



سال دهم، شماره شصتم

زمستان ۱۳۹۸

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 اپرانا
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	گزارش سومین نمایشگاه بین‌المللی شیشه و صنایع وابسته
۵	کارگاه آموزشی "کاربردهای سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP) در صنایع ..."
۹	گزارش جلسه چالش‌ها و راهکارهای گسترش تعاملات بین‌المللی انجمن‌های علمی
۱۳	انجمن سرامیک ایران برگزار می‌کند: کارگاه آموزشی "طرح کیفیت- استانداردسازی ..."
۱۴	اخبار شرکت‌ها و مراکز پژوهشی
۱۴	فعالیت صنعت کاشی و سرامیک با ۵۰ درصد ظرفیت / وزارت صمت، بانک مرکزی و ...
۱۵	مجوز کارخانه کاشی چینی‌ها در کرمانشاه لغو شد + نامه
۱۶	صنعت شیشه، یک صنعت پاک است.
۱۷	دو واحد تولید کاشی و سرامیک در تفت استان یزد راه اندازی شد.
۱۸	بیش از ۶۰ درصد صادرات یزد در حوزه کاشی و سرامیک است.
۱۹	اخبار علمی
۱۹	فوتوپلیمرهای چاپ سه‌بعدی تولید شد.
۲۰	پژوهشگران روش جدیدی را برای بهبود چگالی انرژی ابررساناها براساس مواد ...
۲۱	امکان ساخت ارزان و آسان بال‌های هواپیما با استفاده از نانولوله‌ها
۲۱	استفاده از الکتروسیته‌ی طبیعی استخوان برای تقویت بازسازی
۲۲	درک تنش و کرنش مواد توسط حسگر نانو مقیاس
۲۳	خانه‌های پرینت سه بعدی راهی برای خانه‌دار شدن افراد نیازمند
۲۵	مقالات پژوهشی
۲۵	سنجش میزان سرب در لعاب‌های سفال و سرامیک لالچین
۳۱	مقالات مروری
۳۱	مروری بر متداول‌ترین روش‌های سنتز و فرآوری فیلم‌های نازک اکسید روی
۳۸	نانو پوشش‌های فوق آبگریز ضدیخ
۵۲	ساخت ایمپلنت‌های پزشکی به روش تولید افزایشی
۶۱	تأثیر نسبت افزودنی‌های $Al_2O_3$ و $Y_2O_3$ بر رفتار سینتر $SiC$
۶۶	معرفی پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی
۶۹	لیست اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران
۷۷	تقویم رویدادهای سرامیک

## اخبار انجمن سرامیک ایران

گزارش سومین نمایشگاه بین‌المللی شیشه و صنایع وابسته

۳ الی ۶ بهمن ماه ۱۳۹۸

### محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران



سومین نمایشگاه بین‌المللی شیشه و تجهیزات وابسته از ۳ الی ۶ بهمن ماه توسط انجمن صنفی صنعت شیشه با همکاری انجمن سرامیک ایران در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران برگزار شد. هدف از برگزاری این نمایشگاه، آشنا شدن بازدیدکنندگان با شرکت‌های جدید و محصولات و تجهیزات به‌روز شیشه و صنایع وابسته بوده است. این نمایشگاه با حضور ۸۶ شرکت داخلی و نیز جمعی از مقامات و فعالان وزارت صنعت، معدن و تجارت، راه و شهرسازی، رؤسای انجمن‌های مرتبط و فعالان اقتصادی و در سالن‌های ۵ و ۶ محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی برگزار شد.

بیش از ۶۰ شرکت ایرانی در سومین نمایشگاه شیشه و تجهیزات وابسته محصولات خود را معرفی نمودند این نمایشگاه در مساحتی حدود ۷ هزار و ۵۰۰ متر در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی برگزار شد و از نظر سطح بازدیدها با وجود وضعیت نامساعد جوی، حدود ۱۵ درصد رشد نسبت به دوره قبل داشت. صنعت شیشه کشور سهم ۴ درصدی در توسعه اقتصادی کشور داشته و نمایشگاه

بین‌المللی شیشه و تجهیزات وابسته اکنون ۳ ساله شده و همواره فرصت مناسبی بوده که فعالان این صنعت بتوانند ضمن شناسایی نیازها بازار به توسعه فعالیت‌های‌شان بپردازند.

مهندس حسین زجاجی، نایب رییس انجمن سرامیک ایران و دبیر انجمن صنفی صنعت شیشه در حاشیه برگزاری سومین نمایشگاه صنعت شیشه و صنایع وابسته گفت: عراق، ارمنستان، تاجیکستان، جمهوری آذربایجان، کشورهای حاشیه خلیج فارس و برخی کشورهای اروپایی بازارهای صادراتی این صنعت هستند که سالانه ۲۰۰ میلیون دلار برای کشور ارزآوری ایجاد می‌کند. وی اضافه کرد: در کارخانه‌های بزرگ شیشه‌سازی کشور روزانه، ۵۵۰ هزار متر مربع شیشه جام برای مصارف ساختمانی تولید می‌شود که از این میزان حدود ۴۰ درصد آن صادر می‌شود و ۶۰ درصد مابقی نیاز بازار داخل را تامین می‌کند.





هم اکنون در ۷ کارخانه شیشه‌سازی کشور شیشه فلوت تولید می‌شود که این نوع شیشه، محصول آخرین روش تولید شیشه است که جایگزین شیشه‌های سنتی شده و موارد استفاده آن بیشتر در شیشه‌های اتومبیل و شیشه‌های ضد گلوله و سکوریت است. وجود صد درصدی مواد اولیه در داخل کشور و همچنین رونق تولید و صادرات موجب شد شرکت‌ها و کارخانه‌های داخلی تولید بسیار مناسبی داشته باشند. وی با بیان اینکه شیشه یکی از صنایع مهم و با اهمیت کشورمان است که تولید صنعتی آن ۷۵ سال پیش آغاز شد، گفت: سیلیس، سدیم کربنات، آهک، اکسیدمنیزیم و دولومیت مواد اولیه شیشه هستند که معادن این مواد در ایران وجود دارد و همه این مواد با سهولت و نرخ پایین در دسترس است و شاید این مسئله نخستین و مهم‌ترین مزیت این صنعت به حساب می‌آید. وی با اشاره به اینکه خوشبختانه وضعیت صنعت شیشه در ایران بسیار مطلوب است و ما در این زمینه مشکل خاصی نداریم، ادامه داد: با راه‌اندازی چند کارخانه شیشه‌سازی در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ در این زمینه به خودکفایی رسیدیم. حسین زجاجی در ادامه برای دیپلماسی اقتصادی نادرست چند مثال آورد و گفت: کشورهایی مثل هند و ترکیه به‌خوبی از صادرات خود حمایت می‌کنند. حمایت با شعار محقق نمی‌شود. وقتی فلان کشور علیه صنعت ما قوانینی وضع می‌کند باید مقابله‌به‌مثل شود. آنها این کار را انجام می‌دهند ولی ما نه. اگر این کاستی نبود صنعت شیشه می‌توانست صادرات خود را به یک میلیون تن در سال برساند اما در ۶۰۰ هزار تن متوقف شده است. دبیر انجمن صنفی صنعت شیشه در پایان اظهار کرد: یکی از سکوه‌های بسیار مهم در معرفی و شناسایی توانایی‌ها و قابلیت‌های فنی واحدهای تولیدی و خدماتی، حضور در نمایشگاه‌هاست که به‌عنوان یک شاخه مهم بازرگانی بین‌الملل مطرح است. ایران با تولید سالانه ۲۲۰۰ هزار تن انواع شیشه، از کانون‌های اصلی تولید این فرآورده صنعتی در جهان است.

در میان شرکت‌های حاضر در نمایشگاه، تعدادی از اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران از جمله شرکت شیشه قزوین و گروه کارخانجات شیشه اردکان نیز حضور داشتند.



انجمن سرامیک ایران نیز در سالن ۶ با ارائه فعالیت‌ها و انتشارات، حضوری فعال در این نمایشگاه داشت. اعضای مختلف صنعتی و دانشگاهی ضمن حضور در غرفه انجمن با فعالیت‌های انجمن سرامیک ایران آشنا شدند.







## کارگاه آموزشی "کاربردهای سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP) در صنایع تولید شیشه"

۳ و ۵ بهمن ۱۳۹۸

همزمان با برگزاری نمایشگاه، دوره‌های آموزشی با موضوع "کاربردهای سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP) در صنایع تولید شیشه" توسط مهندس لطیفی در روزهای ۳ و ۵ بهمن در محل نمایشگاه برگزار شد. حاضرین در نمایشگاه از این دوره استقبال خوبی را داشتند.

در این دوره آموزشی آقای محسن لطیفی مدیرعامل شرکت مهندسی بهینه ایران و عضو هیات مدیره انجمن آشنا، ضمن تشریح زنجیره ارزش شرکت‌های تولیدی، به لزوم یکپارچگی اطلاعاتی و فرآیندی در حوزه‌های مختلف از جمله تامین، تولید و فروش اشاره کرد.

مهندس لطیفی در ادامه نشست به معرفی ویژگی‌ها و کاربردهای ERP برای برنامه‌ریزی و مدیریت تولید، رهگیری کالا برای ریشه یابی مشکلات کیفی محصول و همچنین محاسبه دقیق بهای تمام شده و استفاده از آن برای مدیریت فروش پرداخت. با توجه به مشکلات شرکت‌های تولیدی در شرایط اقتصادی کنونی، از جمله مهاجرت نیروهای متخصص، پاسخگویی به این مشکل نیز با تکیه بر سیستم‌های فرآیندی تشریح گردید.





در حاشیه نمایشگاه جلسه گروه تخصصی شیشه انجمن سرامیک ایران با حضور تعدادی از اعضای این گروه روز جمعه ۴ بهمن تشکیل گردید. در این جلسه برنامه‌ریزی جهت هشتمین گردهم آیی صنعت شیشه ایران انجام پذیرفت.



جلسه هیات مدیره انجمن سرامیک ایران نیز در روز شنبه ۵ بهمن ماه در محل غرفه انجمن صنفی صنعت شیشه با حضور اعضای هیأت مدیره انجمن سرامیک برگزار شد. در این جلسه ضمن ارایه گزارش صنعت شیشه ایران توسط آقای مهندس زجاجی برنامه‌ریزی گردهم آیی گروه تخصصی انجام شد.





سپس بعد از جلسه اعضای هیأت مدیره انجمن سرامیک ایران از غرفه‌های شرکت‌های حاضر در نمایشگاه بازدید بعمل آوردند.



در پایان روز آخر نمایشگاه، از شرکت کنندگان حاضر در نمایشگاه با اهدای لوح و تندیس از جانب دبیر انجمن صنفی صنعت شیشه، آقای مهندس زجاجی تقدیر و تشکر به عمل آمد.



## گزارش جلسه چالش‌ها و راهکارهای گسترش تعاملات بین‌المللی انجمن‌های علمی

نشست تخصصی چالش‌ها و راهکارهای گسترش تعاملات بین‌المللی انجمن‌های علمی روز شنبه ۹۸/۱۱/۲۶، با حضور دکتر حسین سالار آملی، قائم مقام وزیر علوم در امور بین‌الملل و رئیس مرکز همکاری‌های علمی بین‌المللی، محمد جلالی، دبیر کمیسیون انجمن‌های علمی ایران و جمعی از اعضای هیات مدیره انجمن‌های علمی ایران در سالن شهیدای جهاد علمی وزارت علوم برگزار شد که با استقبال خوب انجمن‌های فعال در حوزه بین‌الملل و انجمن‌های علاقمند به فعالیت در حوزه بین‌الملل مواجه شد.



در ابتدای جلسه جناب آقای دکتر جلالی دبیر کمیسیون انجمن‌های علمی ایران بر اهمیت فعالیت بین‌المللی و دیده شدن فعالیت انجمن‌ها در زمینه بین‌الملل تاکید کردند. ایشان با اشاره به اینکه بدون تعاملات بین‌المللی امکان پیشرفت علمی وجود ندارد، اظهار داشت: گردش علم به معنای، ارتباطات بین‌المللی است؛ تاکید وزارت علوم نیز بر روی همین گردش علم است. رویکرد وزارتخانه در این دوره، اهمیت این مناسبات را بالا برده است. ظرفیت بزرگی در جامعه وجود دارد که مغفول مانده، البته قدم‌هایی برداشته شده اما آن چنان که باید مورد توجه قرار نگرفته است.

وی با اشاره به اقدامات صورت گرفته افزود: امروز حدود ۴۰۰ انجمن علمی ثبت شده در وزارت علوم داریم؛ این آمار بدون در نظر گرفتن انجمن‌هایی است که زیر نظر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی فعالیت می‌کنند.

در ادامه ایشان گزارشی از فعالیت‌های بین‌المللی انجمن‌های علمی در سال ۹۷ از جمله برگزاری و مشارکت در برگزاری ۳۲۸ همایش علمی، ۲۸۰ سخنرانی علمی، ۶۷ کارگاه آموزشی، چاپ و مشارکت در چاپ ۶۰ نشریه خارجی، انعقاد ۴۵ تفاهم نامه بین‌المللی، ۵۴ مورد همکاری در پروژه‌های بین‌المللی و ۱۶۰۱ عضو حقیقی خارج از کشور ارائه نمودند. این انجمن‌ها ظرفیت بالایی به خصوص در شرایط تحریم‌های ظالمانه دارند چراکه نهادهایی مردمی هستند.

در ادامه آقای دکتر کوهیان معاون محترم همکاری‌های علمی و سازمان‌های تخصصی مرکز همکاری‌های علمی و بین‌المللی گزارشی از سیاستگذاری و برنامه‌های راهبردی و امور اجرایی مرکز ارائه نمودند. ایشان کشورهای عراق، افغانستان، سوریه، لبنان، یمن و کشورهای مسلمان همسایه را کشورهای هدف در حوزه توسعه و کشورهای آلمان، اتریش، ایتالیا، روسیه، چین، ژاپن، کره، فرانسه و اتحادیه اروپا را کشورهای هدف در حوزه راهبردی نام بردند.



آقای دکتر کوهیان برنامه‌های راهبردی مرکز را همکاری با اتحادیه اروپا و سایر کشورهای جهان، ایجاد مراجع ملی همکاری‌های علمی بین‌المللی با کشورها، همکاری با ایرانیان مقیم خارج از کشور و توسعه زبان و ادبیات فارسی در دنیا عنوان کردند. ایشان همچنین برنامه‌های اجرایی مرکز را دریافت ویزا برای اعضای هیات علمی، محققان و نخبگان علمی خارجی؛ دریافت مجوز برای اعضای هیات علمی داخلی جهت حضور در نشست‌ها، سمینارها، فرصت مطالعاتی؛ مجوز خروج اعضای هیات علمی سرباز؛ صدور نامه اعتبار دانشگاه، نظام نمره دهی؛ گواهی عدم ادامه تحصیل متقاضیان ایرانی و تأیید مدارک برای ترجمه؛ تأیید تفاهم‌نامه‌های مابین دانشگاهی؛ صدور نامه‌های ارزی؛ صدور نامه‌های دریافت ویزا به سفارتخانه‌ها؛ تهیه نامه‌های انگلیسی برای اعضای هیات علمی بخصوص برای فرصت مطالعاتی و تأیید مدارک تحصیلی فارغ‌التحصیلان و اعضای هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی بیان کردند.

ایشان در پایان عنوان داشتند که می‌توانند از حضور نمایندگانی از انجمن‌های علمی در جلسات هماهنگی دفتر همکاری‌ها استفاده نمود همچنین در خصوص تکمیل بانک اطلاعاتی ایرانیان خارج از کشور انجمن‌ها می‌توانند همکاری نمایند. بعد از آن جناب آقای دکتر قائمی نماینده انجمن آزمون‌های غیر مخرب گزارشی در خصوص فعالیت‌های بین‌المللی انجمن ارائه نمودند و چالش‌های موجود را مطرح کردند.

سپس خانم دکتر رویا سلطانی نماینده انجمن مهندسی صنایع گزارشی در خصوص فعالیت‌های انجمن در حوزه بین‌الملل و چالش‌ها مطرح نمودند. ایشان عمده چالش‌ها را تأثیر تنش‌های سیاسی و تحریم‌های بین‌المللی بر کاهش تعاملات بین‌المللی، مشکلات صدور روادید (ویزا)، فرصت مطالعاتی و توجیه نبودن رایزن‌های علمی عنوان کردند. همچنین به عنوان راهکار می‌توان به افزایش تعامل با انجمن‌های مطرح بین‌المللی مرتبط؛ برگزاری جلسات مشترک با انجمن‌های فوق به صورت آنلاین و غیر آنلاین در صورت امکان (دعوت از هیات رییسه انجمن‌ها)؛ هماهنگی برای تبادل استاد با دانشگاه‌های مربوطه از طریق انجمن‌های مربوطه؛ توسعه فرهنگ کار بین‌الملل و تشکیل کمیته بین‌الملل در دانشگاه‌ها؛ انتخاب دانشگاه‌ها به صورت دوره‌ای به عنوان مسئول برگزاری یک رویداد بین‌المللی (مسابقه انتخاب رساله، مسابقه دفاع سه دقیقه‌ای، انتخاب کتاب، رویداد استارت‌آپی و...)؛ ارتباط با دانش‌آموختگان و اساتید برجسته ایرانی حوزه تخصصی مرتبط در خارج از کشور و فراهم نمودن امکان حضور آنها در مناسبت‌های مختلف داخلی؛ برگزاری دوره‌های آموزشی، سمینار، کنفرانس، و پروژه‌های تحقیقاتی مشترک با دانشگاه‌ها، انجمن‌ها و نهادهای بین‌المللی مرتبط؛ کمک به اعضای انجمن در شناسایی، ارتباط، و اخذ پذیرش از دانشگاه‌های خارجی جهت ادامه تحصیل در مقاطع تحصیلات تکمیلی اشاره کرد.

سخنران سوم از انجمن‌ها جناب آقای دکتر دادگر رئیس محترم انجمن ماهیان زینتی بودند که توضیحاتی درخصوص کارگاه‌های بین‌المللی برگزار شده توسط انجمن با همکاری افراد خارج از کشور ارائه فرمودند و چالش‌های موجود را مشکلات ارزی انجمن‌ها مطرح کردند و خواهان اختصاص سهمیه ارزی به انجمن‌ها برای پرداخت هزینه دستمزد اساتید، تهیه بلیط هواپیما و ... شدند. ایشان همچنان خواستار پاسخ صریح و شفاف دفتر همکاری‌ها در خصوص تأیید اعتبار کنفرانس‌هایی که با مشارکت انجمن در خارج از کشور برگزار می‌شود، شدند.

پس از آن سرکار خانم دانشخواه نماینده انجمن مدیریت فناوری و نوآوری توضیحاتی در مورد فعالیت بین‌المللی انجمن مطرح کردند و چالش‌ها را در خصوص مشکلاتی که در این انجمن با آنها مواجه است از جمله انتقال پول پروژه‌های بین‌المللی، مشکل درخواست ویزای خارج از پاسپورت برای افراد خارج از کشور و هزینه زیاد دعوت از اساتید برجسته بین‌المللی مطرح نمودند. جناب آقای دکتر اعوانی رئیس انجمن حکمت و فلسفه توضیحاتی در خصوص فعالیت بین‌المللی انجمن مطرح و مشکلات مالی را علت عدم فعالیت‌های بین‌المللی انجمن‌ها عنوان نمودند.

دکتر سالار آملی در این نشست با تبریک ولادت حضرت زهرا (س) و روز زن گفت: وزارت علوم سه سیاست کلان را در پیش گرفته است؛ نخست رفع نیاز جامعه در زمینه‌های سیاست، فرهنگ، صنعت و غیره، دوم مسئله فنی و حرفه‌ای و سوم موضوع بین‌المللی‌سازی است.

وی با بیان اینکه امروزه در پروسه‌های کوتاه مدت تغییرات شدید جدید جهانی را پیش رو داریم و پارادایم‌ها به سرعت تغییر می‌کنند، تصریح کرد: آینده حرکت‌های بین‌المللی خطی نبوده بلکه ماتریسی و چند وجهی خواهد بود. مسائل اقتصادی، ورزشی

و... بر اساس قوانین بین‌المللی پیش می‌رود. این موارد نشانگر تغییر پارادایم بین‌المللی است. قوانین بین‌المللی به مرور بر قوانین داخلی احاطه پیدا می‌کنند. خط مقدم ما جاهایی است که قوانین بین‌المللی در حال تدوین است نه جاهایی که تدوین صورت گرفته است. تغییرات عمده جهانی را نمی‌توان مهار کرد باید درک کرد و بنابر قدرت جهت‌دهی محدود کنیم.

قائم مقام وزیر علوم در امور بین‌الملل افزود: وظیفه اصلی همه ما و جامعه علمی این است که در چرخه علم و فناوری بین‌المللی قرار بگیریم؛ بر اساس چرخه بین‌المللی علم، یک علم هیچگاه در یک کشور شکل نمی‌گیرد. استکبار جهانی در تلاش است که کشورهای در حال توسعه را از این چرخه کنار بگذارد. از لحاظ علمی اگر بخواهیم توسعه پیدا کنیم باید در این چرخه قرار بگیریم.

به گفته دکتر سالارآملی، در چرخه علم بین‌المللی سه گروه وجود دارند. نخست کشورهای پیشرو که جهت می‌دهند و ظرفیت‌سازی می‌کنند، دوم رهروان که فضای محدودی برای اثرگذاری دارند و سوم جاافتادگان که از چرخه دانایی کنار گذاشته شده‌اند. ما هم اکنون در رده رهروان هستیم. آمریکا تلاش دارد ما را از رده رهروان به رده جاماندگان بیاندازد.

وی خاطر نشان کرد: خط مقدم ما این است که نباید از چرخه تولید علم خارج گذاشته شویم. آموزش عالی کشور امروز دارای چهار دارایی بزرگ است. نخست نیروی انسانی توانا، دوم رشد علمی مناسب، سوم ریشه‌دار بودن علم آموزی در ایران و چهارم اینکه فساد در این بخش بسیار کمتر از سایر بخش‌ها است.

قائم مقام وزیر علوم در امور بین‌الملل افزود: پتانسیل آن را داریم که در رده رهروان قرار داشته و حتی در مواردی پیش‌رو باشیم. در پارادایم‌های جدید جهانی که چرخه‌های دانش به شدت در حال شکل‌گیری است، باید انجمن‌های علمی ورود کنند و راه‌حلی برای عبور از تله تحریمی ارائه کنند.

سرکار خانم دکتر کولایی رئیس انجمن مطالعات منطقه‌ای گفتند که بحث دیپلماسی علمی به ما کمک می‌کند. نظام بین‌الملل قواعد خاص خودش را دارد و نتیجه پژوهش کتاب دیپلماسی علمی که توسط انجمن تدوین شده برای مرکز همکاری‌ها مفید باشد.

سرکار خانم دکتر صائیمیان نماینده انجمن مدیریت اظهار داشتند که بارها تأکید شده که انجمن‌های علمی می‌توانند در دیپلماسی علمی شرکت کنند. ما چه الگویی می‌توانیم در اختیار انجمن‌ها قرار دهیم؟ ایشان پیشنهاد تشکیل کمیته بین‌المللی تخصصی انجمن‌های علمی در وزارت علوم را با حضور انجمن‌های فعال دادند.

پس از آن جناب آقای دکتر آهنگری نماینده انجمن هوای پاک اظهار داشتند که در کنار مجموعه آقای دکتر سالاری و مرکز مطالعات و همکاری‌های علمی بین‌المللی وجود دارد که درک درستی از روابط بین‌الملل ندارند و این خود یک چالش بزرگ محسوب می‌شود.

جناب آقای دکتر قره یاضی رئیس انجمن ایمنی زیستی مطرح کردند که انجمن‌ها بسیار نقش آفرین و فعال هستند و در کشور شاید می‌شود گفت که نگاه منفی به انجمن‌ها وجود دارد. دیپلماسی علمی مبتنی بر انجمن‌های علمی بسیار مهم است چون وابستگی دولتی ندارند ولی مهم‌ترین مسئله مفاهیم با دستگاه‌های امنیتی و توجیه کردن آنها در خصوص مهمانان خارجی انجمن‌ها می‌باشد و انجمن‌ها صرف مسئله علمی است که مهمان دعوت می‌کنند و بررسی سوابق اطلاعاتی ایشان در صلاحیت انجمن نمی‌باشد.

پس از آن آقای دکتر جلالی عنوان کردند که در واقع باید دید که انجمن‌ها در رویکرد بین‌المللی وزارت علوم کجا هستند. در ادامه دکتر سالار آملی فرمودند که باید برای همکاری‌ها مسیر مشخص شود و جلساتی باید با حضور آقایان دکتر کوهیان و دکتر جلالی گذاشته شود. انجمن‌ها در شرایط تحریم بسیار می‌توانند کمک‌های بسیاری به آموزش عالی کنند.

وی در پایان تصریح کرد: درباره مسیر آینده امیدوارم این جلسات تکرار شود. انجمن‌ها در حال حاضر در ۶ حوزه می‌توانند همکاری کنند. ۱- در سراسر کشور مراجع ملی وجود دارد. باید ساز و کار همکاری انجمن‌ها با این مراجع فراهم شود. ۲- از دیگر زمینه‌هایی که انجمن‌ها می‌توانند ورود کنند در بخش تفاهم‌نامه‌های بین‌المللی است. باید آقای دکتر کوهیان بررسی کنند که چگونه می‌توان یک بند به این تفاهم‌نامه‌ها در خصوص NGOها اضافه نمود. ۳- اتحادیه انجمن‌های علمی داخلی و خارجی موضوع دیگری است که انجمن‌ها می‌توانند به آن ورود کنند. وزارت علوم نمی‌تواند وارد این حوزه شود و باید انجمن‌ها دنبال آن

باشند. ۴- وزارت علوم سامانه‌ای به زبان انگلیسی دارد که در سطح جهان منتشر می‌شود و بازدیدکننده‌های بالایی نیز دارد. درباره انجمن‌ها می‌توانیم اخباری در این سامانه داشته باشیم با چارچوبی که آقای دکتر کوهیان مشخص می‌کنند. ۵- صدور مجوز ویزا را با دید مثبت نگاه می‌کنیم. با اقدام از طریق دفتر همکاری‌ها می‌توان جلوی مشکلات بعدی را گرفت. ۶- در خصوص حق عضویت‌ها انتقال ارز از طریق رایزن‌های علمی، آقایان دکتر کوهیان و دکتر جلالی بررسی‌های لازم را انجام دهند و چهارچوبی در این خصوص تهیه شود.

خانم جعفرخانی کرمانی نماینده انجمن گل و گیاهان زینتی یکی از چالش‌های انجمن را حضور در نمایشگاه‌های بین‌المللی جهت برقراری ارتباط بین صنعت گل و گیاهان زینتی در خارج و داخل کشور و انتقال دانش‌های فنی مرتبط عنوان کردند. سرکار خانم دکتر مصفا رئیس محترم انجمن سازمان ملل متحد بر نقش مهم سازمان ملل متحد در هنجارهای بین‌المللی و تاثیر گذاری انجمن‌های علمی از طریق شرکت در اجلاس‌های سازمان ملل تأکید کردند و از انجمن‌های مرتبط برای همکاری دعوت به عمل آوردند.

جناب آقای دکتر قلی نیا نماینده شورای انجمن‌های علمی فرمودند که مشکل تعاملات بین‌المللی انجمن‌ها فرادستگاهی است. در وزارت امور خارجه رایزنی‌های علمی توجیه نیستند. نهادهای امنیتی، نهاد انتظامی، قضایی، وزارت کشور توجیه نیست. باید دستگاه‌ها را حساس کرده و مأموریت دهی کرد. انجمن‌ها در بحث ارتباط تخصصی مشکلی ندارند و در بحث دیپلماسی علمی به عنوان زیرمجموعه دیپلماسی علمی مشکل دارند. انجمن‌ها را باید به عنوان ساختارهای مستقل بپذیرند. جناب آقای دکتر میرکوشش نماینده انجمن مطالعات صلح تصریح کردند که مرجع رسیدگی به ورود و خروج اتباع خارجی در حوزه علمی مشخص نیست. مرجع ورود و خروج باید خود وزارت علوم باشد.

آقای دکتر گوشه نماینده انجمن علوم و فناوری‌های شیمیایی بر مشکلات مالی انجمن‌ها تأکید داشتند و فرمودند که با تشکیل کمیته‌ای که خانم دکتر صائمیان گفتند و دریافت پروژه از خارج از کشور می‌توان این مشکلات را مرتفع کرد. دکتر طهماسبی رئیس انجمن زنبور عسل در خصوص برگزاری کنگره بین‌المللی و این که نتوانستند از سازمانی در این خصوص کمک بگیرند صحبت فرمودند.

خانم دکتر فاضلی پور نماینده انجمن تاریخ پیشنهاد دادند که کمیته‌ای از انجمن‌های علوم انسانی تشکیل شود تا انجمن‌های این حوزه از فعالیت‌های بین‌المللی یکدیگر مطلع شوند.

خانم دکتر نعمت زاده نماینده انجمن زبان‌شناسی بر حضور مهمانان بین‌المللی یک انجمن در انجمن‌های مرتبط و تهیه یک بانک اطلاعاتی از مهمانان انجمن‌ها قبل از حضور در انجمن تأکید کردند.

آقای دکتر الهی نماینده انجمن علوم آمینی و رئیس اتحادیه انجمن‌های علمی زیرساخت، پیشگیری و ایمنی ایران درخصوص مشکل انجمن در ایجاد شعبه بین‌المللی، ارز، ویزا و عوارض خروج از کشور و توجیه نبودن رایزن‌های علمی صحبت کردند.

سرکار خانم دکتر قنبری نماینده انجمن زبان و ادبیات فارسی درخصوص مشکلات انجمن از جمله فقدان انجمن مشابه در خارج از کشور، عدم ارتباط با صنعت به علت حوزه کاری انجمن، عدم توانایی در پشتیبانی شعبه و عدم توانایی برگزاری دوره‌های خارج از کشور توسط استادان زبان و ادبیات فارسی به دلیل مشکلات مالی انجمن صحبت کردند.

دکتر محمدرضا پناه نماینده انجمن اتحادیه علوم گیاه‌پزشکی پیشنهاد تهیه کارت اعتباری ارزی برای انجمن‌های دارای رتبه A و B را دادند.



