منجر می‌شود؛ بنابراین باید از روش‌هایی برای ساخت سرامیک‌های شفاف استفاده کرد که حداقل میزان تخلخل باقی‌مانده با توزیع مناسب تخلخل را داشته باشد. اخیراً استفاده از روش‌های شکل‌دهی کلوئیدی برای ساخت سرامیک‌های شفاف رایج شده‌اند که در بین آن‌ها روش شکل‌دهی ریخته‌گری دوغابی به دلیل هزینه پایین و توزیع مناسب تخلخل یک روش پرکاربرد برای ساخت سرامیک‌های شفاف می‌باشد. در این پژوهش به بررسی تأثیر روش ریخته‌گری دوغابی بر میزان عبور نور پرداخته شد. پودرهایی با اندازه ذرات مختلف تهیه و خواص رئولوژیکی در مقادیر مختلفی از پراکنده‌ساز دولابیکس 64 CE آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده گردید که با اضافه کردن پراکنده‌ساز مقدار ویسکوزیته در یک مقدار خاصی که بستگی به اندازه پودر دارد کمترین مقدار می‌شود که مقدار بهینه پراکنده‌ساز می‌باشد علاوه بر آن با افزایش اندازه ذره به دلیل کاهش سطح، درصد بهینه پراکنده‌ساز کاهش می‌یابد به طوری که با افزایش اندازه ذره از ۹۰ نانومتر به ۵۰۰ نانومتر میزان بهینه پراکنده‌ساز از ۲/۵ به ۰/۵ درصد وزنی بار جامد کاهش یافت. سپس در شرایط بهینه از پراکنده‌ساز و در بارهای جامد مختلف نمونه‌هایی با پودرهای مختلف ریخته‌گری شد. مشاهده گردید که با افزایش بار جامد چگالی خام افزایش می‌یابد که برای دوغاب ۶۵ درصد وزنی با نیم درصد وزنی پراکنده‌ساز از پودر ۵۰۰ نانومتری، چگالی خام ۶۵ درصد به دست آمد. برای نمونه‌های ریخته‌گری شده از پودرهای مختلف مشاهده شد که با کاهش اندازه ذره (کمتر از ۱۵۰ نانومتر) چگالی خام به دلیل آگلومراسیون به شدت کاهش می‌یابد. نمونه‌های بهینه (نمونه ساخته‌شده با بار جامد ۶۵ درصد وزنی و نیم درصد پراکنده‌ساز و چگالی خام ۶۵ درصد) پس از ریخته‌گری با آزمون تخلخل سنجی، اندازه و توزیع تخلخل آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده گردید که توزیع اندازه تخلخل برای نمونه‌ها به صورت تک پیک و در نصف اندازه ذره می‌باشد. نمونه‌های بهینه تحت فرایند تفجوشی با پلاسمای جرقه‌ای قرار گرفتند. مشاهده شد نمونه ساخته‌شده با فرایند ریخته‌گری دوغابی نسبت به نمونه تفجوشی شده به صورت پودری با یک درصد وزنی LiF به عنوان کمک زینتر، ۱۰ درصد در ناحیه مرئی و ۱۵ درصد در ناحیه مادون قرمز عبور بیشتری دارد. علاوه بر آن با کاهش دمای تفجوشی از ۱۵۰۰ به ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد میزان عبور نور تا ۲۰ درصد افزایش یافت که به دلیل کاهش رشد دانه می‌باشد.

اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران

اعضای حقوقی ویژه انجمن سرامیک ایران



شرکت پویا همراه سرام (بازرگانی

و مهندسی مشاور)

مدیرعامل: مهندس محسنی طارمیری
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



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



کاشی نیلو

مدیرعامل: مهندس بلوچی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان،
خیابان حکیم نظامی، ابتدای محتشم
کاشانی، ساختمان کاشی نیلو

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۲۵۴۱۲۶
نشانی سایت: www.NilouTile.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>

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 آرمتاژ

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 روشنفکر

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان آفریقا،

خیابان ناهید شرقی، پلاک ۱۲، طبقه ۳ و ۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۱۰۱۴۰

نشانی سایت:

www.kasratileco.com

فرآورده‌های 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

شرکت فرآورده‌های نسوز آذر
AZAR REFRACTORIES CO.

اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران

آپادانا سرام

مدیر عامل: دکتر صباغی

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

ایران آیمدی

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

IRAN I.M.D.

اشکان پارت آفرین

مدیر عامل: دکتر غفاری

آدرس دفتر مرکزی: کرج، گلشهر ویلا رودکی

غربی، پلاک ۲۷۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۶۳-۶۶۷۰۸۳۶



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

مدیر عامل: مهندس صمدی

آدرس: طیس، نرسیده به جو خواه،

معدن کائولن پارس

تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۷۵۵۷۳

نشانی سایت: www.parskaolin.com

پارس کائولن

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

مدیریت: دکتر صالحی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان آرژانتین،

انتهای خیابان الوند، کوچه جوبین، پلاک ۱۶

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۱۶۲۶

نشانی سایت: www.merc.ac.irپژوهشگاه
مواد و انرژی

پیشرو ذوب اتور

مدیر عامل: مهندس ملایی داریانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان احمد

قصیر، کوچه یکم، پلاک ۶ واحد ۱۰

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۴۹۸۸۴

نشانی سایت: www.pishrozob.com

پیشگامان سرامیک برسام

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.comبرسام
شرکت پیشگامان سرامیک



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.termir.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