انجمن سرامیک ایران برگزار می‌کند:

کارگاه آموزشی "طرح کیفیت - استانداردهای فرایند تولید ظروف (پرسلان، شبه پرسلان، استون ور و ارتن ور)"

تاریخ برگزاری: چهارشنبه ۱۶ بهمن ۱۳۹۸

**طرح کیفیت - استانداردهای فرایند تولید ظروف (پرسلان، شبه پرسلان، استون ور و ارتن ور)**

**سرفصل‌ها:**

- معرفی کلی سیستم، معرفی اجزای مورد نیاز
- تشریح ضرورت و خواص کاربردی سیستم
- آموزش و نحوه آنالیز و گردآوری اطلاعات مربوط به خطوط تولید ظروف بر اساس سیستم پیشنهادی
- پرسش و پاسخ مربوط به عیوب خطوط تولید ظروف

**مدرس: مهندس سیدعلیرضا فقه‌جو**  
مدیر راه اندازی خط تولید انواع ظروف پستالی و سرامیکی

**چهارشنبه ۱۶ بهمن ۱۳۹۸**

دانشگاه علم و صنعت ایران - دانشکده مهندسی مواد و متالورژی

میت گسب اطلاعات بیشتر با شماره ۰۲۱۷۷۸۹۹۳۹۹ تماس حاصل فرمایید.  
[www.icers.ir](http://www.icers.ir)

سرفصل‌ها:

- معرفی کلی سیستم، معرفی اجزای مورد نیاز
- تشریح ضرورت و خواص کاربردی سیستم
- آموزش و نحوه آنالیز و گردآوری اطلاعات مربوط به خطوط تولید ظروف بر اساس سیستم پیشنهادی
- پرسش و پاسخ مربوط به عیوب خطوط تولید ظروف

مدرس دوره: مهندس سیدعلیرضا فقه‌جو

در پایان دوره گواهینامه شرکت در دوره توسط انجمن سرامیک ایران به شرکت‌کنندگان اعطا می‌شود.

ظرفیت: محدود

شهریه دوره: ۲/۵۰۰/۰۰۰ ریال

جهت اعضا و شرکت‌های عضو حقوقی و ثبت نام گروهی (بالاتر از ۵ نفر) مبلغ ثبت نام ۲/۰۰۰/۰۰۰ ریال

نحوه ثبت نام: مبلغ فوق به حساب انجمن به شماره ۱۸۵۸۴۶۷۸۷۱ بانک ملت شعبه دانشگاه علم و صنعت ایران واریز و رسید و مشخصات مربوطه را به شماره فاکس انجمن سرامیک ارسال فرمایید.

اطلاعات بیشتر با دفتر انجمن سرامیک ۰۲۱۷۷۸۹۹۳۹۹ تماس حاصل فرمایید. [www.icers.ir](http://www.icers.ir)

محل برگزاری: دانشگاه علم و صنعت ایران

## اخبار شرکت‌ها و مراکز پژوهشی

### فعالیت صنعت کاشی و سرامیک با ۵۰ درصد ظرفیت / وزارت صمت، بانک مرکزی و گمرک هماهنگ نیستند.

رئیس انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک با بیان اینکه متأسفانه مشکلات بخش تولید باعث شده تا این صنعت با ۵۰ درصد



ظرفیت فعالیت کند، گفت: این روزها تولیدکنندگان با عدم هماهنگی وزارت صنعت، بانک مرکزی و گمرک در بخش صادرات و واردات روبرو هستند. بهنام عزیززاده در گفت‌وگو با خبرنگار اقتصادی خبرگزاری تسنیم، با اشاره به اینکه این روزها تولیدکنندگان با عدم هماهنگی وزارت صمت، بانک مرکزی و گمرکات در بخش صادرات و واردات

روبرو هستند، اظهار کرد: تولیدکنندگان بخش کاشی و سرامیک رفع تعهدات صادراتی خود را انجام و مبالغ را به حساب بانک مرکزی واریز می‌کنند اما عدم هماهنگی دستگاه‌ها عاملی شده تا ما در صادرات محصولات خود معطل مجوز باشیم. وی با اعلام اینکه کانتینرها در گمرکات می‌ماند تا نامه ترخیص آنها صادر شود، افزود: تصور کنید بعد از کشمکش‌های بسیار مجوز ترخیص کالا از گمرک صادر می‌شود اما همین ارسال نامه به گمرکات یک هفته زمان می‌برد تا به مرحله اجرا برسد. در این شرایط تکلیف تولیدکننده با خریدار خارجی خود چیست؟

رئیس انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک با تأکید بر اینکه این سنگ اندازی‌ها در سال تولید و حمایت از صادرات اصلاً قابل درک نیست، تصریح کرد: دولت مانع واردات مواد اولیه ما به کشور می‌شود چرا که معتقد است این مواد در داخل تولید شده و نیازی به واردات آن نیست این درحالیست که مواد مورد نیاز تولیدکنندگان اگر در کشور تولید می‌شود میزان و کیفیت آنها جوابگوی تولید نیست و ما مجبور به واردات هستیم.

عزیززاده افزود: در بخش کاشی و سرامیک بخشی از مواد اولیه این صنعت کلیدی بوده و از محل واردات تأمین می‌شود. اما دولت در این رابطه با صدور بخشنامه‌های مختلف مانع واردات مواد اولیه به خط تولید است.

رئیس انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک با گله از اینکه توقع داشتیم در سال جاری حمایت ویژه‌ای از حوزه تولید صورت گیرد، گفت: از دولت درخواست می‌کنیم هماهنگی‌های لازم را میان دستگاه‌ها فراهم کند تا ما در روند تولید با خلل روبرو نشویم. چرا برای صدور یک مجوز باید درگیر بروکراسی اداری شد و چرا در رابطه با تسهیل روند تولید اقدام کارآمدی صورت نمی‌گیرد. وی تصریح کرد: صنعت کاشی و سرامیک ظرفیت تولید ۷۰۰ میلیون مترمربع محصول را دارد اما متأسفانه مشکلات تولید باعث شده تا با ۵۰ درصد ظرفیت به فعالیت مشغول باشد.

منبع: <https://tn.ai/2181783>

## مجوز کارخانه کاشی چینی‌ها در کرمانشاه لغو شد + نامه



کرمانشاه\_ مجوز احداث کارخانه کاشی چینی‌ها در استان کرمانشاه لغو شد.

به گزارش خبرنگار مهر، سیف اله امیری مدیرکل دفتر صنایع معدنی وزارت صمت نامه ابطال مجوز صادره برای ایجاد واحد تولیدی کاشی توسط چینی‌ها در کرمانشاه، را ابلاغ کرد.

سرمایه‌گذاری چینی‌ها در صنعت رو به ورشکستگی کاشی استان کرمانشاه با حاشیه‌هایی همراه بود.

این خبر موجی از نگرانی را در استان به وجود آورد چرا که احداث این کارخانه اشتغال بیکارترین استان کشور را با چالش مواجه می‌کرد.

اما حضور این سرمایه گذار چینی مورد استقبال مدیران استانی قرار گرفت تا آنجا که زمین رایگان نیز در اختیار این سرمایه گذار قرار دادند، این واکنش در حالی بود که سه کارخانه تولید کاشی در کرمانشاه وجود دارد که یکی از آنها تعطیل شده و دو کارخانه دیگر نیز با ظرفیت ۵۰ درصدی خود فعالیت می‌کنند!

قبلاً آنجمن سرمایه‌گذار کشور در نامه‌ای در زمینه این سرمایه‌گذاری هشدار داد؛ در این نامه آمده است: با ایجاد کارخانه کاشی توسط سرمایه‌گذاران چینی کارخانه‌های دیگر بسته خواهند شد اما مسئولان کرمانشاه به این قضیه بی‌توجه بودند.

همزمان با سفر رئیس قوه قضائیه به استان یزد، یکی از تولیدکنندگان کاشی و سرامیک، گلایه‌ای نسبت به سرمایه‌گذاری چینی‌ها در کرمانشاه در خصوص کاشی داشت که آیت الله رئیسی دستور داد سازمان بازرسی کل کشور به این قضیه ورود کند و پیگیری‌های صورت گرفته هم اکنون به نتیجه رسیده است.

منبع: [www.mehrnews.com/news/4847952](http://www.mehrnews.com/news/4847952)

شماره : 60/295660  
تاریخ : 1398/11/06  
پوست : دار

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت صنعت، معدن و تجارت

جناب آقای دارایی  
رئیس محترم سازمان صنعت، معدن و تجارت استان کرمانشاه

باسلام و احترام  
به پوست تصویر نامه شماره ۹۸/۲۳۳۰ مورخ ۹۸/۰۹/۱۲ لجن منصفی تولیدکنندگان کاشی و سرامیک کشور مبنی بر موافقت آن استان با صدور جواز تأسیس تولید کاشی و سرامیک با مشارکت سرمایه‌گذار خارجی ارسال می‌گردد.  
با عنایت به ابلاغیه‌های شماره ۲۰۱۱۰۲۹۲۶ مورخ ۹۸/۰۵/۰۴ و ابلاغیه پورو ۲۰۱۲۲۹۹۰۱ مورخ ۹۸/۱۰/۲۷ فکرم مقام محترم وزیر در امور تولید و معادن طرح و برنامه وزارت صنایع مبنی بر احترام از صدور جواز تأسیس کاشی و سرامیک بدون هماهنگی با معاونت مربوطه و با توجه به ظرفیت بلااستفاده موجود صنعت فوق و مشکلات ناشی از رکود بازار داخلی و محدودیت بازارهای صادراتی در حال حاضر که می‌تواند در صورت ورود تولیدکنندگان جدید به این عرصه، واحدهای موجود را نیز با خطر بحران و تعطیلی مواجه نماید، ضروری است دستور فرمایید ضمن رعایت دقیق دستورالعمل‌های مربوطه، چنانچه جواز تأسیس در این خصوص صادر شده است، سرمایه‌نست به ابطال آن اقدام و از نتیجه این دفتر را مطلع فرمایند.

سیف اله امیری  
مدیرکل دفتر صنایع معدنی

اینجانب منصفی تولیدکنندگان کاشی کشور  
ورود به دفتر  
تاریخ ۱۳۹۸/۱۱/۰۶  
شماره ۹۸/۲۹۴۹۹

رونوشت:  
- معاون محترم امور معادن و صنایع معدنی جهت استحضار  
- سازمان محترم طرح و برنامه جهت استحضار  
- دفتر صنایع معدنی  
- اقدام کننده: پوهی  
- پیش نویس: ۹۸/۱۱/۰۶ - ۲۰۹۱۴۱۷

آدرس پست: <http://www.mmt.gov.ir> پست الکترونیک: [info@mmt.gov.ir](mailto:info@mmt.gov.ir)  
\* نامه های صادره فیزیکی بدون مهر برجسته خیر فاقد مرکز فایده اعتبار می باشد \*

Page No. : 1  
Page No. : 1



## صنعت شیشه، یک صنعت پاک است.

مدیرعامل شیشه اردکان، صنعت شیشه را یک صنعت پاک دانست و گفت: اصولاً کارخانه‌های شیشه در برخی از کشورهای



جهان در مرکز شهرها قرار دارد و این صنعت هیچ‌گونه آلودگی غیرمتعارفی ندارد.

به گزارش ایسنا، بنابر اعلام بانک تجارت، محمود عزیزیان، مدیرعامل گروه کارخانجات شیشه اردکان در گفتگویی در اردکان، با بیان اینکه گروه کارخانجات شیشه اردکان در سال ۱۳۸۴ تأسیس شده است، گفت: این مجموعه به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده شیشه در خاورمیانه محسوب می‌شود که در سال ۱۳۹۰

به تولید رسید و از همان ابتدا موضوع صادرات در دستور کار قرار گرفت.

وی با اشاره به اینکه صادرات محصولات با کیفیت، متنوع و موردپسند بازارهای جهانی در دستور کار گروه شیشه اردکان قرار دارد، افزود: به همین دلیل از لحاظ شرایط بازار باید همراه با بازار جهانی باشیم لذا در نمایشگاه‌های صنعت شیشه در دنیا شرکت می‌کنیم و علم، دانش و تکنولوژی خود را به‌روز می‌رسانیم.

مدیرعامل گروه کارخانجات شیشه اردکان اظهار داشت: لازمه به‌روز بودن این است که خطوط جدید راه‌اندازی شود و محصولات جدیدی به بازار عرضه شود تا چرخه تولید شیشه مانند شیشه‌های ضد اغتشاش، چاپ، دکوراتیو، دکورال، شیشه‌های لوازم‌خانگی مانند گاز، هود و یخچال را تکمیل کند.

وی با بیان اینکه علیرغم تحریم‌های گسترده کشور، در حال حاضر ۵۰ درصد از محصولات تولیدی صنایع شیشه اردکان به ۴۲ کشور صادر می‌شود، گفت: درصدد هستیم که در این شرایط تحریم نیز صادرات خود را افزایش دهیم و صادرات به کشورهای دیگر نیز در دست بررسی و اقدام است.

این کارآفرین برتر و صادرکننده برتر ملی با اشاره به برخی از شایعات و اظهارنظرها در خصوص آلاینده بودن صنعت شیشه گفت:



صنعت شیشه یک صنعت پاک است و اصولاً کارخانه‌های شیشه در برخی از کشورهای جهان در مرکز شهرها قرار دارد و این صنعت هیچ‌گونه آلودگی غیرمتعارفی ندارد.

وی افزود: همه صنایع آلودگی صنعتی معمولی دارند و ما با نصب فیلترهای مختلف توسط محیط‌زیست استان پنج سال است که به‌صورت دوره‌ای مورد پایش و رصد قرار داریم و تاکنون هیچ آلودگی غیرمتعارف توسط محیط‌زیست اعلام نشده است و آلاینده بودن شیشه اردکان را شایعه و حرف‌وحدیث‌هایی می‌دانم که برخی از افراد تنگ‌نظر که نمی‌توانند رشد و پیشرفت این صنعت را ببینند مطرح می‌کنند.

عزیزیان اظهار داشت: سیلیس مصرفی در صنایع شیشه اردکان هیچ‌گونه آلودگی ندارد زیرا ما از سیلیس رسوبی استفاده می‌کنیم که در صنایع کاشی و سرامیک و ساخت لوازم‌خانگی نیز استفاده می‌شود.

وی با بیان اینکه تمام مواد اولیه این کارخانه از داخل کشور و از معادن متعلق به شرکت که در محدوده شهرستان اردکان قرار

دارد تأمین می‌شود، گفت: خط تولید بلوک سبک و آجر ماسه آهکی با استفاده از ضایعات کارخانه راه‌اندازی شده که محصول تولیدی با کیفیت مناسب جهت مصرف ساختمان‌سازی و در نمای ساختمان‌ها به بازار عرضه می‌شود. مدیرعامل گروه کارخانجات شیشه اردکان با اشاره به پشتیبانی‌های مالی بانک تجارت از صنایع شیشه اردکان، گفت: این بانک از ابتدای شروع به کار این مجموعه با حمایت‌های خود به‌عنوان بانک عامل در کنار ما قرار داشته است و با در اختیار قرار دادن وام ارزی به این مجموعه نقش مهمی در تولید داشته است. وی اظهار داشت: این مجموعه با وسعت بیش از ۷۵ هکتار در سه بخش تولید شیشه، صنایع جانبی و فرآوری به‌صورت چرخه کامل تولید از معدن تا محصول نهایی احداث شده و در حال حاضر ۱۴۰۰ نفر در این مجموعه مشغول به کار هستند. منبع: <https://www.isna.ir/news/9>

## دو واحد تولید کاشی و سرامیک در تفت استان یزد راه‌اندازی شد.

یزد- ایرنا- دو واحد تولید کاشی و سرامیک روز سه‌شنبه با حضور سید محمد علی سید ابریشمی معاون وزیر صنعت، معدن و



تجارت در شهرستان تفت استان یزد راه‌اندازی شد.

به گزارش ایرنا؛ این واحدهای صنعتی با عنوان شرکت 'نوبین سرام یزد' و شرکت 'داریوش سرام' در تفت استان یزد راه‌اندازی شده است.

شرکت نوبین سرام با ۲۵ هزار متر مربع زیربنا در تولید لعاب کاشی و سرامیک و با سرمایه اولیه ۹۶ هزار و ۱۶۸ میلیون ریال و ظرفیت سالانه ۱۵ هزار و ۸۰۰ تن راه‌اندازی شده و برای ۴۰ نفر اشتغال ایجاد کرده است.

کاشی‌داریوش نیز در دو هزار و ۸۰۰ متر مربع زیربنا احداث شده و قرار است سالانه ۱۲ هزار تن کاشی تولید و روانه بازار کند.

سرمایه این شرکت نیز ۵۰ هزار میلیون ریال اعلام شده و برای ۲۷ نفر شغل ایجاد کرده است.

تفت با حدود ۴۵ هزار نفر جمعیت در ۲۰ کیلومتری جنوب غربی شهر یزد قرار دارد.

دو واحد تولیدی در مهریز یزد به بهره‌برداری رسید.

در سومین روز از دهه فجر انقلاب اسلامی و با حضور مدیرعامل سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران دو واحد تولیدی در شهرک صنعتی مهریز به بهره‌برداری رسید. این واحدهای تولیدی شامل شرکت پتل یزد، تولیدکننده انواع صفحات گچی روکش دار (کنف) و همچنین شرکت فولاد سازی محمد کویر است.

برای اجرای این دو طرح تولیدی افزون بر ۲۰۰ میلیارد ریال از محل اعتبارات دولتی و آورده بخش خصوصی هزینه شده که زمینه اشتغال ۱۵۰ نفر را فراهم کرده است.

شرکت تولیدی پتل یزد در زمینی به وسعت پنج هزار مترمربع و همچنین شرکت فولاد سازی محمد کویر نیز در زمینی به وسعت سه هزار مترمربع ساخته شده است.

ظرفیت تولید شرکت فولاد سازی محمد کویر سالانه ۵۰ هزار تن انواع فولاد است و همچنین شرکت پتل یزد سالانه دو میلیون مترمربع صفحات روکش گچی تولید می‌کند.

شهرستان مهریز با ۵۰ هزار نفر جمعیت در ۳۰ کیلومتری جنوب شهر یزد قرار دارد و دارای پنج شهرک و ناحیه صنعتی و ۱۰۰ واحد تولیدی فعال با اشتغالزایی دو هزار و ۵۰۰ نفر است.

منبع: [www.irna.ir/news/81491215](http://www.irna.ir/news/81491215)

### بیش از ۶۰ درصد صادرات یزد در حوزه کاشی و سرامیک است.

یزد - مدیر کل گمرک استان یزد گفت: بیش از ۶۰ درصد صادرات استان یزد مربوط به حوزه کاشی و سرامیک است.



به گزارش انتهای، محمدحسین سلمانی در نشست خبری مدیران کل تابعه وزارت اقتصاد و دارایی در استان یزد به عملکرد تجارت خارجی استان در ۱۰ ماهه سال جاری اشاره کرد و افزود: حجم کالاهای صادراتی استان طی این مدت دو میلیون و ۵۱۰ هزار تن به ارزش بیش از ۴۱ هزار میلیارد ریال بوده است که به لحاظ وزنی در مقایسه با مدت مشابه سال قبل ۵۸ درصد و از حیث ارزش ۱۱۰ درصد رشد داشته است.

سلمانی حجم کالاهای وارداتی به استان یزد در این مدت را نیز ۸۸ هزار تن به ارزش ۷۴۴۰ هزار میلیارد ریال ذکر کرد و با بیان این که عمده کالاهای وارداتی به استان شامل ماشین‌آلات صنعتی، قطعات یدکی و مواد اولیه واحدهای صنعتی و تولیدی است، اظهار کرد: واردات استان به لحاظ وزنی و ارزش ۲۶ درصد رشد داشته است.

وی با اشاره به صدور ۴۱ هزار و ۴۰۰ اظهارنامه صادراتی در ۱۰ ماهه امسال، از رشد ۳۸ درصدی در این بخش خبر داد و گفت: بیش از ۶۰ درصد صادرات استان یزد مربوط به حوزه کاشی و سرامیک است.

مدیر کل گمرکات استان میزان صادرات استان در سال گذشته را نیز ۲۱۲۰ میلیون تن به ارزش ۲۶ هزار میلیارد ریال و واردات را ۵۲ هزار تن به ارزش ۷۵۴۰ میلیارد ریال اعلام کرد و افزود: مجموع درآمدهای گمرکی استان تاکنون ۱۰۲۱ میلیارد ریال بوده است.

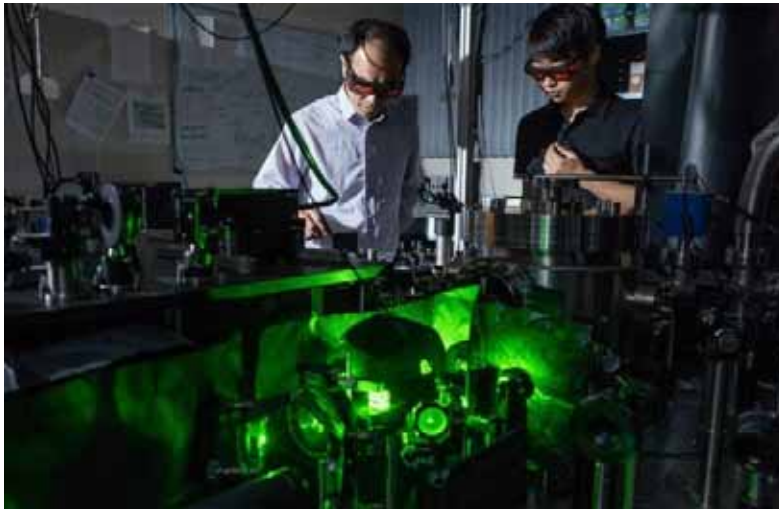
منبع: <https://www.entehaj.com/?p=189062>



## اخبار علمی

### فوتوپلیمرهای چاپ سه بعدی تولید شد.

یک شرکت دانش بنیان در کشور توانسته به تولید انواع محصولات پلیمری، رنگ‌ها و مرکب‌های چاپ دست پیدا کند.



به گزارش خبرگزاری مهر به نقل از معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، کاربردهای فوتوپلیمرها بسیار متنوع است و می‌تواند در طراحی قطعات سه بعدی برای کاربری‌های ساده تا ساخت قطعات پیچیده و تخصصی را شامل شود. از سویی چاپ سه بعدی یکی از حوزه‌هایی است که چشم انداز روشنی در آینده خواهد داشت. سعید رستگار مدیرعامل یک شرکت دانش بنیان درباره محصولات تولیدی این شرکت گفت: انواع مرکب‌های یووی،

ورنی‌ها، چسب‌ها و پرایمرها، پوشش‌ها و فوتوپلیمرهای چاپ سه بعدی در این شرکت تولید می‌شود.

این فعال فناوری درباره «مرکب‌های یووی فلکسو رتولوژی» تولید شده در این شرکت گفت: این مرکب‌ها طوری است که در عین برداشت مناسب مرکب توسط غلتک آنیلوکس حداقل چاقی ترام را ایجاد کند.

وی ادامه داد: مرکب‌های یووی فلکسوی بر روی بسیاری از زیرآیندها مانند کاغذ فیلم‌های پلاستیکی، فویل‌های آلومینیومی چسبندگی‌های خوبی ایجاد می‌کند.

مدیرعامل شرکت دانش بنیان با اشاره به کاربردهای فوتوپلیمرها گفت: فوتوپلیمرها کاربردهای گوناگونی دارد و می‌تواند در طراحی قطعات سه بعدی برای کاربری‌های ساده تا ساخت قطعات پیچیده و تخصصی را شامل شود.

رستگار گفت: محصولات تولیدی این شرکت در صنایع مختلفی مانند خودرو، صنعت ساختمان، صنعت شیشه و سرامیک، صنعت چاپ و بسته بندی صنعت سنگ و صنعت چوب به کار می‌رود.

این فعال فناوری درباره برنامه صادراتی این شرکت توضیح داد: صادرات محصولات جزو برنامه‌های بلند مدت این شرکت است ولی به دلیل محدودیت‌هایی که در زمینه تهیه مواد اولیه مورد نیاز که از خارج وارد می‌شود وجود دارد، شرایط صادرات هنوز فراهم نشده است.

این فعال فناوری گفت: امیدوار هستیم که تعرفه واردات این قبیل کالاها که نمونه آن توسط این شرکت تولید می‌شود افزایش پیدا کند تا از ورود آن جلوگیری و یا مقدار آن کاهش یابد.

وی افزود: واردات محصولات مشابه یکی از دغدغه‌های این شرکت است. برای مثال در حوزه چاپ به دلیل پایین و کم بودن حجم ماده، نمونه مشابه حتی به صورت چمدانی نیز وارد کشور می‌شود در نتیجه قیمت نهایی تمام شده برای این افراد ارزان تر از محصولات شرکت‌هایی مانند ما که آن را به صورت رسمی و قانونی کالا وارد کرده‌ایم، تمام می‌شود.

منبع: [www.mehrnews.com/news/4849337](http://www.mehrnews.com/news/4849337)

## پژوهشگران روش جدیدی را برای بهبود چگالی انرژی ابررساناها بر اساس مواد دویعدی کشف می‌کنند.

باتری‌های امروزی که شارژ ذخیره شده در آنها بیشتر به الکترودهایشان بستگی دارند، ظرفیت ذخیره انرژی بالایی دارند. با این حال، سرعت شارژ آهسته منجر به محدود کردن کاربرد آنها در وسایل نقلیه برقی و الکترونیکی مصرفی می‌شود. خازن‌های الکتروشیمیایی، به نام ابررساناها، می‌توانند اصلی‌ترین منبع ذخیره انرژی آینده باشند. این ابررساناها در ذخیره‌ی انرژی در سطح ماده الکترودهایشان برای شارژ سریع و تخلیه توانا هستند. با این حال، در حال حاضر، ابررساناها ظرفیت ذخیره و شارژ باتری یا چگالی انرژی ندارند.

گروه‌های مختلف ترمینال، مانند فلورین، اکسیژن یا گونه‌های هیدروکسیل، می‌توانند سطوح مختلف مکسن را بیوشانند. این گروه‌ها با قدرت و خصوصاً با حلال‌های متنوع و همچنین نمک‌های محلول موجود در الکترولیت تعامل دارند. یک مسابقه خوب بین یک الکتروود و حلال الکترولیت ممکن است ظرفیت ذخیره‌سازی را بالا ببرد یا سرعت شارژ را افزایش دهد.

این مطالعه بخشی از مرکز FIRST (واکنش‌های رابط سیالات، ساختارها و حمل و نقل)، یک مرکز تحقیقات مرزی انرژی به سرپرستی ORNL و تأیید شده توسط دفتر علوم DOE است. پژوهش FIRST واکنش‌های بین رابط سیال و جامد را با عواقب حمل و نقل انرژی در برنامه‌های روزانه مطالعه می‌کند.

کی‌لی از دانشگاه درکسل، مکسن کاربید تیتانیوم را از خانواده‌ی سرامیکی مکس تهیه کرد که شامل تیتانیوم مشخص شده توسط ("M")، آلومینیوم ("A") و کربن ("X") بود و پژوهشگران این کار را با اچ کردن لایه‌های آلومینیومی را برای ایجاد تک لایه‌های مکسن پنج صفحه‌ای کاربید تیتانیوم انجام دادند.

پژوهشگران متعاقباً مکسن را در الکترولیت‌های بر پایه‌ی لیتیوم در حلال‌های مختلف که از نظر خصوصیات و ساختارهای مولکولی بسیار متفاوت هستند، غوطه‌ور کردند. یون‌های لیتیوم که دارای بار الکتریکی هستند به راحتی خود را بین لایه‌های مکسن ادغام می‌کنند.

بدون عیب بودن ساختار مواد قبل و بعد از آزمایش‌های الکتروشیمیایی با میکروسکوپ الکترونی عبوری مشخص شد، در حالی که ترکیب و فعل و انفعالات شیمیایی مکسن بین حلال الکترولیت و سطح مکسن با طیف‌سنجی رامان و طیف‌سنجی فوتوالکترون اشعه ایکس آشکار می‌شود. اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی نشان داد که بالاترین ظرفیت (مقدار انرژی ذخیره شده) با کمک یک الکترولیت با رسانایی کمتر به دست می‌آید. این یک مشاهده عجیب و متناقض است زیرا پیش‌بینی به این صورت بود که الکترولیت بر پایه‌ی حلال استونیتریل مورد استفاده دارای حداکثر رسانایی در میان همه‌ی الکترولیت‌های آزمایش شده است تا بهینه‌ترین عملکرد را ارائه کند. در حالی که پراش پرتوی ایکس انقباض و گسترش فاصله بین لایه‌های مکسن را در زمان شارژ و تخلیه با استفاده از استونیتریل نشان داد؛ هیچ تغییری در فاصله بین لایه‌های با استفاده از حلال کربنات پروپیلن مشاهده نشد. حلال دوم منجر به ظرفیت نسبتاً بالاتری شد. علاوه بر این، الکترودهایی که با ورود و خروج یون‌ها گسترش نمی‌یابند نیز پیش‌بینی می‌شود تعداد بیشتری چرخه بار تخلیه را تحمل کنند.

به منظور بررسی پویایی حلال الکترولیتی محدود شده در لایه‌های مکسن، این تیم به پراکندگی نوترون روی آوردند که مستعد اتم‌های هیدروژن موجود در مولکول‌های حلال است.

نهایتاً، ولک شیبیه‌سازی دینامیک مولکولی را انجام داد که تعامل بین سطوح مکسن، حلال‌های الکترولیت و یون‌های لیتیوم بر اساس قطبیت، شکل مولکولی و اندازه مولکول‌های حلال را نشان داد. با توجه به یک الکترولیت بر پایه‌ی پروپیلن کربنات، یک حلال یون‌های لیتیوم را احاطه نمی‌کند و بنابراین بسته‌بندی نزدیکی بین ورق‌های مکسن دارد. با این حال، در انواع دیگر الکترولیت‌ها، مولکول‌های حلال توسط یون‌های لیتیوم هنگام حرکت به داخل الکتروود حمل می‌شوند و در نتیجه باعث انبساط ناشی از شارژ شدن می‌شوند. اعتقاد بر این است که مدل‌سازی احتمالاً می‌تواند انتخاب زوج‌های حلال الکتروود - الکترولیت قریب‌الوقوع را راهنمایی کند.

منبع: <http://icers.ir/content/430>

## امکان ساخت ارزان و آسان بال‌های هواپیما با استفاده از نانولوله‌ها

از نانولوله‌های کربنی در اتصال آسان و ارزان قیمت مواد کامپوزیتی صنعت هوا فضا که در ساخت هواپیما به کار می‌رود استفاده شده است. این تکنیک که توسط محققان موسسه فناوری ماساچوست (MIT) تهیه شده است، نیاز به مخازن گران و پرنرژژی با فشار زیاد معمول را کنار می‌گذارد و می‌تواند تولید هواپیماها و سازه‌های کامپوزیتی با کارایی بالا مانند تیغه های توربین بادی را تسریع بخشد. هواپیماهای مدرن از کامپوزیت‌های ورقه‌ای شکل ساخته شده‌اند که به هم در دماهای بالا در مخازن تحت فشار غول پیکر به نام اتوکلاو متصل می‌شوند. در این روش حذف بسته‌های کوچک هوا که بین ورق‌ها تشکیل می‌شوند ضروری است که مرهون زبری سطح میکروسکوپی آنها می‌باشد، مانند فشردن حباب های هوا که در زیر یک فیلم پلاستیکی ایجاد می‌شود.

برایان واردل پژوهشگر هوانوردی MIT توضیح می‌دهد: "اگر در حال ساخت ساختار اولیه مانند بدنه یا بال هستید، باید یک مخزن فشار یا اتوکلاو به اندازه ی یک ساختمان دو یا سه طبقه بسازید که خود به زمان و پول برای فشار آوردن نیاز دارد." واردل و همکارانش به ساختارهای نانومتخلخل، لایه‌های خیلی باریک ساخته شده از مواد داخلی جهت دار مانند نانولوله‌های کربن، برای اتصال کامپوزیت‌ها به یکدیگر روی آورده‌اند. فاصله بین هر نانولوله در چنین لایه‌های متراکمی می‌تواند به عنوان موینگی عمل کند و بر اساس هندسه و انرژی سطح آنها فشار ایجاد کند. این تیم پیش‌بینی کرده‌اند که با ساندویچ کردن چنین لایه‌ای بین دو ورقه از مواد دیگر و گرم کردن آن، می‌توان ۵۰٪ فشار موینگی بیشتر در مقایسه با حالتی که در اتوکلاو وجود دارد به مواد اطراف اعمال کرد. در حالی که به طور مشابه حضور هرگونه حباب به دام افتاده را نیز حذف می‌کند.

با تبدیل ایده به آزمایش، تیم لایه‌ای از نانولوله‌های کربنی جهت یافته عمودی را در بین دو صفحه از مواد کامپوزیت هواپیما ساندویچ کرده و آنها را با استفاده از یک بسته‌بندی برقی از فیلم نانولوله گرم کردند. ماده‌ی بدست آمده بدون حباب و مانند یک کامپوزیت اتوکلاو شده بود. واردل می‌گوید: "ما دریافتیم که کامپوزیت خارج از اتوکلاو ما، به همان اندازه ی کامپوزیت فرآیند اتوکلاو دارای استاندارد طلایی که برای سازه‌های اصلی هوافضا استفاده می‌شود، مستحکم است." این رویکرد تکمیل کننده ی تکنیکی است که در سال ۲۰۱۵ توسط این تیم ساخته شده است که با استفاده از بسته‌بندی نانولوله‌های کربن برای گرم کردن و ذوب کامپوزیت‌ها بدون کوره غول پیکر و با یک صدم هزینه انرژی استفاده می‌شود.

کیت ریدگوی، متخصص ساخت پیشرفته از دانشگاه استراکلاید می‌گوید: "اجزای اتوکلاو شده به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند که هر فرآیند در صنعت از هر گونه شانس برای جایگزینی در مقیاس گسترده به ویژه برای ساخت قطعات بحرانی برخوردار باشد." در فراخوان عملیات حرارتی خارج از اتوکلاو هدف مقدس تولید کامپوزیت‌ها، وی متذکر شد که سایر گزینه‌های پیشنهادی، مانند رویکردهای مبتنی بر میکروویو، می‌توانند جذاب به نظر برسند اما یکپارچگی لازم را ارائه نمی‌دهند. اغلب حتی به اندازه ۱٪ مواد حاوی حفره‌هایی هستند که باعث تضعیف آن می‌شوند. ریدگوی می‌افزاید: "در زمان فعلی، با تمرکز بیشتر بر تغییر اوضاع و کاهش مصرف انرژی، نوآوری پیشنهادی هیجان انگیز و به موقع است." اکنون تیم بر چگونگی توان تولید لایه‌ها با اندازه ی بزرگتر از نمونه‌های آزمایشی سانتی‌متری تا رسیدن به سازه‌هایی به بزرگی بال های هواپیما تحقیق می‌کند. واردل می‌گوید: "اکنون ما این راه حل جدید را ارائه داده‌ایم که می‌تواند حجم تقاضا را جایی که شما به آن نیاز دارید، تحمل کند." فراتر از هواپیماها، بیشترین تولید کامپوزیت در جهان لوله است؛ برای آب، گاز، روغن و همه چیزهایی که وارد زندگی ما می‌شوند. این روش می‌تواند همه ی این موارد را بدون زیرساخت کوره و اتوکلاو ایجاد کند."

منبع: <http://icers.ir/content/429>

## استفاده از الکتریسیته‌ی طبیعی استخوان برای تقویت بازسازی

براساس مقاله‌ای مروری در ژورنال Science and Technology of Advanced Material، برخی از مواد توانایی تقویت ترمیم استخوان را با افزایش خواص الکتریکی طبیعی آن نشان می‌دهند.

بعضی جامدها از جمله استخوان، مینا و کوارتز، هنگام تغییر شکل میدان الکتریکی تشکیل می‌دهند. این خاصیت که اثر پیزو الکتریک نامیده می‌شود، هنگامی اتفاق می‌افتد که یک نیروی مکانیکی اتم‌ها را به هم نزدیک‌تر یا دورتر کند، تعادل الکتریکی را



بر هم بزند و باعث ظاهر شدن بارهای مثبت و منفی در طرف‌های مقابل یک ماده شود. پژوهشگران در سال ۱۹۵۷ کشف کردند که استخوان یک ماده پیزوالکتریک است. از آن زمان، آن‌ها دریافته‌اند که پیزوالکتریسیته هنگامی رخ می‌دهد که فیبرهای کلاژن استخوانی بر روی یکدیگر بلغزد. این منجر به تجمع بارها و تولید جریان کوچکی می‌شود که کانال‌های یون کلسیم را در سلول‌های استخوانی به نام استئوسیت‌ها باز می‌کند. این باعث آبشار مسیره‌های سیگنالینگ می‌شود که در نهایت باعث تشکیل استخوان می‌شوند.

مهندس پزشکی ژونگ هونگ لینگ از دانشگاه ملی تسینگ هوا تایوان و پزشک فو چنگ کاو از بیمارستان یادبود چانگ گونگ تایوان که مقاله را نوشته‌اند، توضیح دادند: "پیزوالکتریسیته یکی از چندین پاسخ مکانیکی ماتریس استخوان است که سلول‌های استخوانی را قادر می‌سازد نسبت به تغییرات در محیط خود واکنش نشان دهند."

پژوهشگران به دنبال بهره‌گیری از این خاصیت برای بهبود بازسازی و ترمیم استخوان هستند. به عنوان مثال، آن‌ها در حال جست و جوی موادی برای تولید ژنراتورهای الکتریکی کوچک و خودران هستند که می‌توانند در داخل یا خارج از استخوان کاشته شوند تا فرآیندهای بهبود طبیعی آن را تحریک کنند.

بعضی تیم‌ها هنگام استفاده از یک نانو ژنراتور تریبو الکتریک به طور قابل توجهی تکثیر و تمایز سلول‌های تشکیل دهنده استخوان جنینی موش را تسریع کرده‌اند. جریان الکتریکی هنگامی ایجاد می‌شود که دو ماده از هم جدا شده و دوباره به تماس بازگردند. این نانو ژنراتورها با موادی از قبیل پلی متیل آمیلوکسان، اکسید ایندیوم قلع، آلومینیوم و پلی تترا فلورو اتیلن آزمایش شده‌اند. آن‌ها پتانسیل خود را برای درمان پوکی استخوان و شکستگی‌های مربوط به پوکی استخوان نشان می‌دهند.

از طرف دیگر نانو ژنراتورهای پیزوالکتریک با اتصال یک الکتروود به یک ماده‌ی پیزوالکتریک روی بستری انعطاف پذیر ساخته می‌شوند و در هنگام اعمال نیرو جریان ایجاد می‌کنند. همچنین نشان داده شده است که این نانو ژنراتورها باعث تقویت سلول‌های تشکیل دهنده‌ی استخوان انسان می‌شوند.

علاوه بر نانو ژنراتورها، پلیمرهای پیزوالکتریک، که زیست سازگاری خوبی با بافت‌های انسانی دارند به عنوان پیچ‌ها و پین‌های قابل جذب در شکستگی‌های استخوانی شدید وعده داده می‌شوند که از جراحی دوم برای آن‌ها جلوگیری می‌شود. سرامیک‌های پیزوالکتریک جریان الکتریکی قوی‌تری را نسبت به پلیمرها فراهم می‌کنند اما می‌توانند سمی باشند. سرامیک‌های بدون سرب مانند تیتانات باریم، هیدروکسی آپاتیت و اکسید روی، کاندیداهای اصلی داربست‌های استخوانی هستند که باعث رشد و ترمیم استخوان‌ها و جایگزین استخوان مصنوعی می‌شوند.

لین و همکارانش انتظار دارند که پژوهش‌های بیشتر به کاربردهای مبتنی بر پیزوالکتریک برای مهندسی بافت و بازسازی استخوان منجر شود.

منبع: <http://icers.ir/content/432>

## درک تنش و کرنش مواد توسط حسگر نانو مقیاس

فناوری حسگر نانومقیاس برای تصویربرداری و اندازه‌گیری فشارها و کرنش‌ها بر روی مواد تحت فشار زیاد می‌تواند منجر به مواد جدید یا فاز جدید ماده با کاربردهای بیشمار شود.

این ادعای تیمی از پژوهشگران در امریکاست که کارشان درک بیشتری در مورد چگونگی تأثیر تغییر فشار بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و الکترونیکی ماده ارائه می‌دهد. والری لویتاس که آزمایشگاه او در دانشگاه ایالتی آیووا در آزمایش‌های تجربی و مدل‌سازی محاسباتی از علوم با فشار بالا تخصص دارد، گفت که این فناوری جدید سنجش می‌تواند به پیشرفت مطالعات با فشار بالا در شیمی، مکانیک، زمین شناسی و علوم سیاره‌ای کمک کند.

توسعه و نمایش این فناوری در مقاله‌ای توسط Science منتشر شده‌است. نویسنده اصلی نورمن یائو، استادیار فیزیک دانشگاه کالیفرنیا برکلی است. مهدی کامرانی، ایالت آیووا، دانشجوی دکترای مهندسی هوافضا، به همراه لویتاس، استاد مهندسی هوافضا، نویسنده همکار است.

در این مقاله چگونگی جای‌گذاری مجموعه‌ای از سنسورهای نانو، موسوم به مراکز رنگ جای خالی نیتروژن، در الماس‌هایی که

برای اعمال فشارهای زیاد بر روی نمونه‌های مواد ریز مورد استفاده قرار می‌گیرند، توسط پژوهشگران آمده است. به طور معمول، این آزمایش‌های "بوم الماس" با مواد فشرده شده بین دو الماس، به پژوهشگران امکان اندازه‌گیری فشار و تغییرات حجم را می‌دهد.

بنا بر گزارش‌ها، سیستم جدید حسگر نانو مقیاس، پژوهشگران را قادر می‌سازد تا شش فشار مختلف را تصویر سازی، اندازه‌گیری و محاسبه کنند و ارائه‌ی جامع‌تر و واقع بینانه‌تر از اثرات فشار زیاد بر روی مواد داشته باشند. آزمایش‌های جدید همچنین به پژوهشگران این امکان را می‌دهد تا تغییرات مغناطیسی مواد را اندازه‌گیری کنند.

لویتاس در بیانیه‌ای گفت: "این یکی از مشکلات اساسی در علم فشار بالا است." وی افزود: "ما باید همه‌ی این شش تنش را در یک الماس و نمونه بسنجیم. اما اندازه‌گیری همه آن‌ها تحت فشار زیاد سخت است."

طبق گفته‌ی دانشگاه ایالتی آیووا، آزمایشگاه لویتاس آزمایش‌های بی نظیری را با قرار دادن مواد تحت فشار بالا و سپس پیچاندن آن‌ها انجام داده است و به پژوهشگران این امکان را می‌دهد تا فشار تغییر فاز را کاهش دهند و فازهای جدید ماده را جستجو کنند که ممکن است کاربردهای فناورانه داشته باشد.

آزمایشگاه همچنین مدل‌های رایانه‌ای چند مقیاسی را برای آزمایش‌های با فشار بالای الماس انجام می‌دهد. لویتاس گفت تجربه از شبیه‌سازی‌های فشار بالا دلیل دعوت وی به همکاری با پروژه سنسور یائو بوده است. شبیه‌سازی‌ها امکان بازسازی زمینه‌های هر شش فشار در کل بوم الماس را برای جایی که نمی‌توان اندازه‌گیری و همچنین نتایج آزمایش را تأیید کرد، فراهم کرده است. لویتاس قصد دارد از این سنسور در آزمایشگاه خود استفاده کند.

پژوهشگران در مقاله خود نوشتند که سنسور نانومقیاس "دستیابی به دو هدف مکمل در علم فشار بالا را ممکن می‌سازد: درک استحکام و شکست مواد تحت فشار (به عنوان مثال، انتقال ترد به انعطاف پذیر) و کشف و شناسایی فازهای خارجی ماده (به عنوان مثال، ثبات فشار ابررساناهای دما بالا)".

همچنین از فناوری سنجش جای خالی نیتروژنی برای اندازه‌گیری سایر ویژگی‌های مواد مانند خواص الکتریکی و حرارتی استفاده شده است. پژوهشگران خاطرنشان کردند: "هم اکنون می‌توان به آسانی به محیط‌های پر فشار گسترش داد و دامنه وسیعی از آزمایش‌ها را برای توصیف کمی مواد در چنین شرایط سختی باز کرد."

منبع: <http://icers.ir/content/428>

### خانه‌های پرینت سه بعدی راهی برای خانه‌دار شدن افراد نیازمند

برای بخش مسکن سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی می‌شود که فروش خانه‌های جدید تا ۱۳ سال به ۷۵۰۰۰۰ برسد و احتمالاً فروش خانه‌های موجود نیز ۳/۷٪ به ۵/۵۶ میلیون افزایش می‌یابد.



اگرچه این پیش‌بینی‌ها نوید کسب درآمد خوبی برای نمایندگان املاک و مستغلات است، حقیقت این است که این خانه‌ها عمدتاً به نفع افرادی است که از قبل خانه داشته و نفری که در شهرهای مختلف جهان زندگی می‌کنند و بدون دسترسی به مسکن امن، این هزاران خانه جدید هیچ کاری برای بهبود وضعیت آنها انجام نمی‌دهند. شهرهای سراسر دنیا در تلاش هستند تا بحران‌های مسکن ارزان قیمت راحل کنند. همانطور که در ابتدای مقالاتی در گزارش‌های وال استریت

ژورنال منتشر شده است، "برخی از کشورهای روی راه‌حلهایی برای ترویج بازارهای آزاد بدون حاشیه متمرکز شده‌اند، در حالی که برخی دیگر بیشتر به کنترل اجاره و یارانه روی آورده‌اند. اما هیچ رویکردی بحران‌ها را حل نکرده و بیشتر آنها اثر منفی دیگری دارند."

این وضعیت بازاری را برای قدم گذاشتن در شرکت‌های خصوصی ایجاد می‌کند و این دقیقاً کاری است که ICON، یک شرکت ساختمانی آستین، تگزاس انجام داده است.

در صفحه وب این شرکت توضیح داده شده است: "با استفاده از روبات‌های چاپی سه بعدی، نرم افزاری و مواد پیشرفته، ICON مشکلات زیادی را در صنعت ساختمان سازی معاصر با فناوری دستیابی به موفقیت خود حل می‌کند."

در سال ۲۰۱۸، ICON اولین شرکتی در ایالات متحده بود که مجوز ساخت و ساخت خانه‌ای با چاپ سه بعدی را تأمین کرد. دستاوری که در CTT گزارش شد. خانه بتونی FT2650 که آنها ایجاد کردند به عنوان اثبات مفهوم استفاده از چاپ سه بعدی برای مقابله با بحران‌های مسکن ارزان قیمت خدمت کرده است.

ICON با New Story، خیریه‌ای که خانه‌هایی برای فقرا ایجاد می‌کند، برای ادامه آزمایش و تنظیم مواد و طراحی برای توسعه یک خانه پرینت سه بعدی کامل، همکاری کرد. و اکنون، پس از ۱۸ ماه برنامه‌ریزی، ICON و New Story فقط از یک چیز بزرگ - دوخانه ارزان قیمت با چاپ سه بعدی در یک پیشرفت مهم برای Tabasco، مکزیک پرده برداری کردند!

۵۰۰ خانه انعطاف پذیر، هرخانه ۵۰۰ فوت ۲ در حدود ۲۴ ساعت از زمان چاپ در طی چند روز توسط ICON چاپ شده و دارای ساخت و ساز نهایی بودند که توسط ECHALE، شریک غیر انتفاعی New Story در مکزیک، ساخته شده است. جامعه برنامه‌ریزی شده نهایی خانه‌های پرینت سه بعدی شامل ۵۰ خانه در کل خواهد بود و به خانواده‌های محلی که هم اکنون در فقر شدید و پناهگاه‌های نابسامان و ناامن زندگی می‌کنند اعطا می‌شود.

در ویدئوی این شرکت، به دو خانه اول نگاهی بیندازید و در مورد چاپگر سه بعدی ویژه ایکون ICIN که ساخته شده برای رسیدگی به سختگیری‌های چاپ از راه دور، روستایی، در مورد VULCAN II، چاپگر ویژه 3D ساخته شده است.

New Story فاش نکرده است که هزینه تولید هر خانه چقدر است اما اعلام کرده است که قصد دارد ۴۸ خانه باقی مانده را تا پایان سال ۲۰۲۰ به پایان برساند. پس از جابجایی خانواده‌ها، New Story می‌گوید که ۲۰٪ - ۳۰٪ از درآمد آنها را در برمی‌گیرد.

منبع: [t.me/IrCeC](http://t.me/IrCeC)





دکتر سید محمد مهدی  
حسینی کیا، نویسنده‌ی مسئول  
مقاله، جهاد دانشگاهی همدان

## سنجش میزان سرب در لعاب‌های سفال و سرامیک لالچین

محمد‌هادی پروین<sup>۱</sup>، محمد سلیمی<sup>۲</sup>، سید محمد مهدی حسینی کیا<sup>۳\*</sup>،

سجاد رستمی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه بوعلی سینا همدان، <sup>۲</sup> جهاد دانشگاهی همدان

چکیده: صنعت سفال‌گری، یکی از قدیمی‌ترین صنایع دستی در استان همدان است و با توجه به نیاز بازار صادراتی که به‌شدت تحت کنترل محموله‌های سفال و سرامیک صادراتی از کشورهای تولیدکننده هستند لذا رعایت استاندارد تولید در سفال و سرامیک توصیه می‌شود. لعاب‌ها به‌عنوان پوشش‌دهنده سطوح بدنه سفالی یکی از ضروریات صنعت سفال و سفال‌گری هستند. سیلیس، عمده ماده تشکیل‌دهنده لعاب است که دارای نقطه ذوب بالایی است. برای کاهش نقطه ذوب سیلیس، موادی که اصطلاحاً کمک‌ذوب نامیده می‌شوند، به آن اضافه می‌شود. کمک‌ذوب‌ها موادی مانند اکسید سرب هستند که نقطه ذوب سیلیس را کاهش داده و همچنین، منجر به براقیت سطح لعاب می‌شود. وجود ترکیبات سربی در لعاب، برای ظروفی که برای طبخ و نگهداری مواد غذایی استفاده می‌شود، مخاطره‌آمیز است، به‌طوری که منجر به بیماری‌هایی نظیر فلج اعصاب، ناباروری و... می‌شوند. بنابراین، اندازه‌گیری سرب آزادشده از لعاب‌ها بسیار حائز اهمیت است و باید مورد بررسی و کنترل قرار گیرد.

در این آزمون که از لیوان‌های لعاب‌دار سفالی یک لیتری با لعاب‌های دارای ۱۴ رنگ‌بندی مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، از محلول اسید استیک ۴ درصد به‌عنوان حلال، جهت آزادسازی سرب در محدوده دمای ۲۰ تا ۲۴ درجه به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد. مواد و حلال‌های مورد استفاده در این آزمون کاملاً خالص و دارای درجه خلوص بالاتر از ۹۹/۹۹ مورد استفاده قرار گرفتند. سپس برای بررسی مقدار سرب حل‌شده از لعاب در داخل محلول‌ها از دستگاه جذب اتمی با لامپ سرب برای اندازه‌گیری مقدار سرب در محلول‌ها استفاده شده است.

کلمات کلیدی: سفال، لعاب، کمک‌ذوب، سرب، دستگاه جذب اتمی.

### ۱- مقدمه

محصولات سفالی، یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین ساخته‌ها و اختراعات دست بشر است که از قدیم‌الایام تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است. سفال‌گری یا کوزه‌گری ایرانی، سابقه طولانی در تاریخ ایران دارد که برای مورخان و باستان‌شناسان از مهم‌ترین مظاهر هنری است. باستان‌شناسان از راه سفال‌گری با شرایط اجتماعی، مذهبی و اقتصادی یک دوره یا یک منطقه آشنا می‌شوند. بامطالعه سفال‌ها زندگی، دین، تاریخ، روابط اجتماعی و نگرش جامعه را نسبت به همسایگان تفسیر می‌کنند [۱، ۲]. نمونه‌های متعددی از انواع کاشی‌ها و آجرهای لعاب‌دار به رنگ‌های سفید، آبی و سبز به همراه تعدادی از پیکره‌های کوچک سفالی در «زیگورات چغازنبیل» به‌دست‌آمده است که نشان می‌دهد، در حدود ۱۰۰۰ سال ق. م. سفال‌سازان با فن لعاب‌کاری ظروف آشنایی پیدا کرده بودند، به‌طوری که کاسه لعاب‌داری که در شوش به‌دست‌آمده و متعلق به ۱۰۰۰ سال ق. م. است را می‌توان در زمره نخستین نشانه‌های صنعت لعاب‌کاری دانست [۱، ۲]. لعاب‌کاری با گذر زمان و به فراخور نیاز جامعه پیشرفت کرده که منجر به تکامل صنعت سفال‌گری شده است. ماده اصلی تشکیل‌دهنده لعاب‌ها، سیلیس است. سیلیس خالص غالباً در ۱۷۱۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود و به شیشه تبدیل می‌گردد. اگر ظروف شیشه‌ای معمولی بدون استفاده از کمک‌ذوب ساخته شوند، به علت دیرگداز بودن سیلیس، بسیار گران تمام می‌شود و بدین جهت، ماده‌ای به سیلیس اضافه می‌کنند تا نقطه ذوب آن را پایین بیاورد. موادی که نقطه ذوب سیلیس را پایین می‌آورند، اصطلاحاً کمک‌ذوب نامیده می‌شوند [۳، ۴]. اکسید سرب، کربنات سدیم، کربنات پتاسیم، کربنات لیتیم و بوراکس می‌توانند چنین خاصیتی را داشته باشند. لعابی که بدین طریق تهیه

می‌شود، بی‌رنگ است که برای رنگین نمودن آن می‌بایست از اکسید فلزاتی مانند آهن، مس، کروم، منگنز و... به‌عنوان مواد مولد رنگ استفاده شود [۳، ۴]. اکسید سرب یکی از کمک‌ذوب‌های قوی به شمار می‌آید و در بیش‌تر نقاط دنیا از آن استفاده می‌شود. نقطه ذوب این اکسید، پایین و در حدود ۸۸۶ سانتی‌گراد می‌باشد. اکسیدهای رنگ کننده در لعاب‌هایی که اکسید سرب دارند به دلیل ضریب شکست نوری بالایی که این اکسید سرب دارد رنگ‌های ویژه‌ای با درخشندگی بالا به وجود می‌آورند. با توجه به اینکه ضریب انبساط حرارتی اکسید سرب نسبت به اغلب کمک‌ذوب‌های مرسوم کمتر است، لعاب‌های سربی با بدنه بیشتر محصولات سفالی سازگار بوده و نیز با داشتن دامنه پخت نسبتاً وسیع، تفاوت ذوب شدن ناشی از ناهمگونی دمایی در نقاط مختلف کوره (به‌ویژه در کوره‌های سنتی) را کاهش می‌دهد. اما لعاب‌های سربی، صرف‌نظر از داشتن مزایای فوق، عیوبی نیز دارد. مثلاً صرفاً بایستی در کوره‌هایی با محیط اکسیداسیون، برای پخت حرارت ببیند (کوره‌ای که در داخل آن جریان هوا وجود دارد، مانند: کوره‌های سنتی) چراکه اگر در محیط احیا ناشی از دود یا شعله قرار گیرد، سیاه می‌شود (محیط احیائی). لعاب‌های سربی معمولاً دماپایین (زیر ۱۰۰۰ درجه سلسیوس) بوده و بنابراین به دلیل تبخیر اکسید سرب در درجه حرارت‌های بالاتر، آن‌ها را به کار نمی‌برند و به‌جای آن از مواد دیگری استفاده می‌گردد. یکی از عیوب دیگر آن که مهم‌تر از همه است، سمی بودن آن است. زیرا سرب در داخل معده و روده‌ها وارد شده، جذب خون شده و از طریق بریدگی‌های پوست به‌راحتی جذب می‌شود. معالجه مسمومیت‌های ناشی از سرب کمی مشکل است. مسمومیت ناشی از سرب، یک مسئله جدی است و آن را نبایستی فراموش کرد، بطوریکه وجود کمترین غلظت سرب در داخل غذا می‌تواند مخاطره‌آمیز و خطرناک باشد. سرب، به‌تدریج در بدن جمع شده و عوارض خطرناکی را به وجود می‌آورد. تأثیرات حاد افزایش غلظت سرب در بدن، بر روی سلامتی انسان در جدول (۱) ذکر شده است [۴-۶].

جدول ۱- تأثیرات حاد افزایش غلظت سرب در بدن بر روی سلامتی انسان

مقدار سرب بر حسب (µg/dL) (ppm)	شرایط سلامتی
۱۵۰ (µg/dL)	مرگ حتمی
۱۰۰ (µg/dL)	مرگ حتمی کودکان در غلظت (µg/dL) ۱۲۵
۷۵ (µg/dL)	آسیب به بافت‌ها و کلیه کودکان (µg/dL) ۸۰
۴۰ (µg/dL)	افزایش فشارخون (µg/dL) ۸۰
۳۰ (µg/dL)	کاهش سرعت انتقالات عصبی نرونها (µg/dL) ۳۰
۲۰ (µg/dL)	کاهش ضریب هوشی و رشد کودکان (µg/dL) ۲۰
۱۰ (µg/dL)	تولد زود هنگام و کاهش وزن نوزاد (µg/dL) ۱۰

سرب موجود در ظروف لعاب‌دار با لعاب‌های سربی، تحت تأثیر اسیدهای ضعیف موجود در مواد غذایی، سرکه و آب‌میوه‌ها به‌صورت محلول آزاد می‌شود. هرچند که مقدار آن در حد ppm است، اما اگر به‌صورت مکرر از آن‌ها استفاده شود، منجر به انباشته شدن سرب در بدن شده و ایجاد مسمومیت می‌کند. بر اساس استانداردهای بین‌المللی، میزان سرب آزاد شده از ظروف مختلف نباید از غلظت‌های مشخصی بیشتر باشد (جدول ۲). این طرح، بر اساس استاندارد بین‌الملل سنجش و اندازه‌گیری سرب آزاد شده از لعاب‌ها انجام شده است [۴، ۷].

جدول ۲- حد مجاز آزادسازی سرب برای ظروف مختلف

نوع ظرف	معیار حد مجاز سرب	مقدار حدی سرب	واحد اندازه‌گیری
ظروف مسطح <sup>۱</sup>	میانگین کم‌تر از حد مجاز	۰/۸	mg/dm <sup>2</sup>
ظروف کاسه‌ای <sup>۲</sup>	تمام نمونه‌ها کم‌تر از حد مجاز	۲/۰	mg/l
مخازن ذخیره‌سازی <sup>۳</sup>	تمام نمونه‌ها کم‌تر از حد مجاز	۰/۵	mg/l
فنجان و لیوان <sup>۴</sup>	تمام نمونه‌ها کم‌تر از حد مجاز	۰/۵	mg/l
ظروف طبخ‌ی	تمام نمونه‌ها کم‌تر از حد مجاز	۰/۵	mg/l

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد شیمیایی

مواد شیمیایی مورد استفاده در این پروژه عبارت‌اند از: استیک اسید بی‌آب<sup>۵</sup> ۱۰۰ درصد، نیتریک ۶ اسید ۶۵ درصد که از شرکت مرک آلمان تهیه شده‌اند. نمک نیترات سرب تهیه شده از شرکت آلد ریچ با خلوص ۹۹/۹ درصد مورد استفاده قرار گرفت. برای محلول سازی آب مقطر دو بار تقطیر شده بدون یون، مورد استفاده شده است.

### ۲-۲- تهیه محلول‌ها

- تهیه محلول اسید استیک (۴٪ حجمی): ۴۰ میلی‌لیتر اسید استیک بی‌آب به ۹۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر اضافه شد.
- تهیه محلول اسید نیتریک (۱۰٪ حجمی): ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک به ۹۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر اضافه شد.
- تهیه محلول نیترات سرب ۱۰۰۰ ppm: مقدار ۱/۵۹۸ گرم نیترات سرب (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) در اسید استیک (۴٪ حجمی) حل شد و به حجم یک لیتر با اسید استیک رسید.
- برای تهیه استانداردهای ۱، ۲، ۳، ۱۰ ppm و حجم‌های مشخصی از محلول ۱۰۰۰ ppm با استفاده از میکرو پیت برداشته شد تا استانداردها تهیه شود.

### ۲-۳- دستگاه جذب اتمی

دستگاه جذب اتمی با لامپ مخصوص سرب<sup>۷</sup> با شعله هوا- استیلن<sup>۸</sup> و تصحیح جذب زمینه<sup>۹</sup> در طول موج ۲۸۳٫۳ نانومتر مورد استفاده قرار گرفت. تحت شرایط فوق (شرایط بهینه) برای محلول ۰/۴۵ ppm سرب جذب شده باید برابر ۰/۰۰۴۴ باشد.