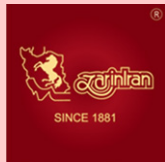


تهیه و تولید مواد اولیه آریاکانی اسپادانا

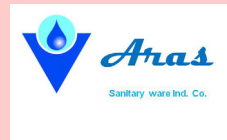
مدیر عامل: دکتر پویامهر
آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان ملاصدرا، خیابان پانزدهم،
 پلاک ۳۴، واحد ۳
تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۶۱۷۵۳۷-۸

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

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



شرکت صنایع
 خاک چینی ایران

دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی مواد

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



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



Sara Loab Maybod.co

سارا کاشی سپاهان

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



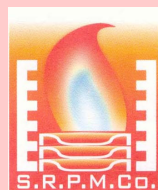
سرامیک‌های صنعتی اردکان

مدیرعامل: مهندس برهانی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان،
میدان آزادی، ابتدای خیابان
سعادت‌آباد، 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



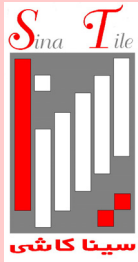
صنایع کاشی زرین خراسان

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، بازاره بازار نسوز
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 ۶۳۰ واحد ۱۱
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۷۲۳۵۸۹

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



فرآورده‌های نسوز ایران

مدیر عامل: 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



کاشی ایرانا

مدیر عامل: مهندس حاصل طلب
آدرس دفتر مرکزی: تهران، ۱۳ کیلومتر جاده مخصوص کرج، روبروی ایران خودرو
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۴۴۹۰۵۰۰۱-۵
نشانی سایت: www.irana-tile.com



کائولین 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



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.setarehtile.com



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 فیروزه مشهد

مدیر عامل: مهندس سقاء رضوی
آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار سجاده، خیابان بیستون ۲، مجتمع تجاری طوس، طبقه ۵ و ۶
صندوق پستی: ۹۱۳۷۵-۴۴۳۷
تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۷۶۷۰۰۰۱
نشانی سایت: www.firoozehtile.com



کاشی 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 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



کاشی کرد

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 نوآوران

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



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



گلسار 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

کسری لعاب میبد

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

لعاب یاس فارس

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

لعاب مشهد

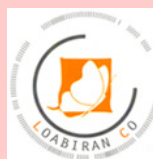


مدیر عامل: دکتر یوسفی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا،
خیابان شیراز جنوبی، کوچه اتحاد، پلاک ۱۴، طبقه ۲
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۳۶۹۶
نشانی سایت: <http://www.mashhadglaze.com>

مجتمع 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



لعابیران

مدیر عامل: دکتر نعمتی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان
گاندی شمالی، کوی شهید صاعی، شماره ۲۵
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۹۵۱۴۱-۲
نشانی سایت: www.loabiran.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



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



مفید شیشه

مدیر عامل: مهندس موسوی کریمی
 آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان
 ولیعصر، پایین تر از میدان ونک، شماره
 ۲۵۴۰، طبقه ۷
 تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۶۴۸۱۱
 نشانی سایت: www.mofidglass.com



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

مہفام جام (سهامی خاص)

مدیر عامل: مهندس دهقان
 آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان آرژانتین، خیابان احمدقصر،
 چهاردهم غربی، پلاک ۲۶، طبقه ۳
 تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۱۵۰۱۵



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

تقویم رویدادهای سرامیک

هفتمین کنفرانس بین‌المللی نانوساختارها

پژوهشکده علوم و فناوری نانو، دانشگاه صنعتی شریف

۹-۱۰ اسفند ۱۳۹۶

icns7.sharif.ir

هفتمین کنگره بین‌المللی رنگ و پوشش

دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲۸-۳۰ آذر ۱۳۹۶

ICCC2017@aut.ac.ir

ششمین کنفرانس بین‌المللی مواد فوق ریزدانه و نانوساختار

جزیره کیش

۲۱-۲۲ آبان ۱۳۹۶

ufgns17@ut.ac.ir

چهاردهمین همایش علمی دانشجویی مهندسی مواد و متالورژی ایران

دانشگاه شهر کرد

۱۱-۱۲ مهر ۱۳۹۶

cmat@iromes.ir

ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی مواد و متالورژی

هتل المپیک، تهران

۶-۷ آبان ۱۳۹۶

www.imatconf.com

سومین کنفرانس ملی مهندسی مواد، مهندسی شیمی و ایمنی صنعتی

مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین

۱۹-۲۰ مهر ۱۳۹۶

conf.isc.gov.ir/mcis96

برگزاری نخستین همایش بین‌المللی نانوالیاف ایران

دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲۹-۳۰ مهر ۱۳۹۶

info@icnanofiber.com

اولین کنفرانس بین‌المللی مکانیک مواد و تجهیزات پیشرفته

دانشگاه شهید چمران اهواز

۱۱ بهمن ۱۳۹۶

<http://cmme2018.ir/>

12th Conference for Young Scientists in Ceramics

University of Novi Sad, Serbia

October, 18-21 2017

<http://www.tf.uns.ac.rs/sm/>

6th International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications toward a Low Carbon Society (ACTSEA 2017)

Kaohsiung, Taiwan

November, 5-8 2017

<http://actsea2017.web2.ncku.edu.tw>

PACRIM13 the 13th Pacific Rim conference of Ceramic Societies

Okinawa Convention Center, Japan

October, 27-31 2017

<http://www.ceramic.or.jp/pacrim13/>

Ceramics China

Guangzhou, China

30 May-02 Jun 2017

Info@ceramicschina.net

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

Daytona Beach, Fla. USA

January, 21-26 2018

www.ceramics.org/icacc2018

4th Ceramics Expo

Cleveland, Ohio USA

May, 1-3 2018

www.ceramicsexpousa.com

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

International Conference on Injection Molding of Metals, Ceramics and Carbides

Irvine, CA, United States

May, 5-7 2018

<http://www.mim2018.org>