### ۲-۴- آماده‌سازی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری سرب

چهارده لیوان سفالی یک لیتری تهیه شد. داخل لیوان‌ها با دقت تمیز و زوائد اضافی آن حذف گردید. در مرحله بعد، لعاب‌ها بارنگ بندی مختلف با استفاده از روش آمیزشی جداره داخلی آن‌ها لعاب زنی شدند. سپس، لیوان‌ها در کوره برقی قرار گرفتند. برنامه دمایی پخت با دمای ۵۰ درجه شروع شده و به مدت ۱۰۰ دقیقه در دمای ۳۲۰ درجه مرحله دوم پخت ادامه یافت و در مرحله نهایی، دمای کوره به ۸۸۰ درجه سانتی‌گراد با ماندگاری ۳۱ دقیقه اعمال شد تا عمل پخت کامل گردد. در پایان، به کوره زمان داده شد تا به آرامی سرد شود چون سرد شدن ناگهانی کوره، منجر به شکسته شدن سفال‌ها می‌شود.

<sup>1</sup> Flatware

<sup>2</sup> Hollowware

<sup>3</sup> Storage Hollowware

<sup>4</sup> Cups and Mugs

<sup>5</sup> Acetic acid glacial

<sup>6</sup> Nitric acid

<sup>7</sup> Hollow cathode or electrode less discharge lamps specific for lead

<sup>8</sup> Air-acetylene flame

<sup>9</sup> Background correction



لیوان‌های لعاب‌دار شده (شکل ۱، بخش الف) ابتدا با اسید نیتریک ۱۰٪ حجمی و سپس با آب مقطر تقطیر شستشو داده و در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد محیط خشک شد. نصف حجم لیوان‌ها (۵۰۰ میلی‌لیتر) با محلول اسید استیک ۴٪ حجمی پر شد. سپس برای جلوگیری از تبخیر محلول روی لیوان‌ها پوشیده شد (شکل ۱، بخش ب). لیوان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $22 \pm 2$  قرار گرفتند. در نهایت، محلول داخل لیوان‌ها حجم‌سنجی شد و در صورت کاهش زیاد حجم (کاهش سطح محلول بیش از ۶ میلی‌متر)، به دلیل جذب و عبور از دیواره لیوان‌ها، با استفاده از محلول اسید استیک ۴٪ به حجم نیم لیتر رسیده و محلول‌ها برای قرائت توسط دستگاه جذب اتمی آماده گردید.



الف



ب

شکل ۱- (بخش الف) لیوان‌های لعاب‌دار و (بخش ب) لیوان‌های حاوی محلول اسید استیک ۴٪

### ۵-۲- اندازه‌گیری سرب با استفاده از دستگاه جذب اتمی و روش منحنی کالیبراسیون

برای اندازه‌گیری محلول سرب با دستگاه جذب اتمی، به ترتیب: چهار استاندارد ۱، ۲، ۳ و ۱۰ ppm تهیه و به دستگاه جهت قرائت و تعیین منحنی کالیبراسیون تزریق شد. بین اندازه‌گیری هر استاندارد و نمونه تهیه‌شده، آب مقطر تقطیر به دستگاه تزریق گردید تا اثرات استاندارد و نمونه قبل حذف شود. بعد از اندازه‌گیری استانداردها، نمونه‌ها به ترتیب به دستگاه تزریق شد و سیگنال جذب آن‌ها قرائت گردید. با استفاده از معادله خط منحنی کالیبراسیون حاصل از استانداردها و میزان جذب نمونه‌ها، غلظت سرب از هر نمونه برحسب ppm گزارش گردید.

### ۳- نتایج و یافته‌ها

میزان سرب لعاب‌ها در جدول ۳) گزارش شده است. همان‌گونه که نتایج تحقیق نشان می‌دهند، مقدار سرب آزادشده از لعاب بارنگ کاربنی، بیش‌ترین مقدار را دارد و میزان سرب از لعاب‌های آبی کاربنی، سبز فیروزه‌ای و آبی فیروزه‌ای، از حد مجاز (۰/۵ ppm) بیش‌تر است. در جدول (۳)، لعاب‌هایی که مقادیر سرب کم‌تر از ۰/۰۱ ppm دارند، با خط تیره مشخص شده‌اند که علت آن حد تشخیص دستگاه است و دستگاه جذب اتمی ساده بدون کوره گرافیتی، قدرت اندازه‌گیری آن‌ها را ندارد. چون مقدار سرب از این لعاب‌ها بسیار اندک است، اندازه‌گیری سرب آن‌ها ضرورتی ندارد. علت افزایش سرب از لعاب‌های آبی کاربنی، سبز فیروزه‌ای و آبی فیروزه‌ای به دلیل وجود مس در رنگ پایه آن‌ها است [۳،۴]. زمان و دمای پخت لعاب حاوی یون مس موجود در رنگ لعاب می‌تواند سرب موجود در لعاب را احیاء کند و جای سرب در ساختار فریت را بگیرد [۳،۴]. سرب موجود در لعاب در معرض محلول اسید استیک ۴٪ حجمی حل شده و به داخل محلول اسید استیک ۴٪ مهاجرت می‌کند. مقدار سرب از لعاب پایه که با علامت "MT60" شناخته می‌شود، کم است و غلظت بیشتر سرب آزادشده در لعاب‌های رنگی بیان‌گر نقش مس در سرب در لعاب‌ها بارنگ‌های سنتی آبی کاربنی، سبز فیروزه‌ای و آبی فیروزه‌ای است.

جدول ۳- لعاب‌ها بارنگ‌های متفاوت و میزان سرب آزادشده

استاندارد و نمونه‌های تهیه‌شده (ppm)	غلظت قرائت‌شده توسط دستگاه (ppm)
۲/۰۰	۲/۰۲
۳/۰۰	۲/۹۹
۱۰/۰۰	۱۰/۰۰
آبی کاربنی	۱/۱۹
سبز فیروزه‌ای	۰/۷۰
آبی فیروزه‌ای	۰/۸۱
مشکی	-
خردلی	-
نارنجی	-
قهوه‌ای	-
قرمز	-
سبز تیره	۰/۳۶
سبز آبی	۰/۳۲
زرد	-
سبز فسفری	-
بادنجانی	۰/۴۹
لعاب پایه	MT60

### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر حاکی از آن است که سرب لعاب‌های رنگی بارنگ‌های سنتی و پرکاربرد مانند: آبی کاربنی، سبز فیروزه‌ای، آبی فیروزه‌ای، بیش‌تر از حد مجاز و تعیین‌شده توسط سازمان بین‌المللی استانداردها (ISO) می‌باشد [۴،۳] و باید میزان آزادسازی سرب در این لعاب‌ها با اصلاح فرمولاسیون لعاب‌ها کاهش پیدا می‌کند. با توجه به اینکه در اغلب نقاط دنیا

استفاده از لعاب‌های سربی دماپایین منسوخ و ممنوع شده است، لذا باید با بالا بردن دمای پخت بدنه نیاز به لعاب‌های سربی را کاهش داده و تلاش شود از لعاب‌هایی که از قبل فریت شده‌اند ولی حاوی سرب هستند استفاده نموده و این راه‌حل یکی از روش‌های مناسب پایین آوردن خطرات سرب است. همچنین پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه اغلب کارگاه‌های تولید سفال و سرامیک به خاطر تطابق این نوع لعاب‌ها با بدنه‌های لعابدار از نظر ترک‌خوردگی لعاب در سطح بدنه لعابدار و به جهت کیفیت پخت بهتر که لعاب‌های پایه سربی دارند، (به دلیل صرفه اقتصادی بالاتر) اکسید سرب لازم را از شمش سرب تهیه می‌کنند به‌راحتی در معرض خطرات تماس و استنشام سرب قرار دارند، از فریت سربی استفاده نمایند.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که درصد سرب آزادشده از لعاب‌های مختلف، متفاوت بوده بطوریکه در محدوده کم‌تر از ۰/۰۱ تا ۱/۱۹ قسمت در میلیون (ppm) متغیر می‌باشد. بیش‌ترین مقدار سرب آزادشده مربوط به لعاب بارنگ آبی کاربنی است که دو و نیم برابر حد مجاز آن است.

همچنین سرب آزادشده از لعاب‌های بارنگ بندی آبی کاربنی، سبز فیروزه‌ای، آبی فیروزه‌ای، بیش‌تر از حد مجاز و تعیین‌شده توسط سازمان بین‌المللی استانداردها<sup>۲</sup> (ISO) می‌باشد و باید میزان آزادسازی سرب در این لعاب‌ها با اصلاح فرمولاسیون لعاب‌ها کاهش پیدا کند.

## مراجع

- [1] Daryaei, T. (Ed.). (2012). The Oxford handbook of Iranian history. OUP USA.
- [2] Potts, D. T. (Ed.). (2013). The Oxford handbook of ancient Iran. Oxford University Press.
- [3] Rhodes, D. (2015). Clay and Glazes for the Potter. Ravenio Books.
- [4] Lehman, R. L. (2002). Lead glazes for ceramic foodware. The International Lead Management Center Research Triangle Park.
- [5] Gehle, K. (2009). Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) case studies in environmental medicine toxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).
- [6] Andersen, O. (1919). The Volatilization of Lead Oxide from Lead Silicate Melts. Journal of the American Ceramic Society, 2(10), 784-789.
- [7] Standard Test Method for Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometric Determination of Lead and Cadmium Extracted from Ceramic Foodware ASTM C738 - 94 (Reapproved 1999)

<sup>1</sup> Part per million

<sup>2</sup> International Standards organization [ISO]



# مروری بر متداول‌ترین روش‌های سنتز و فرآوری فیلم‌های نازک اکسید روی

مسعود سبزی\*، رقیه کلانتری پور

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دزفول، ایران



\* mas.metallurg88@gmail.com

مهندس مسعود سبزی،  
نویسنده‌ی مسئول مقاله،  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد  
دزفول

**چکیده:** در این پژوهش به بررسی متداول‌ترین روش‌های سنتز و فرآوری فیلم‌های نازک اکسید روی پرداخته شده است. فیلم‌های نازک اکسید روی به دلیل مقاومت پایین، خواص پیزوالکتریکی مناسب، شفافیت بالا در ناحیه مرئی و وجود جنبه‌های تزیینی، دارای کاربردهای وسیعی در ادوات نیمه رساناها، دستگاه‌های موج آکوستیکی و وسایل اپتیکی - آکوستیکی می‌باشند. در مجموع فیلم‌های نازک اکسید روی دارای ویژگی‌های اپتیکی و الکتریکی خوبی بوده و همچنین هزینه‌های ساخت پایینی دارند. روش‌های رسوب گذاری متفاوتی مانند کند و پاش، رسوب گذاری باریکه مولکولی، رسوب گذاری فاز بخار، تبخیر حرارتی، تبخیر واکنشی، رسوب گذاری بخار شیمیایی، اسپری پائریولیزر و فرآیند سل - ژل برای ساخت فیلم‌های نازک اکسید روی به کار می‌روند. کلمات کلیدی: اکسید روی، سنتز و فرآوری، فیلم‌های نازک.

## ۱- مقدمه

روی عنصری است شیمیایی با علامت اختصاری Zn که دارای عدد اتمی ۳۰ است. روی فلزی است به رنگ سفید متمایل به آبی که بر اثر رطوبت هوا تیره رنگ می‌شود و در حین احتراق رنگ سبز برآبی تولید می‌کند. روی بعد از آهن، آلومینیوم و مس، چهارمین فلز مورد استفاده در دنیا می‌باشد. از موارد استفاده روی می‌توان آلیاژهای مختلف و فولاد گالوانیزه را نام برد. روی یکی از عناصر شیمیایی جدول تناوبی است که نماد آن Zn و عدد اتمی آن ۳۰ می‌باشد. روی فلزی است با چگالی ۱/۷ گرم بر سانتی متر مکعب و نقطه ذوب ۴۱۹ درجه سانتیگراد و نقطه جوش ۹۱۱ درجه سانتیگراد. فلز روی یکی از فلزات اصلی در دنیای امروز است. اگرچه فراوانی زیادی ندارد (۷۶ میلیونیم پوسته زمین)، تولید سالانه ۸/۵ میلیون تن روی، آن را بعد از آهن، آلومینیوم و مس در مقام چهارم قرار داده است. بیشترین کاربرد روی، به عنوان پوشش محافظ به منظور تأخیر در خوردگی و سخت کاری سطح فولاد است. اما روی در ساخت آلیاژهای برنج و آلیاژهای ریختگی تحت فشار Zn نیز استفاده می‌شود [۱ - ۳].

اکسید روی، پودری سفید مایل به زرد و بسیار نرم، همراه با سطح ویژه بسیار بالا است. نانوپودر اکسید روی با شکل ذرات و توزیع دانه بندی کنترل شده بسیار مطلوب بوده و برای ساخت سرامیک‌هایی با ریزساختار پهنه و خواص کاربردی پیشرفته مورد نیاز می‌باشد. اکسید روی نانومتری را می‌توان از طریق روش‌هایی مانند میکرومولسیون، روش سنتز کلوییدی، رسوب دهی، روش‌های سل ژل و سنتز حرارتی با اسپری تولید کرد. روی اکسید یا اکسید روی (ZINC OXIDE) که در کتابهای کهن توتیا نامیده می‌شود، ترکیب غیرآلی با فرمول ZnO و به شکل پودری سفید رنگ و غیرمحلول در آب است. اخیراً اکسید روی (ZnO) در انجمن‌های علمی به عنوان یک ماده آینده‌دار، توجه بسار زیادی به خود جلب کرده است. با این وجود تا حد زیادی با نام غلط به عنوان ZnO به طور گسترده‌ای از سال ۱۹۳۵ مورد مطالعه و بررسی قرار داده شده است [۳ - ۶].

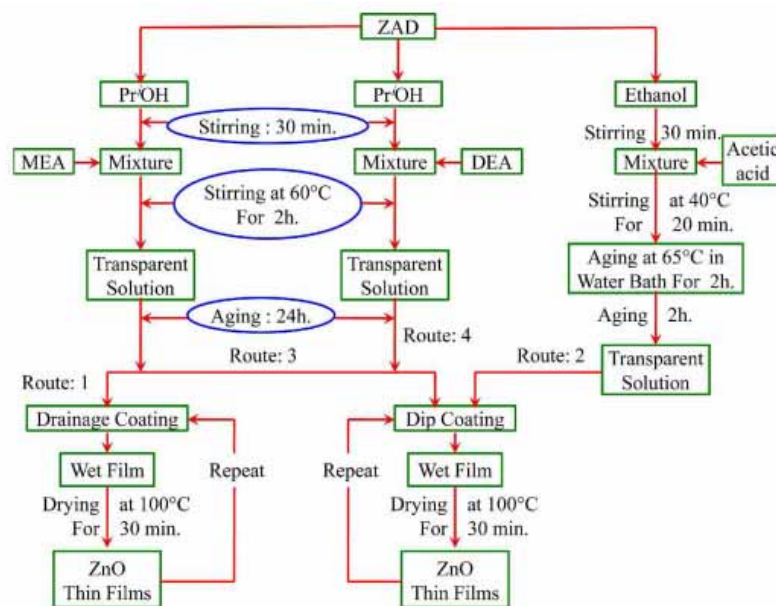
با بسیاری از صنایع فعلی ما و پیشرفت روز به روز زندگی، از لحاظ اساس و کاربرد، این ماده (ZnO) مورد مطالعه و بررسی قرار داده شده است. شهرت و معروفیت زیاد این ماده ناشی از رشد و توسعه تکنولوژی و فناوری ساخت لایه‌های واحد (کریستالی) و همبافته با کیفیت بسیار بالا

می‌باشد که باعث تحقق این امر شده است که ZnO به عنوان وسایل و ابزار آلات الکترونیکی و نوری مورد استفاده قرار گرفته است. با فاصله باند زیاد ۳/۴ eV و القاء الزام آور و بسیار زیاد انرژی ۶۰ meV در دمای اتاق، ZnO مانند GaN نقش مهمی در ابزار آلات و وسایل نوری فرابنفش و آبی ایفا می‌کند. با این حال در این کاربردها، ZnO نسبت به GaN از چندین مزیت برخوردار می‌باشد که مهمترین آنها القاء بسیار الزام آور انرژی و قابلیت رشد و بزرگ شدن مواد واحد بلوری (کریستالین) می‌باشد [۶ - ۵]. اکسید روی یکی از موادی است که به خاطر پتانسیل بالا در کاربردهای مختلف در دو دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اکسید روی، نیمه رسانایی با گاف انرژی مستقیم و پهن در حدود ۳/۳ meV در دمای اتاق است که در مقیاس نانو دارای خواصی مانند فوتولومینسانس و لیزر، اپتیک غیر خطی و پیزوالکتریسیته، مقاومت غیر خطی بالا و پایداری مکانیکی خوب است. نانو ذرات اکسید روی از نظر جذب اشعه ماوراء بنفش نیز دارای کاربردهای ویژه‌ای می‌باشند که از آن جمله می‌توان به کاربرد آنها در پمادهای سوختگی و کرم‌های ضدآفتاب به عنوان جذب کننده قوی پرتو UV و فوتوکاتالیست برای حذف آلودگی‌های محیط زیست اشاره کرد [۷ و ۵ و ۲].

## ۲- روش‌های سنتز و فرآوری فیلم‌های نازک اکسید روی

### ۲-۱- روش سل - ژل

روش سل - ژل به دلیل داشتن مزیت‌های فراوانی از جمله توانایی ایجاد فیلم در سطوح نسبتاً کوچک، کنترل استوکیومتری بالا، هزینه‌های پایین تولید و ... نسبت به سایر روش‌ها به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. خواص اپتیکی و ساختاری فیلم‌های نازک اکسید روی به طور مستقیم به پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مانند تکنیک رسوب گذاری، فرآیند خشک سازی، دمای بازپخت، PH محلول، غلظت محلول و ... بستگی دارد. فیلم‌های نازک اکسید روی که به روش سل - ژل تهیه شده‌اند، دارای ساختار آمورفی هستند و هیچ قله‌ای در فاز کریستالی آنها دیده نمی‌شود. تمام نمونه‌هایی که تحت این شرایط تهیه شده‌اند نیز بدین صورت دارای ساختار آمورف هستند. می‌توان فیلم‌های نازک اکسید روی متخلخل را با استفاده از رویه‌های مناسب روش سل - ژل و تکنیک پوششی فروکشی به دست آورد. خواص اپتیکی و ساختاری فیلم‌های نازک تهیه شده، به شدت به شرایط تهیه آنها بستگی دارد. ساختار فیلم‌های نازک با تغییر روش تهیه سل و همچنین تکنیک لایه‌نشانی تغییر می‌کند. زمانی که از اتانول و اسید اسیتیک به ترتیب به عنوان حلال و کاتالیزور استفاده می‌شود، سطح فیلم نایکناخت و زبر بدست می‌آید. اگر از دی اتانول امین به جای مونو اتانول امین استفاده شود و تکنیک غوطه‌وری نیز به کار گرفته شود، سطح فیلم‌ها کاملاً یکنواخت و صاف به دست می‌آید [۱۰ و ۹ و ۸ و ۲].



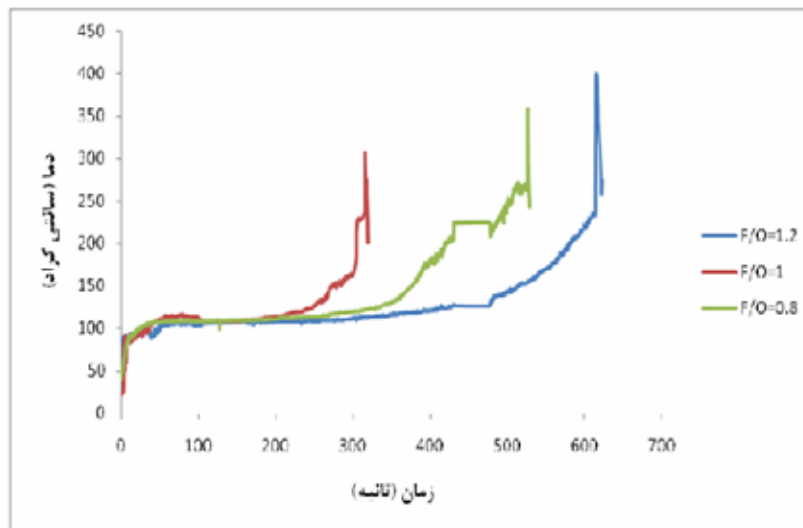
شکل ۱- سیکل کاری تهیه‌ی فیلم‌های نازک اکسید روی با استفاده از نمونه‌ها و تکنیک‌های مختلف روش سل - ژل [۸].

## ۲-۲- روش سنتز احتراقی

سنتز احتراقی در محلول (SCS) فرآیند ساده و سریعی است که اخیراً گسترش یافته و سنتز نانومواد گوناگونی را در پی دارد. این روند شامل یک فرآیند گرمای ردوکسی (اکسیداسیون - احیا) بین محلول همگن اکسید کننده‌ها (بطور مثال نیترات‌های فلزی) و سوخت‌های مختلف (بطور مثال اوره، گلیسین و هیدرازیدها) می‌باشد و بطور موفقیت آمیزی برای سنتز اکسیدهای فلزی نانو ساختار مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسته به نوع ماده اولیه و نیز شرایط مورد استفاده برای سازماندهی فرآیند، سنتز احتراقی در محلول ممکن است که به دو صورت احتراق لایه به لایه و احتراق حجمی صورت گیرد [۹ و ۶].

بطور خلاصه مزایای روش سنتز احتراقی در محلول شامل موارد زیر است [۱۳ - ۱۱]:

- ۱- بعلت حل شدن مواد اولیه در آب، اختلاط مواد اولیه در مقیاس مولکولی امکان پذیر است. بنابراین، تشکیل ترکیب مورد نظر در مقیاس مولکولی امکان پذیر است.
  - ۲- دمای بالای واکنش باعث تولید ماده‌ای خالص و بلوری می‌شود. ضمن اینکه دمای بالا به همراه سرعت سرمایه‌ش سریع، باعث می‌شود که بتوان به فازهای دما بالا دست یافت.
  - ۳- زمان کوتاه فرآیند و تشکیل محصولات گازی در حین واکنش احتراق، مانع از رشد ذرات شده و باعث تشکیل پودر با اندازه نانومتری و سطح ویژه بالا می‌گردد.
  - ۴- ساده بودن تجهیزات مورد استفاده در این روش، هزینه نسبتاً کم مواد اولیه، تک مرحله‌ای بودن فرآیند سنتز و صرفه‌جویی در انرژی از مزیت‌های دیگر روش سنتز احتراقی در محلول می‌باشد.
- در تحقیقات صورت گرفته مشخص گردیده است که اکسید روی نانو ساختار بطور موفقیت آمیزی به روش سنتز احتراقی در محلول تولید می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که فاز اصلی در اکسید روی با نسبت سوخت به اکسید کننده ۰/۸، ۱، ۱/۲ و ۱/۳، فاز هگزگونال است. نتایج نشان داده است که با افزایش نسبت سوخت به اکسید کننده، ابتدا اندازه کریستالیست‌ها افزایش و سپس کاهش می‌یابد. همچنین دمای احتراق ( $T_c$ ) برای نمونه‌های با نسبت سوخت به اکسید کننده برابر با ۰/۸، ۱ و ۱/۲ به ترتیب  $304/74$ ،  $358/14$  و  $399/45$  °C و همچنین دمای اشتعال ( $T_{ig}$ ) به ترتیب  $264/92$ ،  $231/89$ ،  $232/91$  °C اندازه‌گیری شده است [۱۴ و ۱۶ و ۵].



شکل ۲- نمودار دمای واکنش بر حسب زمان انجام آن برای نمونه‌های اکسید روی با نسبت سوخت به اکسید کننده برابر ۰/۸، ۱ و ۱/۲ [۱۲].

## ۲-۳- روش استفاده از کانی‌های اکسید روی

ذرات نانو اکسید روی در صنایع مختلف اعم از غذایی، دارویی، لاستیک‌سازی، الکترونیک و موارد مشابه کاربرد فراوانی پیدا کرده است. این ماده با استفاده از روش‌های گوناگون و جدید عبارات دیگر با ابتکارات نوین در دنیا در حال ساخت می‌باشد و آثار مکتوب



سالانه محققان گویای این امر است. در این زمینه تعدادی از محققین [۱۲ - ۹] به بررسی تولید ذرات نانوی اکسید روی و خصوصیات پیوند آن پرداختند. آنها ذرات نانو اکسید روی را از طریق ترسیب هموزنی بدست آوردند. برای جلوگیری از تجمع و آگلومراسیون ذرات روی و اصلاح سطح موثر از روش پیوند پلی متیل متاکریلیت استفاده کردند. بدین صورت که ابتدا با یک عامل تزویج کننده سطح ذرات اکسید روی را عمل آوری می کردند که باعث ایجاد پیوندهای دوتایی در سطح ذرات اکسید روی می شد و از آگلومراسیون جلوگیری می کرد. آنها دریافتند که افزایش غلظت مونومر می تواند باعث افزایش پیوند ذرات شود و افزودن بعضی از سطح سازها در تفرق ذرات موثر واقع شده است.

تعدادی دیگر از محققین [۱۵ و ۱۱ و ۲] طی یک مطالعه ذرات اکسید روی را از طریق ترسیب در یک محیط واسطه ارگانیکی ژلاتینی بدست آوردند. ذرات نانو اکسید روی مستقیماً از طریق ژل آگار شامل سولفات روی تحت تاثیر یون های  $\text{OH}^-$  بدست می آیند، ساختار باندی نانو اکسید روی تولید شده با اشکال ستاره ای، بیضوی و کروی از طریق ترسیب دوره ای همسو با تأثیر و پخش  $\text{OH}^-$  تولید می شود. ذرات با اشکال ستاره و بیضوی از طریق فرآیند انحلال ماده ای که از پیش ترسیب  $\text{ZnSO}_4 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})$  بدست آمده بوجود می آیند. ابعاد بدست آمده بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ نانو متراند.

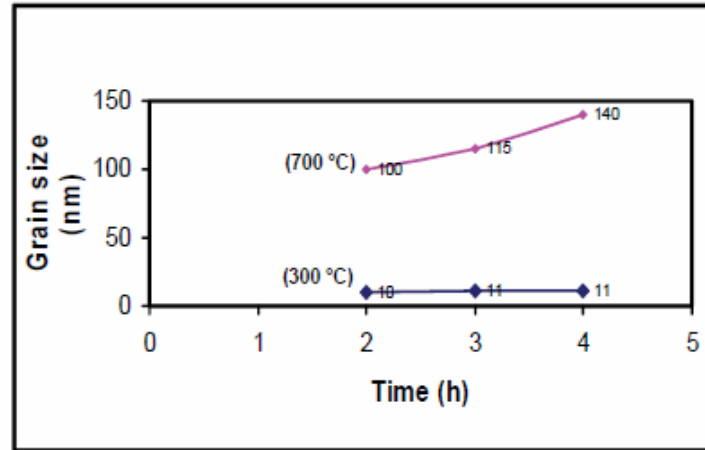
در تحقیق صورت گرفته در زمینه تهیه ی نانو اکسید روی از کانی های اکسید روی [۱۶ و ۴]، ابتدا کنسانتره اکسید روی در دو مرحله سرد و گرم تصفیه و عناصر ناخالص آن جدا گردید و محلول سولفات روی حاصل جهت تولید پودر نانو اکسید روی مورد استفاده قرار گرفت. سپس پارامترهای موثر در تولید پودر نانوی اکسید روی است، مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور شش پارامتر دما، غلظت های  $\text{NaOH}$ ،  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  و  $\text{ZnSO}_4$ ، زمان انجام واکنش و سرعت همزدن در ۴ سطح طراحی شد که در این حالت شرط بهینه زمانی حاصل شد که غلظت سولفات روی، کربنات سدیم و هیدروکسید سدیم برابر ۱ مول بر لیتر و دمای انجام واکنش برابر ۹۰ درجه سانتیگراد باشد. همچنین عوامل زمان و سرعت همزن تأثیر چندانی در پاسخ هدف نداشتند. یعنی تأثیر عواملی نظیر زمان انجام واکنش و سرعت همزدن در سطوح انتخابیشان وقتی که سایر پارامترها در سطح بهینه خود قرار دارند آشکار نمی شود. در نهایت با انجام یک آزمایش با شرایط بهینه مشخص شد که در پودر بدست آمده فقط پیک های  $\text{ZnO}$  مشاهده می شود و پودر بدست آمده دارای ابعاد ۷۰ تا ۱۵۰ نانومتر است.

## ۲-۴- فرآیند ژلاسیون

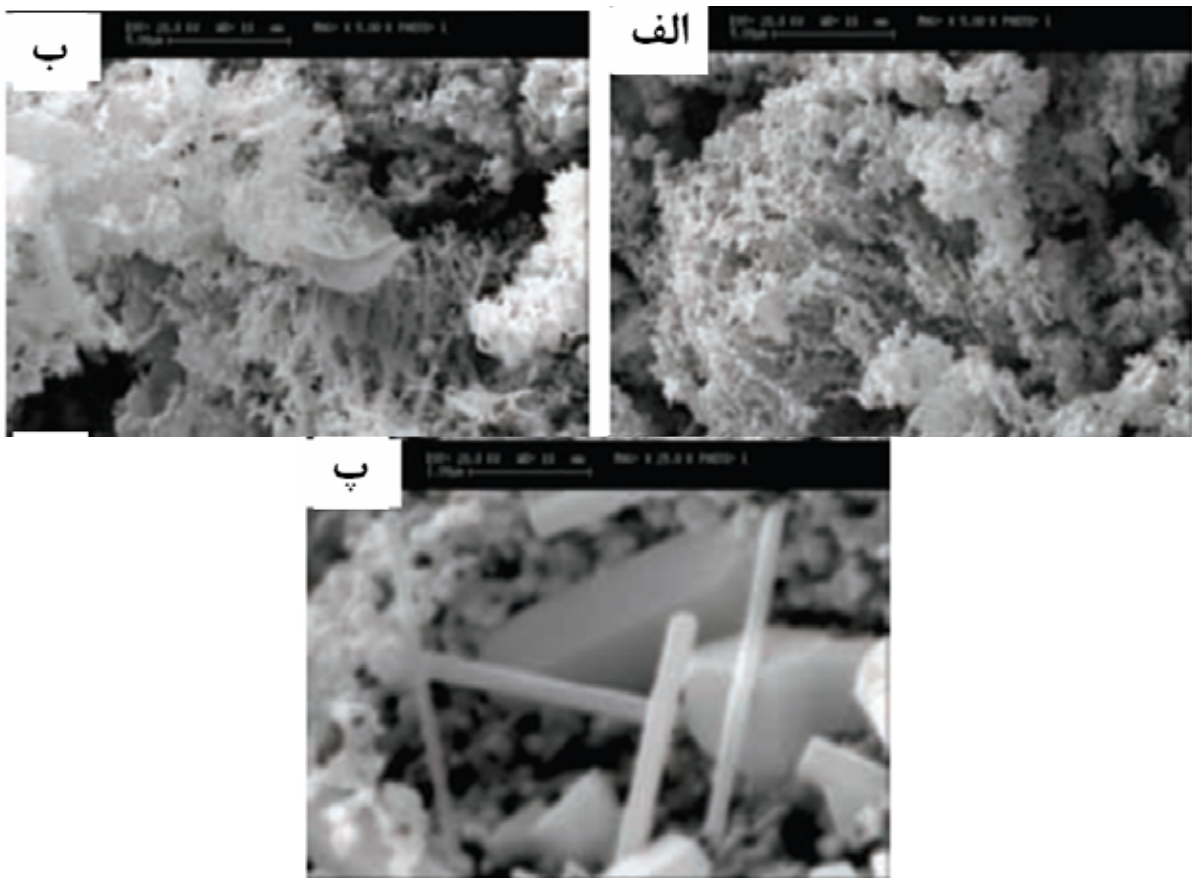
ذرات، لوله ها و سیم ها با اندازه نانومتری، طیف وسیعی از خصوصیات الکتریکی و نوری را به نمایش می گذارند. اکسید روی با توجه به تأثیرات منحصر بفرد خود با مورفولوژی های مختلف، کاربردهای وسیع بالقوه ای را در سیم های مقاومت الکتریکی، حسگرهای گازی، سرامیک ها، دستگاه های نوری و الکتریکی دارا هستند. بنابراین کنترل سنتز و مورفولوژی نانو ذرات  $\text{ZnO}$  اخیراً توجه زیادی را به خود جلب کرده است. همچنین نانو پودر  $\text{ZnO}$  میله ای شکل، کاربرد بسیاری در تهیه نانو کامپوزیت ها دارد. امروزه از نانولوله ها به عنوان تقویت کننده کامپوزیت های فیبری و پلیمری استفاده می شود. این کار با مخلوط نمودن نانولوله ها با پایه های پلیمری مختلف صورت می گیرد که این عمل منجر به ایجاد پیوندهای واندروالس بین نانولوله ها و پلیمر می شود. نانو کامپوزیت های تهیه شده با نانومیله های  $\text{ZnO}$  مزایای فراوانی دارند که باعث ارتقاء سطح کیفیت، مقاومت مکانیکی و فیزیکی ماتریس پلیمر می شود. نکته ای که در این نوع کامپوزیت ها مهم است، این است که در ساخت این نوع کامپوزیت ها باید سعی شود نانومیله های  $\text{ZnO}$  که در ماتریس پلیمر توزیع می شوند، یکنواخت باشد و میله های استفاده شده با طول بلندتر و قطر کمتر باشد، زیرا نحوه آرایش میله ها جهت یکنواخت شدن در زمینه پلیمری مهم است [۱۵ - ۸].

برای سنتز نانوپودرها روش های مختلفی وجود دارد که به طور کلی به سه دسته فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی تقسیم بندی می شوند. در روش ژلاسیون، ژل پلیمری تشکیل می شود که در مقایسه با روش سل-ژل، چون از نمک های معدنی به جای آلکوکسیدهای فلزی گران قیمت و آب نیز به جای حلال های آلی استفاده می شود، اقتصادی تر می باشد. در تحقیقات صورت گرفته [۱۸ و ۱۷ و ۱۱ و ۷]، سنتز نانو ذرات  $\text{ZnO}$  با مورفولوژی شبه میله ای دوشاخه ای با استفاده از روش ژلاسیون انجام شده است. فزایابی، اندازه کریستالیت ها و مورفولوژی پودر  $\text{ZnO}$  سنتز شده به ترتیب با XRD و SEM بررسی شده اند. نتایج اشعه پراش ایکس نشان می دهد که نانوذرات  $\text{ZnO}$  سنتز شده به صورت ساختمان کریستالی ورتزیت درآمده اند. همه ی پیک ها را می توان با فاز اکسید طبیعی روی مطابقت داد که دلالت بر خلوص بالای نانو ذرات  $\text{ZnO}$  بدست آمده دارد. تصاویر میکروسکوپ SEM

نشان می‌دهد که نانو ذرات ZnO به صورت یک رشد بعدی رشد نموده و تشکیل شبه میله‌ها را می‌دهند. نمونه‌ای که در  $600^{\circ}\text{C}$  تکلیس شده، مورفولوژی میله‌ای شکل دارد. همچنین، دانه‌های نانومتری بسیاری در میان نانوساختارها برای نمونه‌های تکلیس شده در دماهای  $400^{\circ}\text{C}$  و  $500^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳ ساعت وجود دارد که این ریزدانه‌ها در دماهای بالاتر یکی بعد از دیگری به یکدیگر متصل می‌شوند. بنابراین مورفولوژی میله‌ای نانو ذرات ZnO، به دمای تکلیس و غلظت آب موجود در محلول پیش ساخته بستگی دارد و پیدا کردن بهترین دمای تکلیس و میزان غلظت آب، تأثیر زیادی در تشکیل نانوساختارهای ZnO دارد. همچنین کنترل میزان PH و زمان تکلیس بر اندازه دانه نانومیله‌های اکسید روی تأثیر مستقیم دارد. با اعمال شرایط بهینه سنتز، می‌توان نانومیله‌های منحصر بفرد ZnO تولید کرد که در نانوکامپوزیت‌های سرامیکی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نانومیله‌های دوشاخه‌ای سنتز شده در کار حاضر، می‌تواند روزه جدیدی را بر روی دنیای نانوتکنولوژی باز کند.



شکل ۳- اندازه دانه پودر ZnO بر حسب زمان تکلیس در دو دمای مختلف [۱۸].



شکل ۴- تصاویر SEM نانو ذرات ZnO در دماهای: الف)  $400^{\circ}\text{C}$ ، ب)  $500^{\circ}\text{C}$ ، پ)  $600^{\circ}\text{C}$  [۱۸].

## ۲-۵- روش تجزیه حرارتی

اکسیدروی یکی از موادی است که به خاطر پتانسیل بالا در کاربردهای مختلف در دو دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اکسیدروی نیمه رسانایی با گاف انرژی مستقیم و پهن در حدود  $3/37$  الکترون ولت در دمای اتاق است که در مقیاس نانو دارای خواصی مانند فوتولومینسانس و لیزر، اپتیک غیرخطی و پیزوالکتریسیته، مقاومت غیر خطی بالا و پایداری مکانیکی خوب است. نانوذرات اکسیدروی از نظر جذب اشعه ماوراءبنفش نیز دارای کاربردهای ویژه‌ای می‌باشند که از آن جمله می‌توان به کاربرد آنها در پمادهای سوختگی و کرم‌های ضدآفتاب به عنوان جذب کننده قوی پرتو UV و فوتوکاتالیست برای حذف آلودگی‌های محیط زیست اشاره کرد [۱۹ و ۸ و ۶ و ۱].

در یکی از تحقیقات انجام شده [۲۰]، روش تجزیه حرارتی دی هیدرات استات روی برای ساخت نانو ساختارهای اکسیدروی به کار گرفته شد. برای ساخت نانوساختارها از دی هیدرات استات روی  $(Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O)$  که پودری سفیدرنگ با جرم مولی  $M=219/49gr/mol$  می‌باشد، استفاده شد. به منظور ساخت نانوساختارها، مقداری از دی هیدرات استات روی در یک کروزه قرار داده شد و در کوره گذاشته شد. سپس کوره تا دمای  $300^\circ C$  گرم شد و برای مدت ۱ تا ۱۵ ساعت در این دما گذاشته شد. در این روش آهنگ گرم کردن کوره اهمیت زیادی دارد، به گونه‌ای که آهنگ گرم کردن در مقدار ماده‌ی محصول و همچنین تشکیل فازهای ناخواسته تأثیر زیادی دارد. در هر بار سنتز دو نوع محصول به دست می‌آید: ۱- پودر سفید رنگ متخلخلی که در دیواره‌ها و اطراف کروزه قرار دارد و ۲- پودر خاکستری رنگ که به سختی به کف ظرف کروزه چسبیده است. مواد ساخته شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی، پراش اشعه ایکس و طیف FT-IR مشخصه‌یابی شدند. در نهایت نتایج نشان دادند که نانوساختارهای تولید شده بدون هیچگونه ناخالصی و با مورفولوژی بسیار متنوع تولید شده‌اند. در این روش فرآیند تجزیه دی‌هیدرات استات روی در دو فاز جامد و بخار انجام می‌شود و این امر منجر به تولید نانوذرات، نانوسیم‌ها و نانودیسک‌ها با اندازه یکنواخت و مورفولوژی یکسان می‌گردد.

## ۳- نتیجه گیری

الف) اکسید روی، نیمه‌رسانایی با گاف انرژی در حدود  $3/3mev$  در دمای اتاق است که در مقیاس نانو دارای خواصی مانند فوتولومینسانس و لیزر، اپتیک غیرخطی و پیزوالکتریسیته، مقاومت غیرخطی بالا و پایداری مکانیکی خوب است. ب) فیلم‌های نازک اکسید روی به دلیل مقاومت پایین، خواص پیزوالکتریکی مناسب، شفافیت بالا در ناحیه مرئی و وجود جنبه‌های تزئینی، دارای کاربردهای وسیعی در ادوات نیمه رساناها، دستگاه‌های موج آکوستیکی و وسایل اپتیکی- آکوستیکی می‌باشند. در مجموع فیلم‌های نازک اکسید روی دارای ویژگی‌های اپتیکی و الکتریکی خوبی بوده و دارای هزینه‌های ساخت پایینی هستند.

ج) روش‌های سنتز و فرآوری متفاوتی مانند کند و پاش، رسوب گذاری باریکه مولکولی، رسوب گذاری فاز بخار، تبخیر حرارتی، تبخیر واکنشی، رسوب گذاری بخار شیمیایی، اسپری پایرولیز و فرآیند سل- ژل برای ساخت فیلم‌های نازک اکسید روی به کار می‌روند.

## مراجع

- [1] Mendil, R., Ben Ayadi, Z., Djessas, K., "Effect of solvent medium on the structural, morphological and optical properties of ZnS nanoparticles synthesized by solvothermal route", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 678, pp. 87-92, 2016.
- [2] Liu, Z., Li, R., Jiang, R., Li, X., Zhang, M., "Effects of Al addition on the structure and mechanical properties of Zn alloys", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 687, pp. 885-892, 2016.
- [3] Tao, J. and et al., "Enhanced optical and photocatalytic properties of Ag quantum dots-sensitized nanostructured TiO<sub>2</sub>/ZnO heterojunctions", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 688, Part A, pp. 605-612, 2016.
- [4] Moulahi, A., Sediri, F., "Controlled synthesis of nano-ZnO via hydro/solvothermal process and study of their optical properties", Optik - International Journal for Light and Electron Optics, Vol. 127, No. 19, pp. 7586-7593, 2016.



- [5] Umar, A., Algarnic, H., Kim, S. H., Al-Assiri, M. S., "Time dependent growth of ZnO nanoflowers with enhanced field emission properties", *Ceramics International*, Vol. 42, No. 11, pp. 13215–13222, 2016.
- [6] Berge, D. and et al., "Improved photoluminescence emission and gas sensor properties of ZnO thin films", *Ceramics International*, Vol. 42, No. 12, pp. 13555–13561, 2016.
- [7] Coleman, V. A. and Jagadish, C., "Basic Properties and Applications of ZnO", *Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures*, Chapter 1, pp. 1-20, 2006.
- [۸] آبسالان، ح.، اسمعیلی قدس، ف.، "مطالعه مقایسه‌ای فیلم‌های نازک اکسید روی، تهیه شده با روش‌های مختلف سل-ژل"، *مجله پژوهش فیزیک ایران*، جلد ۱۱، شماره ۴، ص ۴۲۸ – ۴۲۳، زمستان ۱۳۹۰.
- [9] Wang, Y., Ma, Q., Jia, H., Wang, Z., "One-step solution synthesis and formation mechanism of flower-like ZnO and its structural and optical characterization", *Ceramics International*, Vol. 42, No. 9, pp. 10751–10757, 2016.
- [10] Yang, Y. and et al., "Facile synthesis of ZnO/Ag nanocomposites with enhanced photocatalytic properties under visible light", *Materials Letters*, Vol. 180, pp. 97–100, 2016.
- [11] Deng, J. and et al., "Facile synthesis and enhanced ethanol sensing properties of the brush-like ZnO–TiO<sub>2</sub> heterojunctions nanofibers", *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol 184, pp. 21–26, 2013.
- [۱۲] دانشجو، م.، هنریخش رثوف، ع.، وحدتی خاکی، ج.، "بررسی عوامل موثر بر فرآیند تولید اکسید روی نانو ساختار به روش سنتز احتراقی در محلول"، *پنجمین همایش مشترک انجمن مهندسیین متالورژی و جامعه علمی ریخته‌گری ایران*، ص ۱۰ – ۱، ۱۳۹۰.
- [13] Yang, Y. and et al., "A simple hydrothermal synthesis of flower-like ZnO microspheres and their improved photocatalytic activity", *Materials Letters*, Vol. 180, pp. 55–58, 2016.
- [14] Shi, R., Yang, P., Dong, X., Ma, Q., Zhang, A., "Growth of flower-like ZnO on ZnO nanorod arrays created on zinc substrate through low-temperature hydrothermal synthesis", *Applied Surface Science*, Vol. 264, pp. 162–170, 2013.
- [15] Dongying, F., Gaoyi, H., Yang, F., Zhang, T., Chang, Y., Liu, F., "Seed-mediated synthesis and the photo-degradation activity of ZnO–graphene hybrids excluding the influence of dye adsorption", *Applied Surface Science*, Vol. 283, pp. 654–659, 2013.
- [۱۶] خدادادی، ا.، قیطاسی، ر.، مرادخانی، د.، کلینی، س. ج.، مرزبان، م.، "بررسی عوامل موثر در تولید پودر نانو اکسید روی از کانی‌های اکسید روی"، *نشریه علمی-پژوهشی مهندسی معدن*، دوره سوم، شماره پنجم، ص ۸۹ – ۷۹، سال ۱۳۸۷.
- [17] Fan, F. and et al., "Synthesis and gas sensing properties to NO<sub>2</sub> of ZnO nanoparticles", *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 185, pp. 377–382, 2016.
- [۱۸] منافی، ص.، روحانی، ع. ا.، بدیعی، س. ح. و صالحی، ا.، "تهیه و سنتز نانو ساختارهای ZnO با استفاده از فرآیند ژلاسیون و بررسی ریزساختارهای آن"، *مجله تحقیقات مواد نانوکامپوزیتی*، شماره ۱، ص ۲۶ – ۲۱، ۱۳۸۸.
- [19] Chrissanthopoulos, A. and et al., "ZnO/zeolite hybrid nanostructures: synthesis, structure, optical properties, and simulation", *Thin Solid Films*, Vol. 555, pp. 21–27, 2014.
- [۲۰] فرید، م.، جعفرپور، ع.، مقبل الحسین، م.، "ساخت نانوساختارهای اکسید روی از روش تجزیه حرارتی دی هیدرات استات روی"، *مقاله نامه کنفرانس فیزیک ایران*، ص ۱۹۸۶ – ۱۹۸۳، ۱۳۹۰.

## نانو پوشش‌های فوق آبگریز ضد یخ

مرتضی مصباحی احمد\*، اکبر اسحاقی

دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان

**چکیده:** یخ زدگی که توسط قطرات فوق سرد بر روی سطوح مختلف ایجاد می‌شود می‌تواند عواقب فاجعه باری برای بسیاری از صنایع از جمله صنایع هوایی، اپتیک، توزیع برق، مخابرات و حمل و نقل داشته باشد. برای کاهش مشکلات یخ زدگی تکنیک‌های گرمایی و مکانیکی توسعه یافته‌اند، با این حال این روش‌ها با مشکلاتی از قبیل مصرف زیاد انرژی، آلوده کردن محیط زیست و هزینه‌های اقتصادی بالا درگیر هستند. این تحقیق نگاهی دارد به یک رویکرد کاملاً متفاوت، یعنی استفاده از سطوح فوق آبگریز برای کاهش تجمع یا چسبندگی یخ. سطوح فوق آبگریز با زاویه تماس بالا و پسماند زاویه تماس پایین می‌توانند نه تنها در به تاخیر انداختن زمان شروع یخ زدگی موثر باشند بلکه کل زمان فرایند یخ زدگی در مقایسه با سطوح بدون پوشش را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر، در مورد استفاده از پوشش‌های فوق آبگریز با ساختار زیر به عنوان پوشش‌های ضد یخ تردیدهایی است. این مطالعات نشان می‌دهد که استحکام چسبندگی یخ، پس از سیکل‌های متوالی یخ زدگی/یخ زدایی به دلیل از بین رفتن پستی و بلندی‌های نانومتری سطح و افزایش فصل مشترک پوشش-یخ، افزایش یافته است. این نتایج نشان دهنده این است که عملکرد ضد یخ نمونه‌ها کاهش یافته است. همچنین استفاده از چنین پوشش‌هایی در محیط‌های مرطوب ممکن است محدود باشد. در این مقاله به ارتباط بین فوق آبگریزی و دفع یخ، دلایل کاهش عملکرد دفع یخ پوشش‌ها و در نهایت کاربردهای آن پرداخته شده است. کلمات کلیدی: نانو پوشش، فوق آبگریزی، ضد یخ، استحکام چسبندگی یخ.

مهندس مرتضی مصباحی احمد،  
نویسنده‌ی اول مقاله، دانشگاه  
صنعتی مالک اشتر

### ۱- مقدمه

یخ زدگی یک پدیده شایع در بسیاری از زمینه‌ها است. پوشش‌های فوق آبگریز ضد یخ یک روش جدید به منظور کاهش یا جلوگیری از تجمع یخ در تجهیزات هوایی و صنایع مختلف می‌باشد. این چنین پوشش‌هایی چسبندگی یخ را کاهش می‌دهند یا انجماد آب را در سطح به تاخیر می‌اندازند، که انتظار می‌رود در نتیجه یخ یا تجمع برف خیس در چنین سطوحی کاهش یابد. سطوح فوق آبگریز زاویه تماس آب بالای ۱۵۰ درجه و پسماند زاویه تماس کمتر از ۱۰ درجه دارند. در چنین سطوحی لایه‌ای از هوا بین آب و یک سطح زبر تشکیل می‌شود. یک کاربرد جالب سطوح فوق آبگریز علاوه بر دفع آب فوق‌العاده، قابلیت کاهش انباشتگی برف و یخ و حتی به طور کامل جلوگیری از تشکیل یخ روی سطوح جامد است. در چند سال اخیر محققین تحقیقاتی در رابطه با کاهش چسبندگی یخ یا به تاخیر انداختن یخ زدن آب روی سطوح زبر فوق آبگریز ارائه داده‌اند [۱].

چسبندگی بالای یخ به سطوح مختلف کارایی تجهیزات و سازه‌های صنعتی در صنایع هوایی، اپتیک، توزیع برق، ناوبری، مخابرات و حمل و نقل را می‌تواند به شدت کاهش دهد و یا باعث از بین رفتن این تجهیزات شود. به عنوان مثال، در خطوط انتقال برق رشد پیوسته یخ بر روی این سازه‌ها یک مشکل بزرگی است که می‌تواند منجر به جرقه زدن عایق و پاره‌گی سیم‌ها و سقوط برج‌های انتقال برق شود. این پدیده برای هواپیماها می‌تواند بسیار خطرناک باشد. زیرا یخ ایجاد شده آیرودینامیک سطح هواپیما را تغییر می‌دهد که می‌تواند خطر واماندگی هواپیما را در پی داشته باشد. به همین دلیل سیستم‌های پشتیبانی در برابر یخ زدگی اغلب بخشی از اجزاء اصلی پرواز هستند. حضور حتی یک لایه‌ی خیلی نازک از یخ می‌تواند کارکرد پال‌های هواپیما، پروانه موتور، شیشه جلو، آنتن، دریچه‌ها و... را محدود کند. به عنوان مثال، انباشتگی یخ بر روی پایدار کننده<sup>۱</sup>

<sup>1</sup> stabilizer

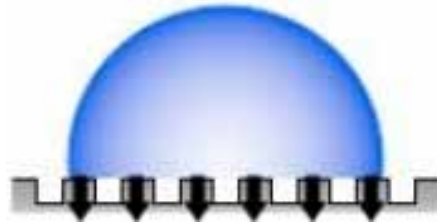
دم افقی، توانایی حفظ تعادل هواپیما را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، یخ ایجاد شده بر روی بال هواپیما مانع از جریان صاف و عبور هوا از بال‌ها، که منجر به افزایش درگ<sup>۱</sup> (کشیدن) و کاهش توانایی ارتفاع گرفتن هواپیما می‌شود[۳].

به خاطر همه این مشکلات تلاش قابل توجهی اعمال شده است به منظور توسعه سطوحی که بتوانند ساده تر یخ را از بین ببرند یا سرعت تشکیل آن را کم کنند. بسیاری از این تلاش‌ها شامل تکنیک‌های شیمیایی، حرارتی یا مکانیکی برای از بین بردن یخ قبل از انباشتگی می‌باشد. این‌ها به عنوان تکنیک‌های فعال یخ‌زدایی نامیده می‌شود. با این حال این روش‌ها با مشکلاتی از قبیل مصرف زیاد انرژی، آلوده کردن محیط زیست و هزینه‌های اقتصادی بالا مواجه هستند. یک روش بسیار جالب‌تر ایجاد پوشش‌های فوق آبریز ضد یخ است که باعث کاهش یا حذف انباشتگی یخ از ابتدا می‌شود[۴].

در این مقاله ابتدا به تاخیر افتادن انجماد بر روی پوشش‌های فوق آبریز در حالت استاتیکی و دینامیکی و بدتر شدن دفع یخ مورد بحث قرار گرفته است، همچنین تاثیر زبری در مقیاس نانو بر روی تاخیر در انجماد آورده شده است و در آخر کاربرد نانو پوشش‌های فوق آبریز ضد یخ بررسی شده است.

## ۲- ارتباط بین آبریزی و دفع یخ

انجماد ناهمگن قطرات آب می‌تواند با انواع مکانیسم‌ها تفسیر شود اما اغلب شامل انتقال حرارت قطره از طریق فصل مشترک جامد-آب و پس از آن فرایند جوانه‌زنی ناهمگن است. در فرایند جوانه‌زنی ناهمگن زبری نانو متری سطح یا ذرات میکرو روی سطح به عنوان مراکز جوانه‌زنی عمل می‌کنند. انتقال حرارت از طریق فصل مشترک جامد-مایع یک قطره در حالت کسی-باکستر<sup>۲</sup> در شکل ۱ نشان داده شده است[۵].



شکل ۱- یک قطره آب در حالت کسی-باکستر. پیکان‌ها انتقال حرارت از طریق فصل مشترک جامد-مایع را نشان می‌دهند[۵]

از آنجا که هوا یک هادی ضعیفی برای گرما است، به نظر می‌رسد که هوای که به دام افتاده زیر یک قطره آب یک سد حرارتی ایجاد می‌کند که می‌تواند یخ زدگی را به تاخیر اندازد و حتی ممکن است از تجمع و چسبندگی یخ جلوگیری کند. عبارت "دفع یخ" برای شرح دادن این چنین سطوحی ساخته شده است. اعتبار این حدس و گمان با این واقعیت تقویت شد که انرژی سطحی یخ نسبت به آب قابل مقایسه است (۸۰/۲ میلی ژول بر متر برای یخ در مقابل ۷۵/۶ میلی ژول بر متر برای آب) [۶].

## ۳- تاثیر فوق آبریزی بر روی به تاخیر افتادن انجماد

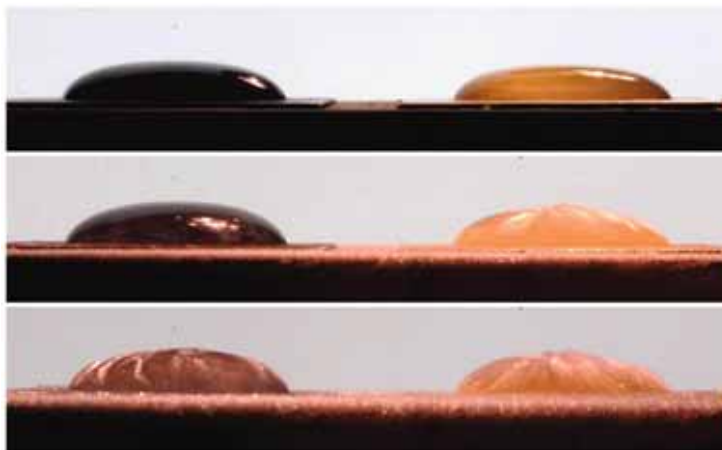
در این بخش تاثیر فوق آبریزی بر روی به تاخیر افتادن انجماد آورده شده است، تجمع یخ به صورت استاتیکی و دینامیکی و چسبندگی یخ شرح داده خواهد شد. برخی از مکانیزم‌های اصلی تخریب پوشش‌های ضد یخ نیز در بخش بعدی آورده شده است.

### ۳-۱- به تاخیر افتادن انجماد استاتیکی

ترکینا<sup>۳</sup> و همکاران [۷] یک آزمایش برای تشخیص امکان به تأخیر افتادن انجماد استاتیکی ناشی از فوق آبریزی را انجام دادند. یک صفحه مسی بدون پوشش و یک صفحه مسی فوق آبریز استفاده شد. سطح فوق آبریز با استفاده از یک روش ساده بر اساس رسوب‌دهی گالوانیکی ساخته شد. زاویه تماس پیشروی و پسروی به ترتیب ۱۶۵ و ۱۵۵ درجه (پسماند زاویه تماس = ۱۰ درجه) بود، که به وضوح حالت کیسی-باکستر را نشان می‌دهد.

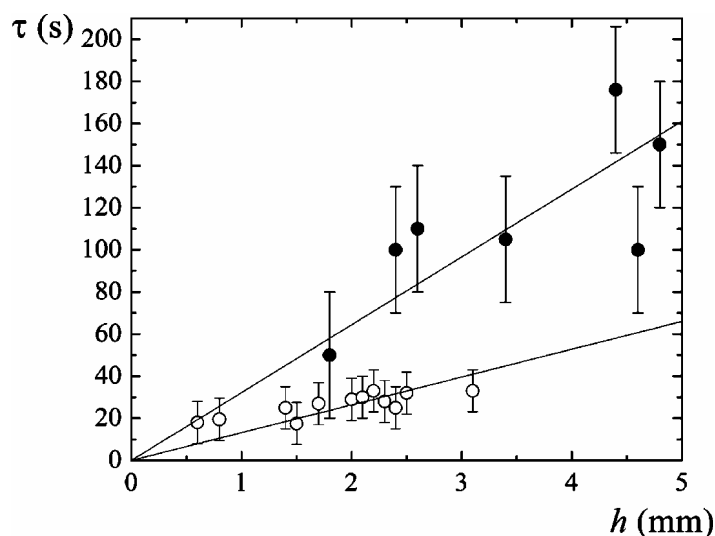
<sup>1</sup> drag  
<sup>2</sup> Cassie-Baxter  
<sup>3</sup> Tourkine





شکل ۲- انجماد قطرات آب بر روی سطح مس فوق آبگریز (چپ) و سطح مس بدون پوشش (راست)، هر دو در دمای ۷- درجه سانتی‌گراد [۷].

شکل ۲ یک مقایسه بین دو قطره آب رسوب داده شده به ترتیب بر روی سطح فوق آبگریز (چپ) و سطح مس بدون پوشش (راست) را نشان می‌دهد. یک شیار نازک دایره‌ای به شعاع ۱۰ نانومتر بر روی هر دو سطوح برای ثابت کردن خط تماس و برای تغییر حجم قطره بدون تغییر سطح تماس ایجاد شد. این به محققان اجازه می‌دهد اثر ساختار سطح در به تأخیر انداختن یخ‌زدگی را مجزا کنند. تصاویر ردیف اول درست بعد از رسوب‌دهی گرفته شده است. وقتی که عکس دوم گرفته شد قطره بر روی سطح بدون پوشش منجمد شده بود درحالی که بر روی سطح فوق آبگریز هنوز هم مایع بود. هنگامی که آخرین تصاویر گرفته شده بودند، قطرات سمت چپ نیز یخ‌زده بود. گروه یک سری آزمایش بر روی هر دو سطوح انجام داد، همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است زمان انجماد به‌عنوان تابعی از ارتفاع قطره رسم شده است. در این مورد ارتفاع قطره تابع مستقیم حجم قطره است.

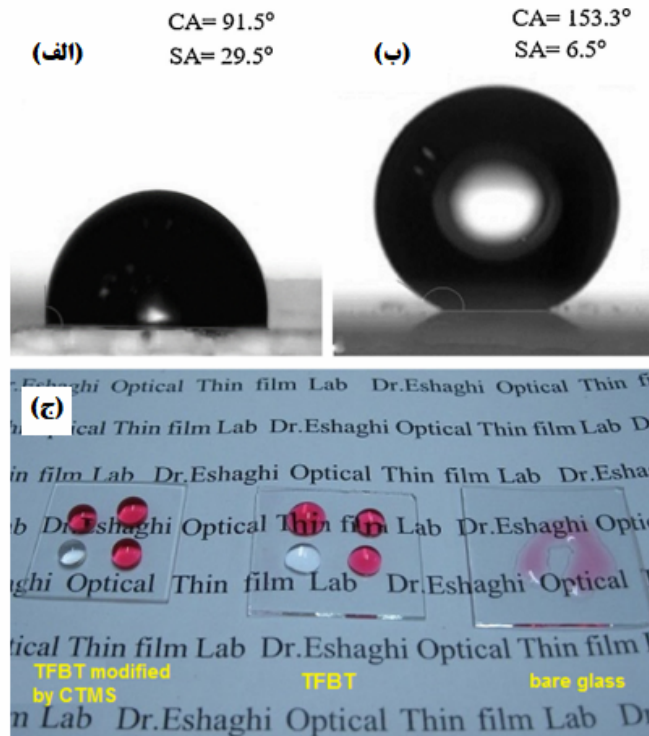


شکل ۳- زمان انجماد به‌عنوان تابعی از ارتفاع قطره  $h$  برای مساحت سطح یکسان، بر روی سطح مس بدون پوشش (نقطه‌های سفید)، مس پوشش داده شده با فلئور (مربع‌های سفید) و بر روی مس فوق آبگریز (نقطه‌های سیاه) [۷].

طرح به وضوح نشان می‌دهد که زمان انجماد به‌طور قابل توجهی در سطح فوق آبگریز به تعویق افتاده است. مقادیر شیب خط بر روی سطح فوق آبگریز تقریباً دو برابر مقادیر شیب خط بر روی سطح بدون پوشش اندازه‌گیری شد. نتایج به دلیل اینکه مساحت تماس آب- جامد کاهش پیدا کرده و باعث تأخیر در انجماد شده است، معقولانه است. مصباحی احمد و همکارانش در سال ۲۰۱۸ عملکرد یخ‌زدگی آب بر روی یک شیشه فوق آبگریز را بررسی کردند [۸]. به‌منظور بررسی اثرات پوشش نانو اورگانو سیلیکون در یخ‌زدگی آب، شکل قطره آب، زمان شروع یخ‌زدگی و کل فرایند یخ‌زدگی در هر دو سطح پوشش دار و بدون پوشش مشاهده شد.

مشخص شد که سطح پوشش داده شده، دارای قابلیت خوب در به تأخیر انداختن زمان شروع یخ زدگی است. همین طور تحت یک شرایط آزمایشگاهی کل زمان یخ زدگی در سطح پوشش داده شده در مقایسه با سطح پوشش داده نشده طولانی تر بود. نتایج آزمایش نشان داد که پوشش نانو اورگانو سیلیکون بیانگر یک عملکرد ضد یخ خوب است و می تواند به عنوان یک ماده پوشش دهنده برای جلوگیری از یخ زدگی استفاده شود.

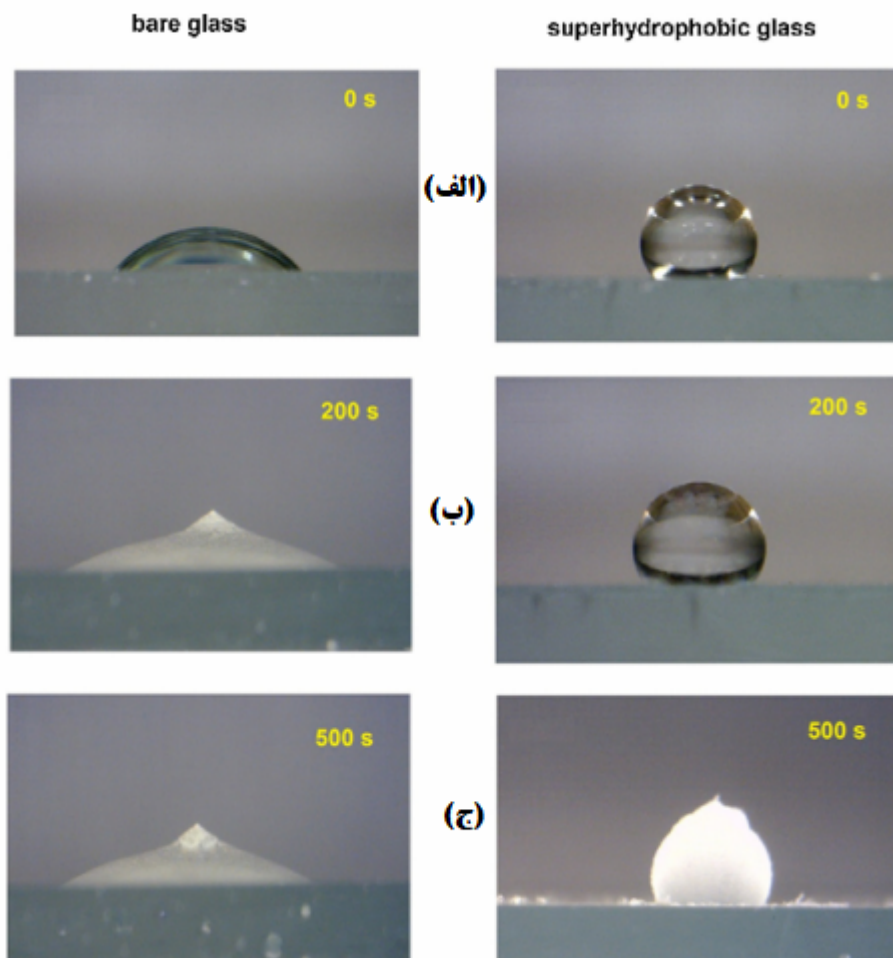
همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، زاویه تماس ایستایی روی نمونه اصلاح شده و اصلاح نشده به ترتیب ۱۵۳/۳ و ۹۱/۵ درجه می باشد. تصاویر قطرات آب بر روی نمونه ها نشان دهنده فوق آبگریزی نمونه پوشش داده شده با پوشش نانو اورگانو سیلیکون می باشد.



شکل ۴- زاویه تماس آب با سطوح مختلف:

(الف) قطره آب روی سطح اصلاح شده، ۱۵۳/۵ درجه؛ (ب) قطره آب روی سطح بدون اصلاح ۹۱/۵ درجه [۸].

برای اطمینان از عملکرد ضد یخ پوشش فوق آبگریز، قطرات بر روی سطوح ساده و پوشش داده شده قرار داده شد و فرایند یخ زدگی مشاهده شد. دمای داخل محفظه در ۱۲- درجه سانتی گراد نگه داشته شد. فرایند یخ زدگی قطرات بر روی سطح شیشه و سطح شیشه پوشش داده شده را نشان می دهد. قطره آب روی سطح پوشش داده شده دوست دارد به صورت کروی با یک سطح تماس کوچک تر باشد، در نتیجه یک زاویه تماس بزرگ تر روی سطح فوق آبگریز برقرار می کند، در حالی که قطره آب روی شیشه بدون پوشش دوست دارد یک نیم کره با سطح تماس زیاد برقرار کند. در ۲۰۰ ثانیه قطره بر روی شیشه بدون پوشش یخ زده است. با این حال، قطره آب بر روی سطح پوشش داده شده هنوز یخ نزده است. زمان مورد نیاز برای یخ بستن کامل قطره آب روی شیشه پوشش داده شده حدود ۵۰۰ ثانیه بود. مقادیر زاویه تماس آب در شیشه بدون پوشش و شیشه فوق آبگریز با کاهش دمای سطح کاهش می یابد. این به دلیل جذب مولکول های آب در سطوح سرد است [۹؛ ۱۰]. هوا که در زیر قطرات آب قرار دارد، یک بلوک حرارتی را ایجاد می کند که می تواند انجماد را طولانی کند و مانع از انباشت و چسبندگی یخ در سطح هیدروفوب شود [۵؛ ۱۱]. نتایج تجربی نشان داد که زمان لازم برای کل فرایند یخ زدگی و زمان شروع برای یخ زدگی در سطح فوق آبگریز بسیار طولانی تر از سطح شیشه است؛ یعنی پوشش نانو اورگانو سیلیکون می تواند به عنوان یک پوشش ضد یخ عمل کند.



شکل ۵- فرایند یخ‌زدگی یک قطره آب روی شیشه بدون پوشش و پوشش داده‌شده [۸].

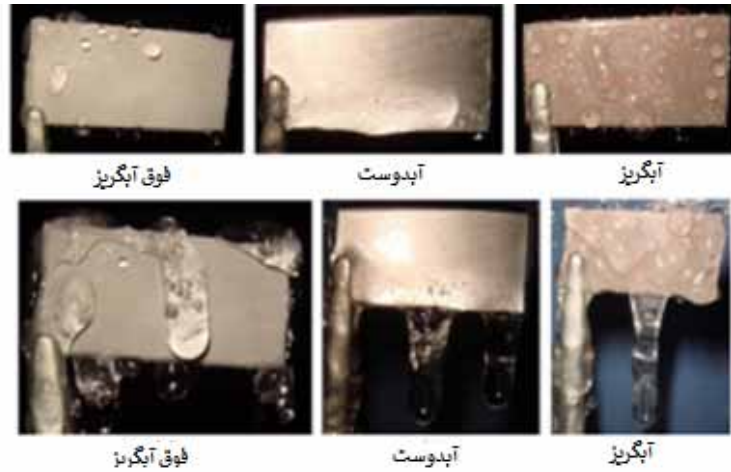
### ۳-۲- کاهش یخ‌زدگی دینامیکی

توجه زیادی شده است به انجام استاتیکی قطرات آب بر روی سطوح فوق سرد [۱۲; ۱۳; ۱۴]. با این حال، یخ‌زدگی جوی یک فرایند دینامیکی است [۱۵; ۱۶; ۱۷; ۱۸]. وانگ و همکارانش [۱۹] رشد پیوسته یخ بر روی نمونه‌های آلومینیومی با آب‌گریزی مختلف را توسط اسپری با قطرات آب فوق سرد در یک تونل باد با دمای کاری ۶- درجه سانتی‌گراد و سرعت باد تولید شده در حدود ۳ متر بر ثانیه مقایسه کردند.

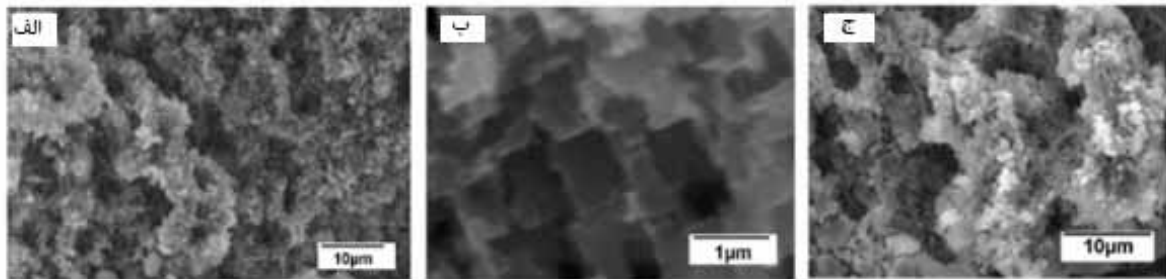
یکی از سطوح نمونه‌های آلومینیومی آبدوست است و سطح دیگر نمونه آلومینیومی پوشش داده شده آب‌گریز است و یک سطح دیگر آلومینیم فوق آب‌گریز است. تصاویر رشد پیوسته یخ در شکل ۶ نشان داده شده است. تصاویر نشان می‌دهد که سطح آبدوست به سرعت با یک لایه از آب که به یخ تبدیل شده، پوشیده شده است. آب به سختی سطح آب‌گریز را پوشاند اما پس از ۱۰ دقیقه این سطح هم تقریباً به طور کامل پوشیده شده بود. در سطح فوق آب‌گریز، قطرات آب تنها در چند لکه یخ بستند، و همه یخ‌های بعدی بر روی این ناحیه‌ها انباشته شدند. حتی پس از ۳۰ دقیقه، بسیاری از مساحت سطح فوق آب‌گریز هنوز هم عاری از یخ بود.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی در شکل ۷ (الف) و شکل ۷ (ب) نشان می‌دهد که سطوح آلومینیم فوق آب‌گریز دارای برآمدگی<sup>۱</sup> و حفره در مقیاس میکرو با جهت‌گیری تصادفی و برش‌هایی در مقیاس نانو بر روی آنها است. اعتقاد بر این است این ساختار سلسله‌مراتبی باعث افزایش فوق آب‌گریزی می‌شود. علاوه بر این زنجیره‌های طولانی کربن آب‌گریز در پوشش اسید استتاریک<sup>۲</sup> نیروی بر همکنش بین زیرلایه آلومینیم و قطرات آب را کاهش می‌دهد.

<sup>1</sup> protrusions  
<sup>2</sup> stearic acid



شکل ۶- رشد پیوسته یخ بر روی سه سطح مختلف آلومینیم: سطح فوق آبگریز، سطح آبدوست و سطح آبگریز. عکس‌های ردیف اول ۱ دقیقه پس از شروع اسپری آب گرفته شده است و ردیف دوم پس از ۱۰ دقیقه گرفته شده است [۱۹].



شکل ۷- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح آلومینیم فوق آبگریز در بزرگنمایی مختلف [۱۹].

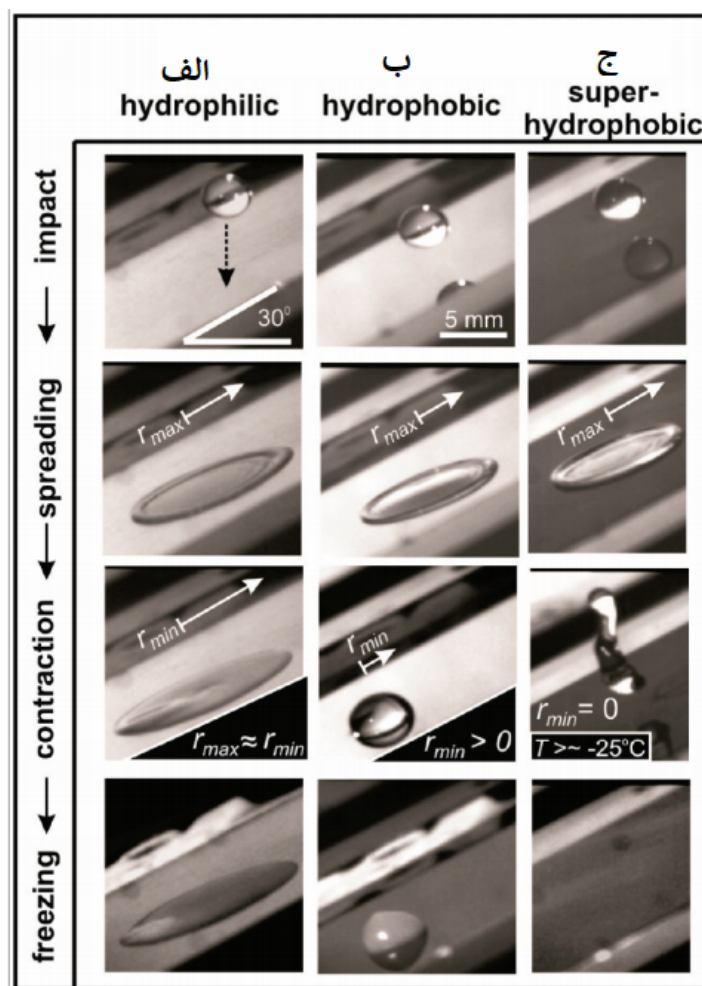
میشچنکو و همکارانش [۲۰] آزمون انباشتگی یخ بر روی پوشش‌های نانو و میکرو ساختار فوق سرد که در معرض پرتاب قطرات آب فوق سرد از فاصله ۱۰ سانتی متر به طرف زیر لایه‌ها بودند را انجام دادند. سه زاویه شیب مختلف استفاده شد (۰، ۳۰ و ۶۰ درجه). برای جلوگیری از میعان آب در سطح ساختارها، آزمایش تحت شرایط رطوبت پایین انجام شد. شکل ۸ تصاویری از آزمون سطح صاف آلومینیم (الف)، سطح صاف سیلیسیم فلئوئوردار (ب) و میکرو ساختار سیلیسیم فلئوئوردار (ج) را نشان می‌دهد. در این سه مورد دمای زیر لایه ۱۰- درجه سانتی‌گراد و شیب زیر لایه‌ها ۳۰ درجه بود.

	الف Hydrophilic	ب Hydrophobic	ج Superhydrophobic	
0 seconds	CA ~ 0.5° 	CA ~ 115° 	CA ~ 145-170° 	
10 seconds				
10 minutes				

شکل ۸- انباشتگی یخ بر روی سطح صاف آلومینیم آبدوست (الف)، سطح صاف سیلیسیم فلئوئوردار (ب) و سطح میکرو ساختار فوق آبگریز سیلیسیم فلئوئوردار (ج). مقادیر زاویه تماس با توجه به زاویه تماس پیشروی قطرات آب بر روی هر سطح اندازه گیری شده است. [۲۰].



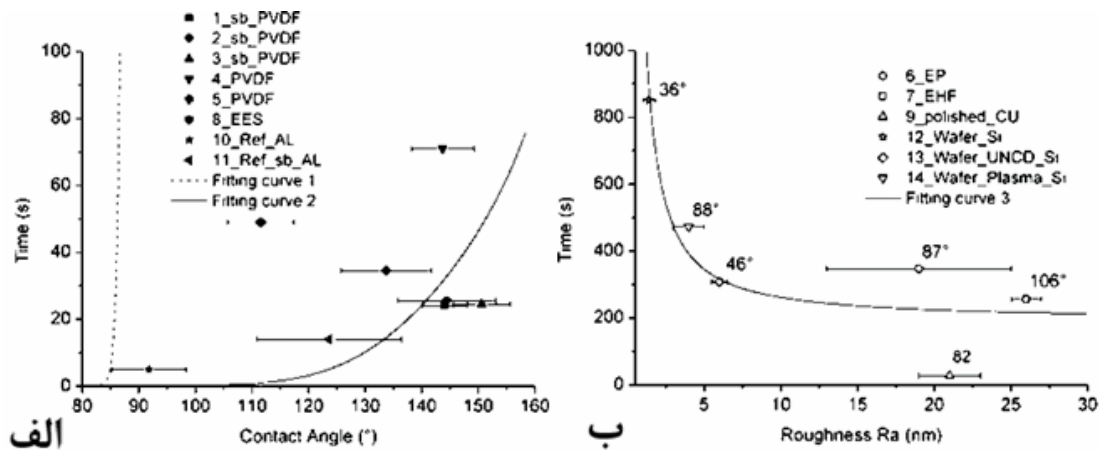
این گروه تحقیقاتی دریافته‌اند که تاخیر در انجماد بر روی سطح صاف آبگریز نسبت به آبدوست حدود یک دقیقه بود، اما پس از ۱۰ دقیقه هر دو زیر لایه‌ها تجمع یخ قابل توجهی را تجربه کرده بودند. از سوی دیگر، سطح فوق آبگریز در طول ۱۰ دقیقه که از آزمایش گذشته بود عملاً عاری از یخ باقی مانده بود. خاصیت دفع یخ با بسیاری از هندسه‌های مختلف، زاویه شیب و دمای قطره و زیر لایه ارائه شد. اما بهترین نتایج با ساختارهای سلول فشرده و به ویژه ساختار لانه زنبوری به دست آمده است. برای رسیدن به یک درک بهتر از مکانیزم‌های پشتیبان فرایندهای یخ زدگی دینامیکی، رفتار یک قطره با یک دوربین فیلمبرداری با سرعت بالا در طول برخورد بر روی سطح کج (دما کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد) ثبت شد. این تصاویر در شکل ۹ نشان می‌دهد که بر روی سطح فوق آبگریز کم اصطکاک، کشش سطحی قادر به جمع کردن کامل قطره‌ها پس از پهن شدن است. قبل از شروع انجماد قطره حدود ۲۰ میلی ثانیه پس از برخورد به بالا پرتاب می‌شود. این در مورد سطح آبدوست با اصطکاک بالا اتفاق نمی‌افتد که در آن قطره به سختی بعد از پراکندگی جمع می‌شود و با یک مساحت تماس بزرگ به سطح یخ می‌زند. بر روی سطح آبگریز انقباض کمی مشاهده شد اما برای پرتاب از زیر لایه قبل از انجماد کافی نیست. سرعت انقباض با کاهش دمای زیر لایه به دلیل افزایش چسبندگی کاهش یافته است اما سطح فوق آبگریز عاری از یخ تا دمای ۲۵- درجه سانتی‌گراد باقی مانده است. یک بار دیگر ساختارهای سلول فشرده ثابت کردند که بهترین خواص دفع یخ را دارند. با توجه به حبس هوا در سلول‌های فشرده آنها قادر به حفظ خواص فوق آبگریز خود در فشارهای بالاتر بدون گذر به حالت ونزل هستند. آزمایشات انجام شده در محفظه با فشار بالا نشان داد که سطوح با ساختارهای سلول فشرده قادر به حفظ فوق آبگریزی حتی زمانی که قطرات با سرعت ۱۳۵-۹۰ میلی‌متر بر ثانیه به سطح برخورد می‌کردند هستند.



شکل ۹- رفتار دینامیکی قطرات آب در برخورد بر روی سطوح کج در دمای زیر صفر [۲۰].

#### ۴- تأثیر زبری در مقیاس نانو بر روی تأخیر در انجماد

چونگ<sup>۱</sup> و همکاران [۶] تأخیر در انجماد قطرات میکرو آب بر روی سطوح مختلف اعم از آبدوست به آبریز را مورد بررسی قرار دادند. قطرات به طور مداوم بر روی محل نمونه‌ها پرتاب شد. شروع انجماد توسط توده‌ای شدن ناگهانی حجم آب به دلیل تبلور خود به خودی مشخص شد. سطح و قطرات در حال سقوط در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگاه داشته شد. بر طبق انتظار، نتایج افزایش تأخیر در یخ‌زدگی با افزایش زاویه تماس برای سطوح زبر را نشان می‌دهد؛ که در شکل ۱۰ ارائه شده است. با این حال سطوح آبدوست با مقدار زبری نزدیک به شعاع جوانه‌زنی بحرانی دفع یخ بسیار بهتر از سطوح فوق آبریز با زبری معمولی به ترتیب از همان مواد را نشان داده است. شعاع جوانه‌زنی بحرانی حداقل اندازه یک کریستال یخ اولیه نیاز برای رسیدن در جهت حفظ فرایند انجماد پایدار است. با دمای آب ۲۰- درجه سانتی‌گراد شعاع جوانه بحرانی از رابطه  $r_c = \gamma_{IW} / \Delta G_{fv}$  محاسبه می‌شود. در اینجا  $\gamma_{IW}$  کشش سطحی آب-یخ است و  $\Delta G_{fv}$  تفاوت انرژی آزاد حجمی بین حجم یخ و حجم مایع است. در ۲۰- درجه سانتی‌گراد، مقدار  $r_c$  ۲/۲ نانومتر است. بر روی سطوح صاف افزایش تأخیر در یخ‌زدگی در نتیجه زبری سطح نزدیک  $r_c$  در محدوده نانومتری است. سطوحی با زبری سطح نزدیک به  $r_c$  مقاومت به یخ‌زدگی به طور قابل توجهی طولانی‌تر نسبت به سطوح فوق آبریز با زبری معمولی دارد که می‌توان در شکل ۱۰(ب) دید.



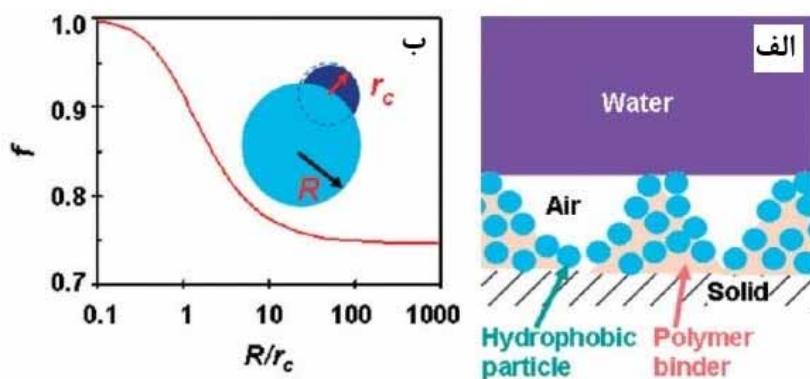
شکل ۱۰- (الف) زمان تأخیر در انجماد به‌عنوان تابعی از زاویه تماس پیشروی برای سطوح بسیار زبر است. (ب) زمان تأخیر در انجماد به‌عنوان تابعی از زبری سطح برای سطوح صاف است [۶].

این نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که دفع یخ<sup>۲</sup> از یک سطح به‌طور مستقیم با آبریزی آن مرتبط نیست. جزئیات مورفولوژی سطح دارای یک اثر مهم در سینتیک فرایند انجماد است. سطوح صاف در مقیاس نانو که در به تأخیر انداختن فرایند انجماد عملکرد بهتری داشت نشان می‌دهد که کاهش سطح تماس جامد-مایع ممکن است لزوماً بهترین انتخاب برای برنامه‌های کاربردی دفع یخ را ارائه ندهد و زبری سطح در مقیاس نانو ممکن است تأثیر بیشتری بر روی زمان تأخیر در انجماد داشته باشد.

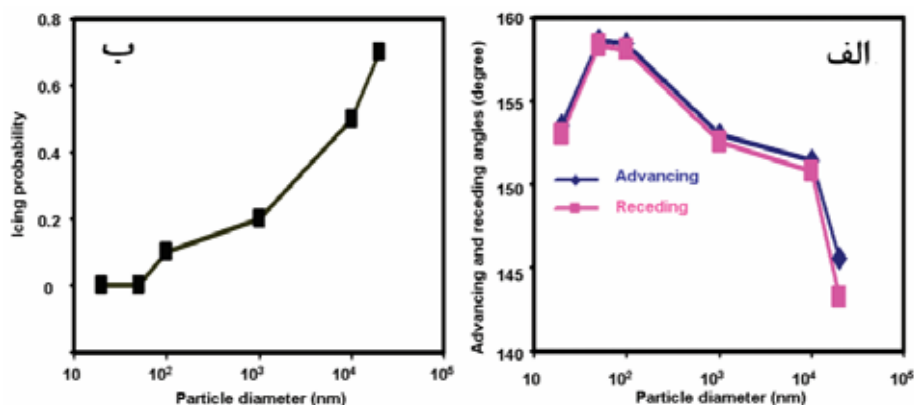
نتایج مشابهی توسط کائو<sup>۳</sup> و همکارانش گزارش شده است [۵] که تشکیل یخ از قطرات آب فوق سرد بر روی سطوح فوق آبریز ساخته‌شده از مخلوطی از نانو ذرات اورگانوسیلان<sup>۴</sup> اصلاح‌شده با قطره‌های مختلف (۲۰ نانومتر تا ۲۰ میکرومتر) و یک چسب پلیمری را مورد مطالعه قرار دادند؛ که در شکل ۱۱(الف) نشان داده شده است. شکل ۱۲(الف) زاویه تماس پیشروی و پسروی آب بر روی سطوح مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، بیشتر پوشش‌ها زاویه تماس‌های بالاتر از ۱۵۰ درجه و پسماند زاویه تماس پایین که مشخصه سطوح فوق آبریز است را دارند.

آزمایش ۲۰ بار بر روی هر سطح تکرار شد و احتمال یخ‌زدگی توسط تقسیم تعداد موارد زمانی که یخ‌زدگی رخ داده است به تعداد کل آزمایش محاسبه شد. احتمال یخ‌زدگی به‌عنوان تابعی از قطر ذرات در شکل ۱۲(ب) نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Jung  
<sup>2</sup> Icephobicity  
<sup>3</sup> Cao  
<sup>4</sup> Organosilane



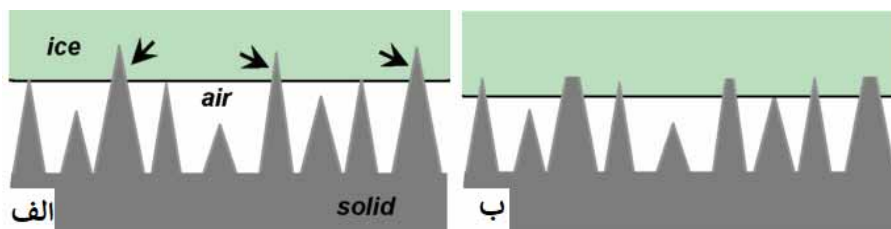
شکل ۱۱- (الف) تصویر شماتیکی قطره آب در تماس با یک سطح فوق آبگریز پلیمر/ نانوذره، (ب) سد انرژی آزاد جوانه‌زنی در اطراف یک‌ذره کروی نسبت به حالت بالک در مقابل شعاع ذرات  $R$  نسبت به شعاع بحرانی جوانه‌زنی  $r_c$  [۵].



شکل ۱۲- (الف) زاویه تماس پیشروی و پسروی آب پوشش پلیمر- نانوذره به‌عنوان تابعی از اندازه ذرات. (ب) احتمال یخ‌زدگی به‌عنوان تابعی از اندازه ذرات [۵].

## ۵- تنزل خاصیت دفع یخ

کولینیک و همکارانش عملکرد ضد یخ سطوح فوق آبگریز مختلف تحت شرایط متفاوت را مورد بررسی قرار دادند [۲۱] پوشش‌ها بر روی زیر لایه‌های آلومینیم پولیش شده آماده شدند. یک گروه از نمونه‌ها با یک پوشش بر اساس  $ZrO_2$  ترکیب شده با فلئوئوروپلیمر پوشش داده شده بود. گروه دیگری با FAS-17 پوشش داده شده بود و گروه سوم با اسید استتاریک پوشش داده شده بود. سطوح با خواص ترشوندگی مختلف توسط پوشش‌دهی دورانی در سرعت‌های مختلف چرخشی بدست آمد.

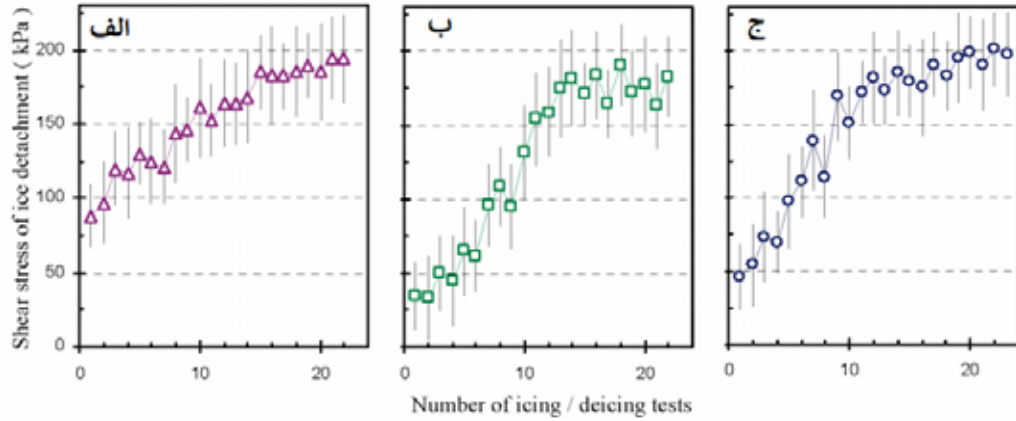


شکل ۱۳- (الف) یخ بر روی یک سطح زبر. فلش‌ها دندان‌های سطح را نشان می‌دهد که در میان یخ فرو رفته‌اند و به احتمال زیاد در طول یخ‌زدگی یا یخ‌زدایی آسیب می‌بینند. (ب) همان سطح در طول چرخه یخ‌زدگی بعدی، به دلیل شکسته شدن دندان‌ها با افزایش سطح تماس یخ-جامد مواجه می‌شود [۲۱].

آزمایش آنها نشان می‌دهد که خواص دفع یخ با افزایش سیکل‌های یخ‌زدگی/ یخ‌زدایی ضعیف‌تر می‌شود. این پدیده نسبت داده شده به آسیب بر روی ساختارهای سطحی (شکل ۱۳). در نوک ناهمواری<sup>۱</sup> سطح تمایل به تورفتگی درون قطره آب دارد و

<sup>1</sup> asperities

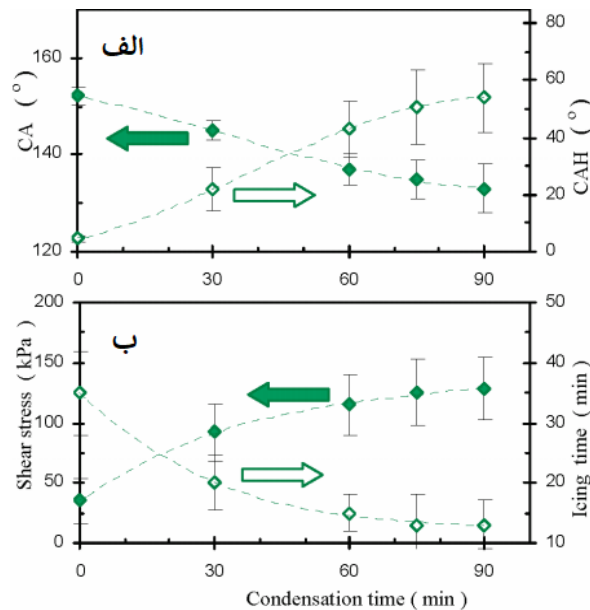
هنگامی که قطرات منجمد می‌شوند و انبساط پیدا می‌کنند، تنش مکانیکی ایجاد می‌شود که منجر به آسیب و شکستگی می‌شود. هنگامی که یخ زدگی بعدی شروع می‌شود در نتیجه قطره آب بر روی سطح عمیق‌تر می‌نشیند و مساحت فصل مشترک یخ-جامد افزایش خواهد یافت در نتیجه موجب افزایش چسبندگی یخ می‌شود. شکل ۱۴ نشان می‌دهد که چگونه تنش برشی جدا شدن یخ با تعداد سیکل یخ زدگی / یخ زدایی افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۱۴- استحکام چسبندگی یخ به عنوان تابعی از چرخه یخ زدگی/یخ زدایی بر روی سه سطح فوق آبگریز: پوشش دهی دورانی  $ZrO_2$  ترکیب شده با فلئوروپلیمر (الف)، FAS-17 (ب) و آلومینیم اچ شده پوشش داده شده با اسید استاریک (ج) [۲۱].

خواص ضدیخی بدلیل میعان آب بر روی نوک و بین پستی بلندی‌ها سطح به طور قابل توجهی در محیط مرطوب ضعیف‌تر می‌شود. شکل ۱۵ (الف) نشان می‌دهد که چگونه مقدار زاویه تماس کاهش و مقدار پسماند زاویه تماس با زمان میعان افزایش یافته است. شکل ۱۵ (ب) نشان می‌دهد که تنش برشی چسبندگی یخ با زمان میعان افزایش یافته است، در حالی که زمان مورد نیاز برای یخ زدگی نمونه‌ها کاهش می‌یابد.

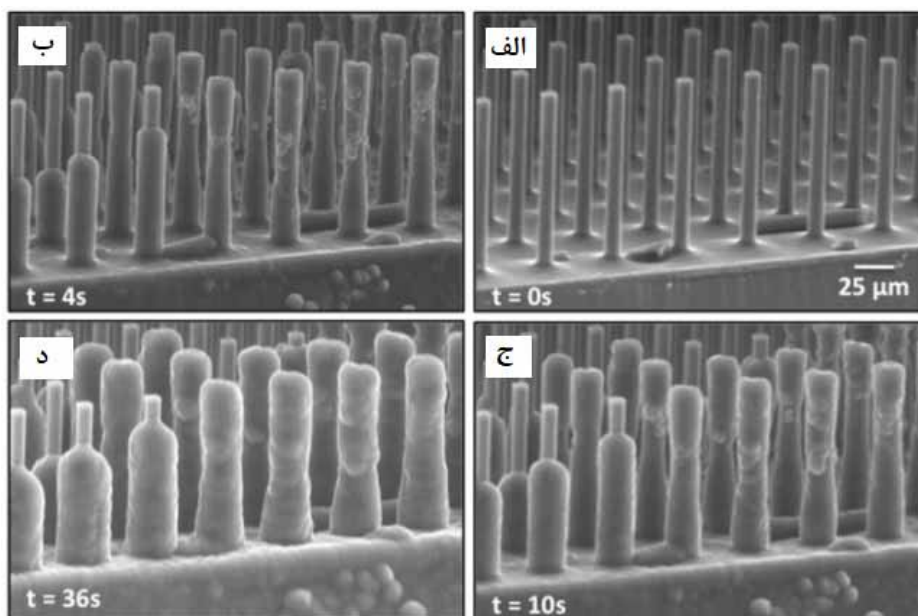
اگر چه تشکیل یخ از قطرات آب فوق سرد یک مکانیزم مهم یخ زدگی است. تشکیل شبنم منجمد، چگالش مستقیم بخار آب به کریستال‌های یخ نیز باید در نظر گرفته شود. ورناسی و همکاران [۱۷] تشکیل شبنم منجمد بر روی سطوح فوق آبگریز را مورد مطالعه قرار دادند. جوانه زنی شبنم منجمد با کاهش دمای زیرلایه زیر نقطه انجماد و افزایش فشار بخار در محفظه آغاز می‌شود.



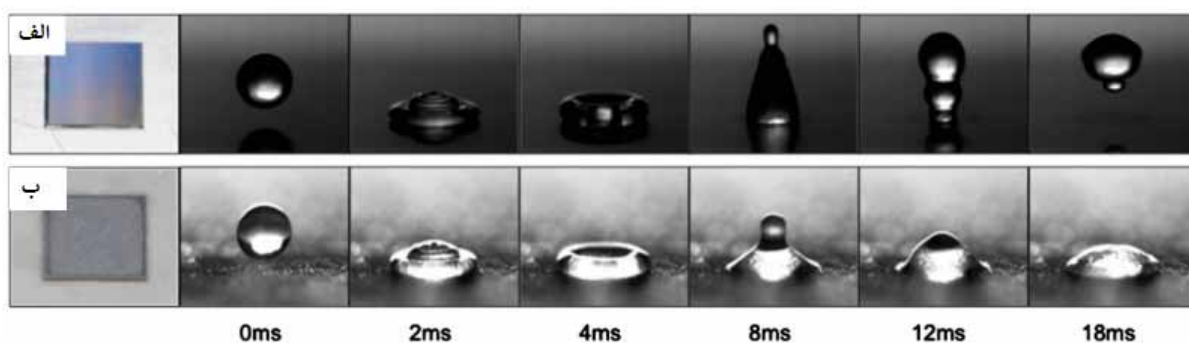
شکل ۱۵- (الف) مقادیر زاویه تماس (CA) و پسماند زاویه تماس (CHA) بر روی سطح فوق آبگریز پوشش داده شده FAS-17 به عنوان تابعی از زمان میعان آب. (ب) تنش برشی جدا شدن یخ (لوزی توپر) و زمان یخ زدگی (لوزی توخالی) بر روی همان سطح به عنوان تابعی از زمان میعان آب [۲۱].



تصاویر ESEM<sup>1</sup> نشان می‌دهد که جوانه زنی شبنم منجمد به جای اینکه در مکان‌های ارجح رخ دهد به طور غیر مشخص یا تصادفی بر روی سطوح رخ می‌دهد (شکل ۱۶). این به خاطر انرژی سطحی همگن است. بافت سطح پوشیده شده از شبنم یخ زده آبدوست هست چیزی که با استفاده از آزمون چسبندگی یخ تایید شد. شکل ۱۷ آزمایش برخورد قطره بر روی سطح فوق آبگریز خشک(الف) و پوشیده شده از شبنم یخ زده(ب) را نشان می‌دهد. بر روی سطح خشک، فشار مویی ضد ترشوندگی بیشتر از فشار ترشوندگی دینامیکی است. سطح فوق آبگریز پوشیده از شبنم یخ زده استحکام چسبندگی یخ بالاتری نسبت به سطح فوق آبگریز خشک نشان داد.



شکل ۱۶- تصاویر ESEM تشکیل شبنم منجمد بر روی سطوح فوق آبگریز ستون دار را نشان می‌دهد [۱۷].



شکل ۱۷- (الف) پوشش فوق آبگریز با سطح خشک (ب) پوشش فوق آبگریز با سطح پوشیده از شبنم یخ زده [۱۷].

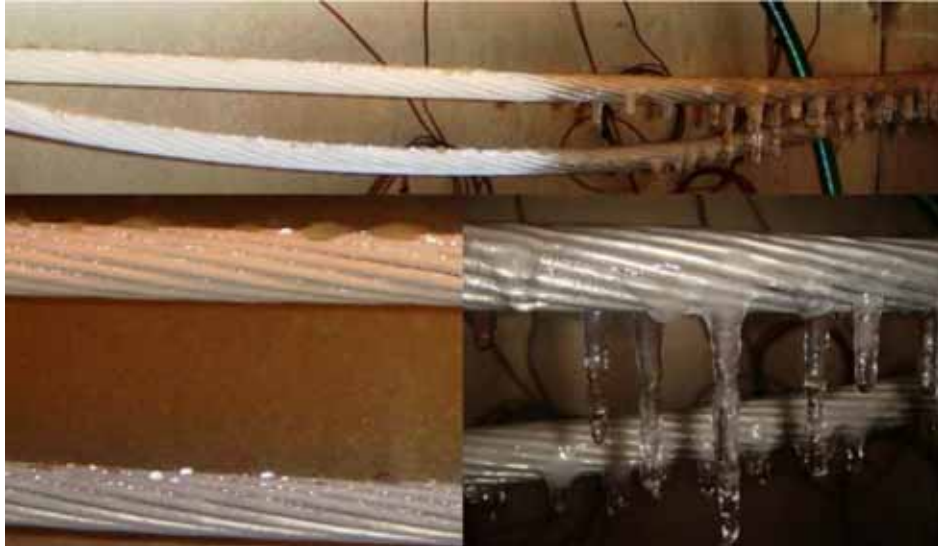
سطوحی با ساختار میکرو-نانو گزارش شده است که تا حدودی عملکرد بهتری در محیط‌های مرطوب نسبت به سطوح دیگر داشته است [۱۷] با وجود این نتایج در این بخش شک در مورد استفاده از بسیاری از پوشش‌های فوق آبگریز به عنوان سطوح ضد یخ را افزایش می‌دهد. در شرایط مرطوب، میعان آب یا تشکیل شبنم منجمد بین پستی بلندی‌های سطح نگرانی‌های عمده‌ای هستند که منجر به کاهش عملکرد ضد یخ پوشش‌های فوق آبگریز می‌شوند.

## ۶- کاربرد پوشش فوق آبگریز ضد یخ

چسبندگی بالای یخ به فلز و سطوح مختلف کارایی تجهیزات و سازه‌های صنعتی در صنایع مختلف از جمله توزیع برق را می‌تواند

<sup>1</sup> environmental SEM

به شدت کاهش دهد و یا باعث از بین رفتن این تجهیزات شود. در خطوط انتقال برق تشکیل شدن یخ بر روی این سازه‌ها یک مشکل بزرگی است که می‌تواند منجر به جرقه زدن عایق و پاره‌گی سیم‌ها و سقوط برج‌های انتقال برق شود. یکی از بهترین روش‌های جلوگیری از یخ زدگی خطوط انتقال برق ایجاد پوشش فوق آبگریز بر روی سطح آنها می‌باشد. همان طور که در شکل ۱۸ مشاهده می‌شود، با اعمال پوشش فوق آبگریز بر روی سیم‌های برق می‌توان از تشکیل یخ و توده‌ای شدن یخ بر روی آنها به خوبی جلوگیری کرد.



شکل ۱۸- جلوگیری از رشد پیوسته یخ روی خطوط انتقال برق با اعمال پوشش فوق آبگریز بر روی سطح آنها [۱].

یخبندان جوی هنگامی رخ می‌دهد که قطره‌های آب در اتمسفر روی اشیائی که به آنها برخورد می‌کنند یخ می‌زنند. این پدیده برای هواپیماها می‌تواند بسیار خطرناک باشد. زیرا یخ ایجاد شده آیرودینامیک سطح هواپیما را تغییر می‌دهد که می‌تواند خطر واماندگی هواپیما را در پی داشته باشد. علاوه بر این، یخ ایجاد شده بر روی بال هواپیما مانع از جریان صاف و عبور هوا از بال‌ها، که منجر به افزایش درگ<sup>۱</sup> (کشیدن) و کاهش توانایی ارتفاع گرفتن هواپیما می‌شود. [۵]. به همین دلیل سیستم‌های پشتیبانی در برابر یخ زدگی که یکی از مهم‌ترین آنها اعمال پوشش‌های فوق آبگریز بر روی بال‌ها، بدنه و شیشه می‌باشد، بخشی از اجزاء اصلی پرواز هستند.



شکل ۱۹- رشد شدید یخ بر روی بال‌های هواپیما [۲۲].

<sup>1</sup> drag

تشکیل یخ بر روی شیشه اتومبیل‌ها باعث کاهش دید راننده می‌شود و از طرفی انباشتگی یخ بر روی شیشه باعث ایجاد ترک و شکستگی شیشه اتومبیل خواهد شد. در هنگام تمیز کردن یخ از سطح شیشه باعث ایجاد خراش بر روی شیشه و کدر شدن آن می‌شود. با اعمال پوشش فوق آبگریز ضد یخ بر روی شیشه اتومبیل بسیاری از این مشکلات از بین می‌رود. همان طور که در شکل ۲۰ مشاهده می‌شود سمت راست شیشه که با پوشش فوق آبگریز پوشش داده شده است کاملاً شفاف است و هیچ گونه یخ یا برفک روی سطح شیشه تشکیل نشده است.



شکل ۲۰- اعمال پوشش فوق آبگریز ضد یخ بر روی شیشه اتومبیل باعث عدم تشکیل یخ بر روی سطح شیشه می‌شود [۲۳].

رشد پیوسته یخ بر روی توربین‌های بادی، باعث افزایش فشار روی پره‌ها می‌شود که می‌تواند روی ساختمان برج باعث بالا رفتن دامنه ارتعاشات شود و همچنین باعث عدم تعادل وزن ما بین پره‌ها می‌شود. پوشش‌های ضد یخ و راهبردهای یخ زدایی برای به حداقل رساندن این اثرات استفاده می‌شود. گرمایش پره‌ها به موازات استفاده از پوشش‌های فوق آبگریز ضد یخ با مصرف انرژی پایین‌تر راه قابل اعتمادی برای جلوگیری از اثرات یخ زدگی بر روی توربین‌های بادی است. همان طور که در شکل ۲۱ مشاهده می‌کنید به دلیل عدم استفاده از پوشش ضد یخ بر روی سطح پره توربین، انباشت قابل توجه یخ را مشاهده می‌کنیم که می‌تواند باعث خسارت‌های جبران ناپذیر شود.



شکل ۲۱- انباشت یخ بر روی پره یک توربین بادی [۲۴].

## ۷- نتیجه گیری

در این مقاله به مطالعه نانو پوشش‌های فوق آبگریز ضد یخ و بررسی عوامل تاثیرگذار بر نحوه عملکرد و کاربرد این پوشش‌ها پرداخته شد. نتایج مهم حاصل از این مطالعات به‌طور مختصر در زیر آورده شده است.

- پوشش‌های فوق آبگریز ضد یخ یک روش مقرون به صرفه با عملکرد بالا برای جلوگیری از یخ زدگی می‌باشند.
- ساختارهای سلول فشرده مانند ساختار لانه زنبوری به دلیل حبس هوا در بین خود در فشارهای بالا بهترین خواص دفع یخ را دارند.
- در سطوح فوق آبگریز هوای به دام افتاده زیر یک قطره آب باعث تاخیر در انجماد می‌شود
- خواص دفع یخ با افزایش سیکل‌های یخ‌زدگی/یخ‌زدایی، به دلیل آسیب ساختار سطح و افزایش سطح تماس یخ-جامد، بدتر می‌شود.
- در شرایط مرطوب، میعان آب بین پستی بلندی‌های سطح منجر به کاهش عملکرد ضد یخ پوشش‌های فوق آبگریز می‌شود.

## مراجع

- [1] S. Frankenstein, A.M. Tuthill, Ice adhesion to locks and dams: past work; future directions? *Journal of Cold Regions Engineering* 16 (2002) 83-96.
- [2] A. Nakajima, A. Fujishima, K. Hashimoto, T. Watanabe, Preparation of transparent superhydrophobic boehmite and silica films by sublimation of aluminum acetylacetonate. *Advanced Materials* 11 (1999) 1365-1368.
- [3] J. Dow, Understanding the stall-recovery procedure for turboprop airplanes in icing conditions, *Flight Safety Digest*. Flight Safety Foundation. pp (2005) 1-17.
- [4] A.I. Handbook, Civil Aviation Authority. Lower Hutt, New Zealand (2000).
- [5] L. Cao, A.K. Jones, V.K. Sikka, J. Wu, D. Gao, Anti-icing superhydrophobic coatings. *Langmuir* 25 (2009) 12444-12448.
- [6] S. Jung, M. Dorrestijn, D. Raps, A. Das, C.M. Megaridis, D. Poulikakos, Are superhydrophobic surfaces best for icephobicity? *Langmuir* 27 (2011) 3059-3066.
- [7] P. Tourkine, M. Le Merrer, D. Quéré, Delayed freezing on water repellent materials. *Langmuir* 25 (2009) 7214-7216.
- [8] M. M. Ahmad, A. Eshaghi, Fabrication of antireflective superhydrophobic thin film based on the TMMS with self-cleaning and anti-icing properties. *Progress in Organic Coatings* 122 (2018) 199-206.
- [9] M. He, H. Li, J. Wang, Y. Song, Superhydrophobic surface at low surface temperature. *Applied Physics Letters* 98 (2011) 093118.
- [10] J. Lv, Y. Song, L. Jiang, J. Wang, Bio-inspired strategies for anti-icing. *ACS nano* 8 (2014) 3152-3169.
- [11] M. He, J. Wang, H. Li, Y. Song, Super-hydrophobic surfaces to condensed micro-droplets at temperatures below the freezing point retard ice/frost formation. *Soft Matter* 7 (2011) 3993-4000.
- [12] R. Fillion, A. Riahi, A. Edrisy, A review of icing prevention in photovoltaic devices by surface engineering. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32 (2014) 797-809.
- [13] M. Ruan, W. Li, B. Wang, B. Deng, F. Ma, Z. Yu, Preparation and anti-icing behavior of superhydrophobic surfaces on aluminum alloy substrates. *Langmuir* 29 (2013) 8482-8491.
- [14] S. Yang, Q. Xia, L. Zhu, J. Xue, Q. Wang, Q.-m. Chen, Research on the icephobic properties of fluoropolymer-based materials. *Applied Surface Science* 257 (2011) 4956-4962.
- [15] R. Jafari, R. Menini, M. Farzaneh, Superhydrophobic and icephobic surfaces prepared by RF-sputtered polytetrafluoroethylene coatings. *Applied Surface Science* 257 (2010) 1540-1543.
- [16] M. Nosonovsky, V. Hejazi, Why superhydrophobic surfaces are not always icephobic. *ACS nano* 6 (2012) 8488-8491.
- [17] K. K. Varanasi, T. Deng, J.D. Smith, M. Hsu, N. Bhate, Frost formation and ice adhesion on superhydrophobic surfaces. *Applied Physics Letters* 97 (2010) 234102.
- [18] D. Yu, Y. Zhao, H. Li, H. Qi, B. Li, X. Yuan, Preparation and evaluation of hydrophobic surfaces of polyacrylate-polydimethylsiloxane copolymers for anti-icing. *Progress in Organic Coatings* 76 (2013) 1435-1444.
- [19] F. Wang, C. Li, Y. Lv, F. Lv, Y. Du, Ice accretion on superhydrophobic aluminum surfaces under low-temperature conditions. *Cold regions science and technology* 62 (2010) 29-33.
- [20] L. Mishchenko, B. Hatton, V. Bahadur, J.A. Taylor, T. Krupenkin, J. Aizenberg, Design of ice-free nanostructured surfaces based on repulsion of impacting water droplets. *ACS nano* 4 (2010) 7699-7707.
- [21] S. Kulinich, S. Farhadi, K. Nose, X. Du, Superhydrophobic surfaces: are they really ice-repellent? *Langmuir* 27 (2010) 25-29.
- [22] [http://www.pilotfriend.com/safe/safety/icing\\_conditions.htm](http://www.pilotfriend.com/safe/safety/icing_conditions.htm).
- [23] K. Knausgård, Superhydrophobic anti-ice nanocoatings, *Institutt for konstruksjonsteknikk*, (2012).
- [24] <http://www.pennenergy.com/articles/pennenergy/2014/12/wind-power-smart-anti-icing-system-for-rotor-blades.html>.



# ساخت ایمپلنت‌های پزشکی به روش تولید افزایشی

میلاد انگورج تقوی\*

دانشکده مهندسی مواد و صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران



مهندس میلاد انگورج تقوی، نویسنده‌ی اول مقاله، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مواد و صنایع

\* Milad.a.taghavi133@gmail.com

**چکیده:** امروزه، ساخت و تهیه‌ی ایمپلنت‌های زیست سازگار برای جایگزینی و بهبود بافت‌های آسیب دیده توجه محققین را به خود جلب کرده است. روش‌های متفاوتی برای ساخت ایمپلنت با هدف مطابقت زیستی و مکانیکی مطلوب با بافت بدن وجود دارد. از مهم‌ترین این فرآیندها می‌توان به روش‌های متالورژی پودر و ریخته‌گری اشاره کرد. روش‌های متالورژی پودر خود به دو روش تولید افزایشی و فرآیندهای مرسوم تقسیم می‌شود. تولید افزایشی با شیوه لایه به لایه بودن قادر به تهیه‌ی قطعات مهندسی با تخلخل و بهره‌وری بالا می‌باشد. همچنین فرآیندی مقرون به صرفه، از لحاظ انرژی کارآمد و سازگار با محیط زیست می‌باشد. مهم‌ترین فرآیندهای شناخته شده برای ساخت ایمپلنت‌های پزشکی به روش تولید افزایشی شامل: زینترینگ گزینشی به وسیله لیزر (SLS)، ذوب گزینشی به وسیله لیزر (SLM)، شکل‌گیری پودری (شبه‌ای) با پرتو لیزری (LENS) و ذوب پرتو الکترونی (EBM) می‌باشد.

کلمات کلیدی: زیست سازگار، تولید افزایشی، زینترینگ، پرتو الکترونی.

## ۱- مقدمه

اصطلاح تولید افزایشی (AM)<sup>۱</sup> با شناخت نمونه سازی سریع (RP)<sup>۲</sup> و یا تولیدی‌های سریع (RM)<sup>۳</sup>، از روند ساخت یک قسمت با اضافه کردن لایه‌های متوالی از مواد به طوری که موادی از بین نرود و ضایعات کم و یا هیچ وجود داشته باشد تعریف شده است. هر لایه ذوب می‌شود و با توجه به هندسه دقیق تعریف شده، به کمک کامپیوتر مدل سه بعدی (3D CAD)<sup>۴</sup> طراحی می‌شود. مزایای ساخت افزایشی استفاده از قطعات با ساختمان و هندسه بسیار پیچیده بدون هر نوع ابزار یا وسایل برش، بهره‌وری بسیار بالا می‌باشد و نیازی به ریخته‌گری، هزینه بالا و فرجینگ ندارد. بنابراین، یک فرآیند مقرون به صرفه، از لحاظ انرژی کارآمد و سازگار با محیط زیست است. مهم‌ترین فرآیندهای شناخته شده برای ساخت ایمپلنت‌های پزشکی به روش تولید افزایشی شامل: زینترینگ گزینشی به وسیله لیزر (SLS)<sup>۵</sup>، ذوب گزینشی به وسیله لیزر (SLM)<sup>۶</sup>، شکل‌گیری پودری (شبه‌ای) با پرتو لیزری (LENS)<sup>۷</sup> و ذوب پرتو الکترونی (EBM)<sup>۸</sup> می‌باشد [۱-۸].

پارامترهای فرایند تولید افزایشی، در چهار دسته دارای اهمیت هستند:

- ۱) پارامترهای مربوط به پرتو (لیزر/ قدرت الکترون پرتو، اندازه نقطه، مدت پالس، فرکانس پالس و...)
  - ۲) پارامترهای مربوط به اسکن (سرعت اسکن، فاصله و...)
  - ۳) پارامترهای مربوط به درجه حرارت (دمای بستر پودر، دمای تغذیه پودر، یکنواختی درجه حرارت...)
  - ۴) پارامترهای مربوط به پودر (شکل ذرات، اندازه، چگالی، توزیع، ضخامت لایه و...)
- [۹، ۶]. در جدول ۱ مواد مناسب برای ساخت ایمپلنت‌ها نشان داده شده است [۱۰، ۱۱]. به همین منظور در این مقاله به ارائه مروری بر فرآیندهای نو برای ساخت ایمپلنت‌ها پرداخته شده است.

<sup>1</sup> Additive Manufacturing (AM)

<sup>2</sup> Rapid Prototyping (RP)

<sup>3</sup> Rapid Manufacturing (RM)

<sup>4</sup> Three-dimensional computer aided design (3D CAD)

<sup>5</sup> Selective Laser Sintering (SLS)

<sup>6</sup> Selective Laser Melting (SLM)

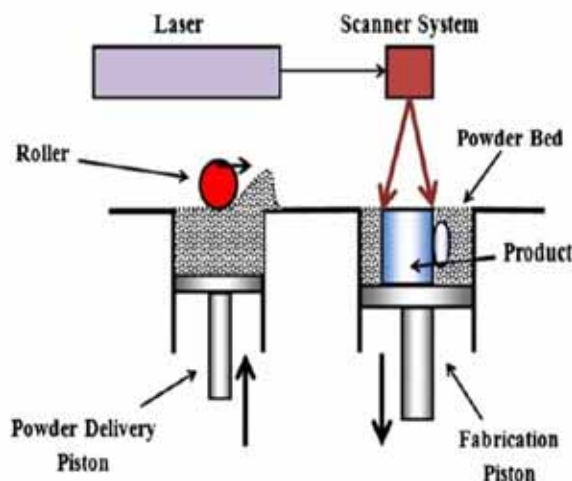
<sup>7</sup> Laser Engineered Net Shaping (LENS)

جدول ۱- مواد مناسب برای تولید افزایشی ایمپلنت‌ها [۱۰،۱۱]

مواد	مثال	مزیت	محدودیت	ایمپلنت
سرامیک‌ها	شیشه‌های زیستی سیلیکات آلومینا	زیست سازگاری بالا زیست فعال، خنثی مقاوم به سایش	ترد، استحکام کم عدم ارتجاعیت چقرمگی پایین	کاسه مفصل ران، پوشش، پرکننده استخوان و دندان
فلزات	آلیاژهای تیتانیوم، فولاد زنگ نزن آلیاژهای کبالت-کروم	مستحکم چقرمه انعطاف‌پذیر	احتمال خوردگی چگال	مفصل، پیچ‌ها پلاک و صفحات شکسته‌بندی
پلیمر	پلی‌استایرن نایلون	قابلیت ارتجاعی سهولت ساخت	مستحکم نبودن احتمال تغییر شکل و تجزیه	گوش و بینی، کاسه مفصل ران
کامپوزیت	نایتینول کربن-کربن	قوی بسیار متنوع	دشواری ساخت	کاشتنی‌های مفصل دریچه‌های قلب

## ۲- زینترینگ گزینشی به وسیله لیزر (SLS)

مراحل زینترینگ گزینشی به وسیله لیزر (SLS) در شکل ۱ نشان داده شده است [۶].



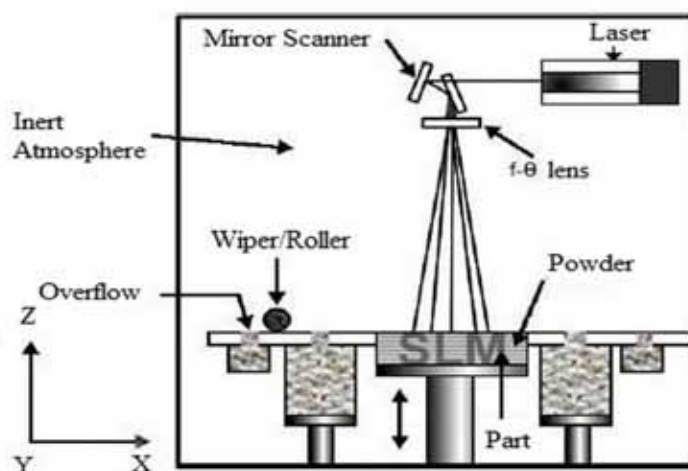
شکل ۱- شماتیک فرآیند SLS [۶].

لایه پودر (معمولاً ۰/۱ میلی‌متر ضخامت) بر اساس یک گلتک چرخان ساخته شده است. همه‌ی مراحل در یک محفظه محصور پر شده با گاز نیتروژن برای به حداقل رساندن اکسیداسیون انجام می‌شود. سیلندر قطعه در ارتفاع مناسب برای شکل‌دهی اولین لایه قرار می‌گیرد. گلتک محفظه پودر، مواد پودری را روی سطح سیلندر قطعه پخش کرده و ضخامت لایه‌ها را تنظیم می‌کند. پرتو لیزر متمرکز  $CO_2$  بر روی بستر پودر به منظور ذوب هدایت می‌شود و اولین مقطع روی سطح پودر توسط یک مدل سه بعدی تعریف شده، ترسیم می‌کند. ذرات پودر در اثر برخورد پرتو لیزر گرم شده و با ایجاد یک ساختار سه بعدی جامد به یکدیگر اتصال برقرار می‌کنند. به این ترتیب اولین لایه شکل می‌گیرد. سیلندر قطعه به اندازه ضخامت اولین لایه به پایین رفته و یک لایه جدید از پودر قرار داده می‌شود. پرتو لیزر مقطع جدید را اسکن و لایه بعدی را ایجاد می‌کند، به طوری که این لایه به لایه قبلی متصل می‌گردد. روند بالا تا شکل‌گیری همه لایه‌ها و کامل شدن قطعه تکرار می‌شود. در فرایند SLS برای به حداقل رساندن نیاز پودر لیزری و همچنین برای جلوگیری از تاب در طول انبساط و انقباض حرارتی، نیاز به پیش گرم کردن می‌باشد. در نهایت، برای جلوگیری از تاب و اکسیداسیون، یک چرخه سرد برای کنترل سرعت سرد کردن از دمای کار به دمای محیط استفاده می‌شود [۴،۳،۱۶]. از این روش برای تولید قطعات کم حجم با کنترل دقیق، متخلخل و عملکرد بالا استفاده می‌شود و طیف

وسیقی از مواد از جمله سرامیک‌ها، فلزات، پلیمرها (نایلون و پلی‌استایرن) و کامپوزیت‌ها را شامل می‌شود. همچنین عدم نیاز به تکیه‌گاه از مزایای این روش می‌باشد ولی پرداخت سطح ضعیف دارد و نیاز به پردازش دارد (به منظور افزایش دانسیته محصول و بهبود خواص مکانیکی) [۱۳، ۱۲، ۶]. گیماینر و همکاران<sup>۱</sup> در سال ۲۰۱۵، با این روش قطعات متخلخل سه بعدی پزشکی از جنس بایوسرامیک‌های شیشه و سیلیکات را تهیه کردند [۴].

### ۳- ذوب گزینشی به وسیله لیزر (SLM)

فرآیند SLM با برش لایه لایه داده‌های فایل کد سه‌بعدی با ضخامت معمولاً ۲۰-۱۰۰ میکرومتر و ایجاد یک تصویر دوبعدی از هر لایه شروع می‌شود (شکل ۲) [۱۴]. SLM به صورت انتخابی، لایه‌های نازک از پودر فلز متمیزه ریز که بصورت یکنواخت با کمک یک مکانیزم پوشش‌دهی بروی یک صفحه بستر توزیع شده اند را ذوب می‌کنند. صفحه بستر معمولاً فلزی است و معمولاً به یک میز با حرکت در جهت محور عمودی (Z) بسته می‌شود. این فرآیند داخل یک محفظه دارای یک اتمسفر با کنترل شدید به وسیله گاز بی اثری همچون آرگون یا نیتروژن با سطح اکسیژن کمتر از ۵۰۰ بخش در میلیون انجام می‌شود. هنگامی که هر لایه توزیع شد، هر اسلایس دو بعدی از هندسه قطعه به وسیله ذوب انتخابی لایه‌ی پودر فلزی ذوب می‌شود. این کار به وسیله یک پرتو لیزری قدرت بالا (معمولاً یک لیزر فیبر ایتیریم) انجام می‌شود. انرژی لیزر به اندازه کافی شدید است تا امکان ذوب کامل ذرات برای شکل‌دهی یک فلز جامد را فراهم کند. این فرآیند لایه به لایه تکرار می‌شود تا قطعه کامل شود. امروزه، تولید کنندگان با استفاده از لیزر Nd: YAG به جای لیزر CO<sub>2</sub> مورد استفاده در SLS، باعث جذب بسیار بهتر پودر فلزی شده‌اند. اما تقریباً تمامی دستگاه‌های SLM امروزی از لیزر فیبری که خرید و نگهداری ارزان‌تر، انرژی کارآمدتر و کیفیت پرتو بهتری از لیزرهای Nd: YAG دارند، استفاده می‌شوند. استفاده از لنز f-teta برای به حداقل رساندن اعوجاج پرتو در حین اسکن کردن و کنترل اتمسفر اکسیژن کم، دیگر مزیت کلیدی SLM در مقایسه با SLS است [۱۴-۱۷]. SLM یک روش تولید مناسب برای ایمپلنت‌های ساقه ران و مفصل‌ها می‌باشد. در این روش قطعات با دقت بالا، خواص مکانیکی / شیمیایی و همچنین زبری سطح مناسب تهیه می‌شوند. زبری سطح بستگی به عوامل بسیاری از جمله نوع مواد، اندازه ذرات پودر، ضخامت لایه، پارامترها لیزر، موقعیت اسکن و سطح پس از عملیات بستگی دارد. در مراحل تولید نیازی به وقت زیاد و هزینه کوره پس از فرآیندها نمی‌باشد [۱۷، ۱۴]. بهره‌وری مواد بالا و قابلیت تولید نمونه‌های به طور کامل متراکم (حتی بیش از ۹۹٪/۹) می‌باشد. ولی با کوتاه بودن سرعت اسکن مدت زمان ساخت افزایش پیدا کرده است. برای بهبود کیفیت لیزری نیاز به سطح انرژی بالاتر، لیزر گران‌تر با قدرت بالاتر هستیم. ناپایداری حوضچه مذاب (زبری سطح و بوجود آمدن منافذ داخلی) در SLM و تنش پسماند بالاتر (خطر ورقه ورقه شدن، اعوجاج که موجب از بین بردن صفحه پایه می‌شود) از معایب عمده این روش می‌باشد [۱۳، ۲].



شکل ۲- شماتیک فرآیند SLM [۱۴].

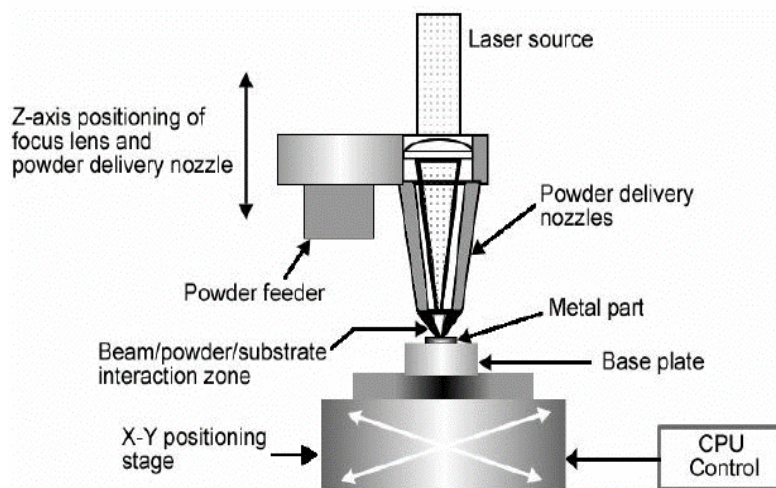
<sup>1</sup> Gmeiner et. al

#### ۴- شکل گیری پودری (شبکه‌ای) با پرتو لیزری (LENS)

در شکل ۳ شماتیکی از فرآیند LENS نشان داده شده است [۱۵]. این روش نیز مشابه تکنولوژی‌های فرم‌دهی پودر با لیزر، نمونه سازی به صورت لایه لایه انجام می‌شود با این تفاوت که جنس پودر از فلز می‌باشد. در این فرآیند یک منبع لیزر با قدرت بالا برای ذوب کردن مواد پودری به کار می‌رود (در سیستم قدیم از لیزر Nd: YAG استفاده می‌شد ولی امروزه از لیزر فیبری استفاده می‌شود) [۶]. پودر از مخزن به کله‌گی دستگاه و سپس توسط نازل بر روی میز (سکو) دستگاه فرستاده می‌شود. ارسال پودر از طریق گرانش و با فشار گاز جلو برنده در لوله‌ها انجام می‌گیرد. مواد بعد از خروج از نازل در راستای تابش اشعه لیزر قرار گرفته و در اثر این حرارت ذوب و جامد می‌شوند و با تکرار این فرآیند لایه‌های جسم ساخته می‌شود. در اینجا نیز برای متمرکز کردن لیزر از آینه‌های مایل استفاده می‌شود. میز این دستگاه توانایی حرکت در دو جهت X و Y را دارد ولی کله‌گی تنها در راستای عمودی (بالا و پائین) حرکت می‌کند و از ادغام این دو حرکت، هر لایه‌ی هندسی قطعه تولید می‌شود. برای کنترل بهینه خواص مواد و افزایش تمایل چسبندگی لایه‌ها در هنگام خروج مواد مذاب از نازل؛ یک پوشش گاز خنثی محافظ (مانند آرگون) برای محافظت از حوضچه مذاب در برابر اتمسفر استفاده می‌شود. سرعت این فرآیند نسبتاً بالا بوده و قابلیت تولید مواد به صورت شکل نهائی (Net Shape) را داراست [۴۶].

به طور کلی روش LENS به عنوان یک فرآیند ذوب کامل شناخته می‌شود، که توانایی تولید محصولات با تراکم کامل (ذرات پودر به شدت بهم پیوند می‌خورند) را دارد. اگرچه برای ساخت یک ایمپلنت متخلخل، باید از ذوب کامل پودر اجتناب شود. در این مورد برای ایجاد تخلخل، ذرات نیمه ذوب شده هستند. این ذرات سطح ذوب شده به یکدیگر پیوسته و با توجه به حضور فلز مایع در فصل مشترک ذرات، پیوند خوبی با لایه‌های قبلی ایجاد می‌کند. گزارش شده خواص متالورژیکی، استحکام و دانسیته ایمپلنت‌های ساخته شده با این روش بسیار خوب است. با این حال، این نگرانی وجود دارد که در سطح ایمپلنت اتصال مناسبی برقرار نشود [۶، ۱۸].

روند LENS دارای برخی از اشکالاتی معمولی است. پرداخت سطح بسیار ضعیف است و نیاز به پرداخت و در پایان ماشین‌کاری است. همچنین یک فرآیند نسبتاً گران و ذاتاً خطرناک است [۱۲]. روش LENS در مقایسه با روش‌های مشابه شکل‌دهی پودر مثل SLS روش جدیدی می‌باشد. همچنین قطعات تولید شده در LENS با توجه به عدم نیاز به زینت نهائی در مقایسه با روش SLS، مقرون به صرفه‌تر است [۱، ۴].



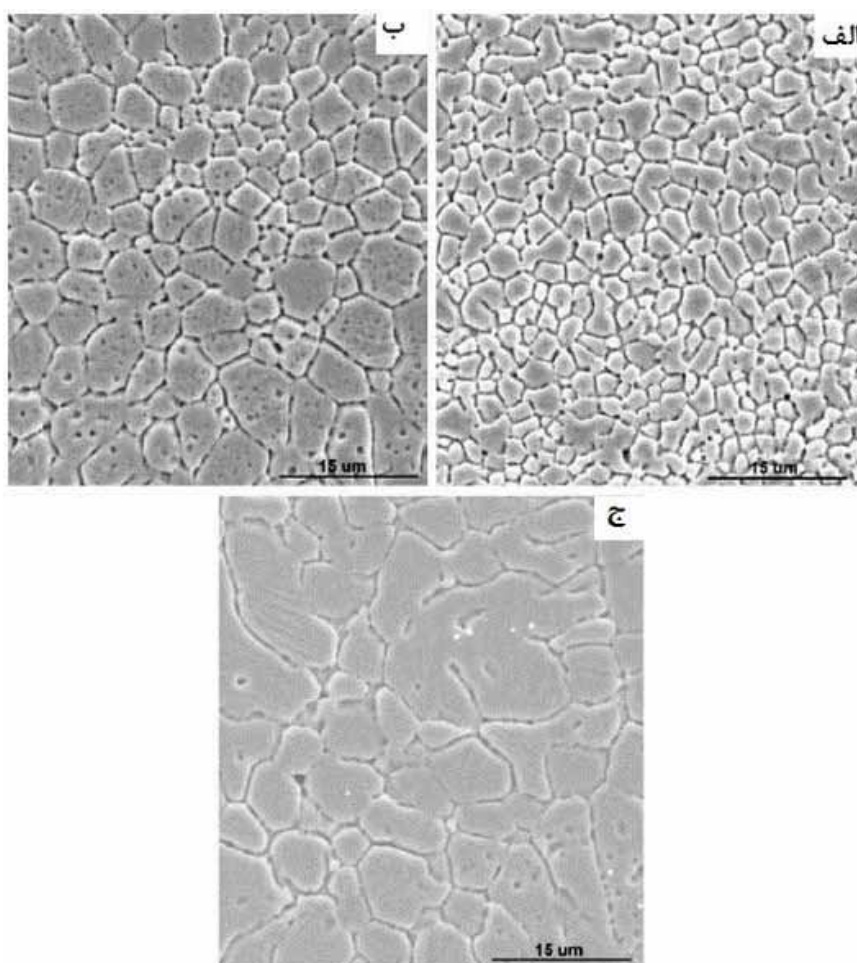
شکل ۳- شماتیک فرآیند LENS [۱۵].

جهت یابی لایه‌ها با حداقل کردن تنش باقی مانده، تاثیر زیادی بر درصد ازدیاد طول قطعه دارند. تنش پسماند در طول یا پس از ساخت منجر به ترک خوردگی قطعه می‌شود. نتایج حاصل از LENS به دلیل بهبود ریزساختار، نشان دهنده خواص متالورژیکی و

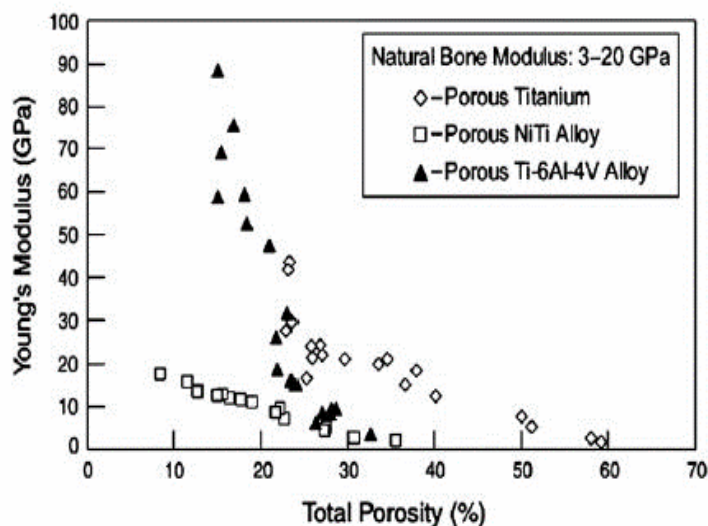


مکانیکی بهتر نسبت به دیگر فرآیندهای معمولی می‌باشد. به عنوان مثال، گزارش شده آلیاژ Ti-6Al-4V که با LENS پردازش شده، دارای قدرت عملکرد، قدرت کششی نهایی و ازدیاد طول بالاتری نسبت به نمونه‌هایی که به صورت مرسوم پردازش و حرارت می‌بینند [۱۶]. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده، اندازه دانه در کل نمونه یکنواخت نیست به ویژه در نمونه‌ها با چگالی بالا. نمونه‌ها با تخلخل بالا در شکل ۴ ب نشان‌دهنده زبری دانه‌ای بالاتری نسبت به نمونه با تخلخل پایین می‌باشد. در حقیقت انرژی ورودی خاص به نمونه تأثیر عمده‌ای بر اندازه دانه می‌گذارد [۱۹]. در نتایج محققین گزارش شده که با قدرت لیزر پایین‌تر، ساختار دانه ظریف‌تر در مقاومت فشاری بالاتر حاصل می‌شود (در محدوده ۱۰۵۰-۸۹۰ مگاپاسکال) [۹].

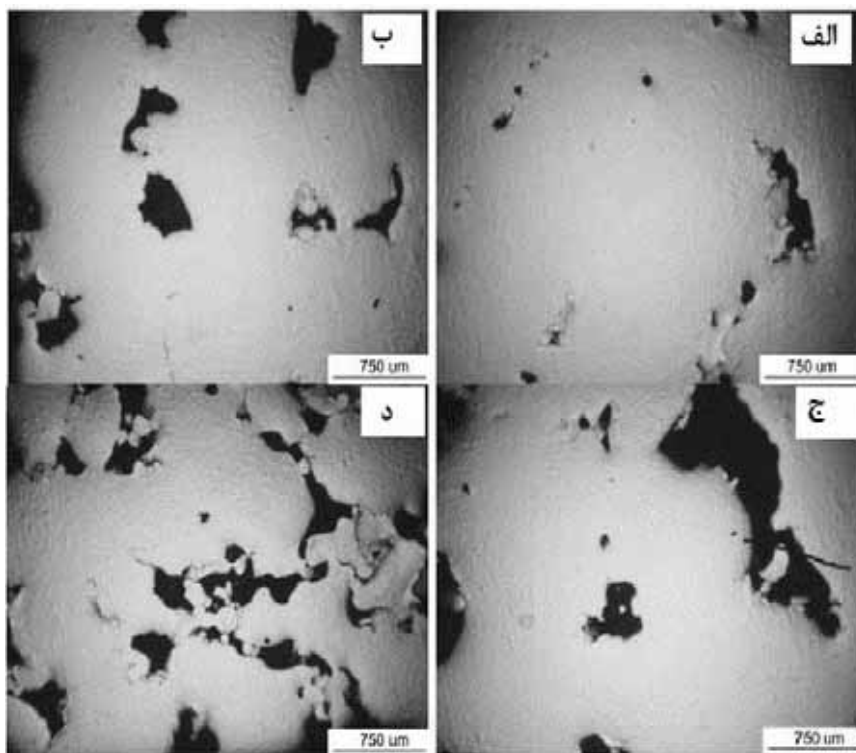
در حال حاضر آلیاژهای نیکل تیتانیوم (نایتینول) متخلخل با استفاده از LENS با قدرت لیزر بین ۱۵۰-۳۰۰ W، سرعت اسکن بین ۵-۲۵ mm/s، نرخ تغذیه پودر ۳۸g/min-۱۵، فاصله اسکن بین ۰/۷۶ تا ۱/۲۷ میلی‌متر ساخته شده است [۲۰]. گزارش شده در حین پردازش لیزری هیچ ترکیب بین فلزی مانند  $Ti_2Ni$ ،  $Ni_4Ti_3$  و  $Ni_3Ti$  تشکیل نشده است [۱۹، ۲۰]. شکل ۵ نشان‌دهنده مدول یانگ نمونه پردازش شده به وسیله LENS با تغییر پارامترهای طراحی فرآیند می‌باشد. با توجه به اینکه تخلخل باز برای رشد سلول‌ها در بافت مهم است، مقدار حجم منافذ باز در نمونه نایتینول مورد بررسی قرار گرفت. حداکثر حجم منافذ باز با سرعت اسکن ۱۵mm/s، نرخ تغذیه پودر ۲۰g/min و قدرت لیزر ۲۰۰ W مشاهده شد (شکل ۶ ج). تخلخل‌های بالا و به هم پیوسته با چگالی کم را در نمونه فرآوری شده در قدرت لیزر کم، نرخ تغذیه پودر بالا و سرعت اسکن بالا به دست آمده است (شکل ۶ د) [۱۹]. نمونه متخلخل آلیاژ نایتینول با ۱۲-۳۶٪ تخلخل است. تخلخل بالا این نمونه‌ها بین ۵۳٪ و ۷۲٪ از کل تخلخل کسر حجمی، تقریباً به اندازه استخوان قشری انسان است [۱].



شکل ۴- ریزساختار SEM نشان دهنده تنوع اندازه دانه (الف) ۲۰۰W، ۱۰mm/s، ۱۵g/min، دانسیته ۹۲٪ (ب) ۲۰۰W، ۱۰mm/s، ۳۰g/min، ۲۰mm/s، ۱۵۰ W، ۸۵٪ (ج) ۲۰۰W، ۲۰mm/s، ۳۰g/min، دانسیته ۷۲٪ [۱۹].



شکل ۵- مدول نمونه‌های متخلخل با استفاده از پردازش LENS [۱].

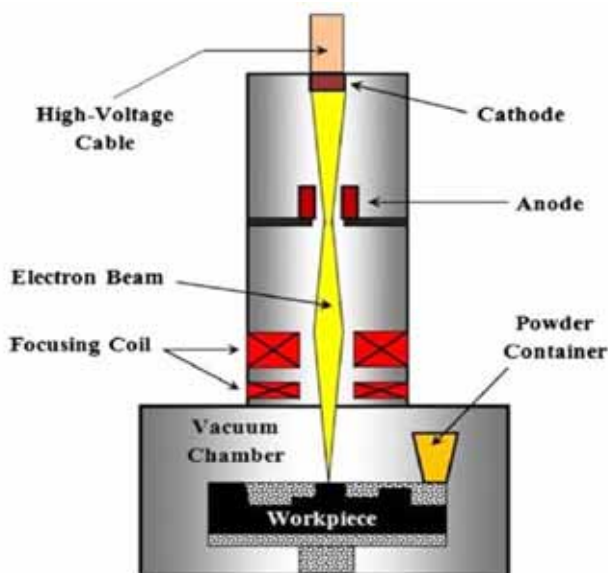


شکل ۶- تصویر SEM نمونه نایتینول متخلخل که نشان از تنوع در اتصال منافذ دانه (الف)  $200\text{ W}$ ،  $1.0\text{ mm/s}$ ،  $15\text{ g/min}$ ، (ب)  $200\text{ W}$ ،  $1.0\text{ mm/s}$ ،  $30\text{ g/min}$  (ج)  $200\text{ W}$ ،  $2.0\text{ mm/s}$ ،  $15\text{ g/min}$  (د)  $200\text{ W}$ ،  $2.0\text{ mm/s}$ ،  $30\text{ g/min}$  [۱۹].

## ۵- ذوب پرتو الکترونی (EBM)

در شکل ۷ شماتیکی از فرآیند ذوب پرتو الکترونی (EBM) نشان داده شده است [۱]. از این روش برای تهیه قطعات فلزی یکپارچه و متراکم از طریق ایجاد لایه‌های متوالی از پودر فلزاتی نظیر آلیاژهای تیتانیوم و همچنین ذوب و ادغام لایه‌ها توسط پرتو الکترونی در خلاء استفاده می‌شود. خواص مکانیکی مناسب قطعه از ویژگی‌های قابل توجه این روش است. برای ساخت افزایشی ایمپلنت‌های ارتوپدی به روش EBM قدرت پرتو  $5\text{--}3000\text{ W}$  با سرعت اسکن  $8000\text{ m/s}$  گزارش شده است. این دستگاه از یک

تفنگ انتشار گرمایونی (شامل یک رشته تنگستن به پرتو الکترون)، ذوب انتخابی پودر فلزات با ضخامت ۰/۰۷-۰/۲۵ میلی‌متر انجام می‌دهد [۲۱]. فرآیند EBM مشابه SLM، با یک اسکن پرتوی متمرکز کننده (در این مورد پرتو الکترونی) در سراسر لایه نازک، باعث ذوب موضعی و انجماد در هر مقطع برش (عرض) می‌شود. با این وجود، تفاوت‌هایی بین این دو فرآیند وجود دارد که به عنوان خلاصه در جدول ۲ نشان داده شده است [۶].



شکل ۷- شماتیک دستگاه EBM [۱].

جدول ۲- تفاوت بین روش ذوب پرتو الکترونی و ذوب انتخابی لیزری [۶]

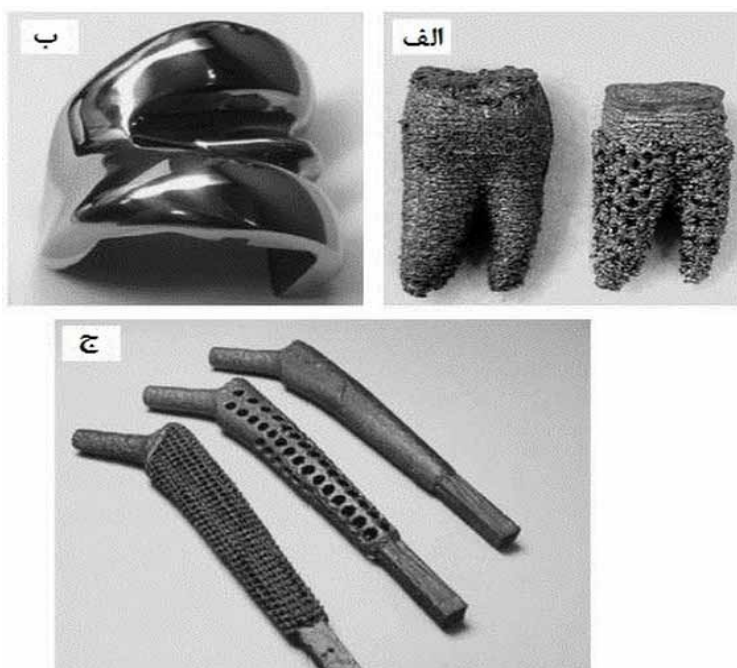
مشخصه	ذوب پرتو الکترونی (EBM)	ذوب انتخابی لیزری (SLM)
منبع حرارتی	پرتو الکترون	لیزر
فضا (اتمسفر)	خلأ	گاز بی اثر
اسکن	انحراف کویل	گالوانومتر
پودر پیش گرم	استفاده از پرتو الکترون	استفاده از بخار مادون قرمز
هزینه‌های انرژی	متوسط	بالا
پایان سطح	متوسط رو به ضعیف	عالی تا متوسط
وضوح ویژگی	متوسط	عالی
مواد	فلزات (هدایت)	سرامیک‌ها، پلیمرها و فلزات

درجه حرارت بالا در این عملیات موجب کاهش تنش‌های پسماند بین خنک کننده حوضچه مذاب و لایه قبلی می‌شود. علاوه بر این، قطعات در طول فرآیند EBM در یک محفظه خلأ ساخته شده است، که شرایطی را فراهم می‌کند تا قطعات آزاد تحت تاثیر اکسیژن و سایر گونه‌های شیمیایی موجود در جو قرار نگیرند. تنش پسماند و اعوجاج به دلیل فرایند خلأ به حداقل می‌رسد. سختی، استحکام تسلیم و قدرت کشش نهایی برای محصولات SLM بالاتر از محصولات EBM گزارش شده است. در مقابل، در محصولات ساخته شده توسط EBM کشیدگی‌های بالاتری نسبت به SLM بدست آمده است [۲۱، ۲۲].

پرتو الکترونی به عنوان منبع انرژی در مقایسه با پرتو لیزر مزایایی را شامل می‌شود؛ به خصوص سرعت انحراف بالا توسط لنز الکترومغناطیسی. انرژی ورودی بالا به راحتی توسط تمرکز پرتو کنترل می‌شود و همچنین اسکن الکترونیکی کنترل شدنی است. این شرایط اجازه می‌دهد تا برای تغییرات در ساختمان لایه پودر، از جمله طیف وسیعی از زینتر فاز مایع به تکمیل ذوب ذرات یا لایه ذوب بپردازد [۲۳، ۲۴، ۶]. در مقایسه با پرتوهای لیزر، پرتوهای الکترونی چگالی انرژی بیشتر دارند که موجب کاهش زمان

ساخت و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید می‌شود. انرژی بالا پرتوهای الکترون باعث بالا رفتن دماهای بستر پودر EBM شده و در نهایت نفوذ بیشتر ذرات پوشش با ذوب کامل پودر فلز رخ می‌دهد. این منجر به ساخت قطعات متراکم با تخلخل کمتر و کنترل بهتر خواص مکانیکی می‌شود. بر خلاف دیگر روش‌ها ساخت افزایشی، که متکی بر زینتر لیزر بودند، فرآیند EBM قادر به تولید قطعات متراکم کاملاً ذوب شده می‌باشد. همه روش‌های مبتنی بر زینتر لیزر در چالش چگالی بالا به خاطر قدرت نسبتاً کم لیزر در مقایسه با پرتو الکترونی هستند و فرآیندهایی با درجه حرارت پایین‌تر هستند [۲۵]. در روش‌های متکی بر لیزر، ۹۵٪ از انرژی نور توسط پودر به جای جذب، انعکاس پیدا می‌کند که این باعث کاهش بهره‌وری می‌شود. نرخ ساخت در EBM ۳-۵ برابر سریع‌تر از دیگر روش‌ها است که به دلیل افزایش عمق نفوذ و افزایش سرعت اسکن می‌باشد [۶، ۱۸، ۲۶].

گزارش شده با EBM، خواص مقاومتی، خستگی و مدول الاستیک آلیاژ برای سازگاری با استخوان به طور مناسبی بهینه‌سازی شده است. استفاده از این تکنولوژی موفق برای ساخت ایمپلنت منجر به افزایش طول عمر فرد آسیب دیده، ویژگی‌های سفارشی برای توانبخشی و عمل کرد بهتر ایمپلنت شده است [۱۸، ۲۳]. نمونه‌هایی از ایمپلنت  $Ti_6Al_4V$  پزشکی تولید شده توسط EBM در شکل ۸ نشان داده شده است [۲، ۲۲، ۲۷].



شکل ۸- نمونه‌هایی از ایمپلنت پزشکی تولید شده توسط EBM:  
 (الف) ایمپلنت‌های دندانی (ب) ایمپلنت زانو (ج) ساقه لگن [۲۲، ۲۷].

## ۶- نتیجه‌گیری

فرآیندهای شناخته شده برای ساخت ایمپلنت‌های پزشکی به روش تولید افزایشی مورد مطالعه قرار گرفت. خواص مقاومتی، تخلخل و مدول الاستیک آلیاژ ساخته شده با این روش‌ها برای سازگاری با بافت آسیب دیده به طور مناسبی فراهم شده است. استفاده از این تکنولوژی موفق برای ساخت ایمپلنت باعث سفارشی شدن محصول برای توانبخشی و افزایش طول عمر افراد خواهد شد. با تجاری سازی فن آوری تولید افزایشی، نقش ساخت آنها در حال گسترش است.

## مراجع

- [1] Elahinia M.H, Hashemi M, Tabesh M, Bhaduri S.B. "Manufacturing and processing of NiTi implants—A Review". Progress in Materials Science. Vol. 57, PP. 911–946, 2012.
- [2] Chahine G, Koike M, Okabe T, Smith P, Kovacevic R. "The design and production of Ti-6Al-4V ELI customized dental implants". JOM. Vol.60, PP. 50-55, 2008.
- [3] Elahinia M, Shayesteh Moghaddam N, Taheri Andani M, Amerinatanzi A.H, Bimber B.A, Hamilton R.F.



- "Fabrication of NiTi through additive manufacturing: A review". *Progress in Materials Science*. Vol. 83, PP.630-663, 2016.
- [4] Gmeiner R, Deisinger U, Schönherr J, Lechner B, Detsch R, Boccaccini A.R, Stampf J. "Additive Manufacturing of Bioactive Glasses and Silicate Bioceramics". *Journal of Ceramic Science and Technology*, Vol. 6, PP. 75-86, 2015.
- [5] Harun W.S.W, Kamariah M.S.I.N, Muhamad N, Ghani S.A.C, Ahmadd F, Mohamed Z. "A review of powder additive manufacturing processes for metallic biomaterials". *Powder Technology*. Vol.327, PP. 128–151, 2018.
- [6] Gibson I, Rosen D.W, Stucker B. "Additive manufacturing technology: rapid prototyping to direct digital manufacturing". Springer Science + Business Media, Inc. PP. 42-103 [chapter 5], 2010.
- [7] Wang X, Xu S, Zhou S, Xu W, Leary M, Choong P, Qian M, Brandt M, Xie Y.M. "Topological design and additive manufacturing of porous metals for bone scaffolds and orthopaedic implants: A review". *Biomaterials*. Vol. 83, PP. 127-141, 2016.
- [8] Sing S.L, An J, Yeong W.Y, Wiria F.E. "Laser and Electron-Beam Powder-Bed Additive Manufacturing of Metallic Implants: A Review on Processes". *Materials and Designs*. Vol. 34, PP.369–385, 2016.
- [9] Krishna B.V, Bose S, Bandyopadhyay A. "Laser processing of net-shape NiTi shape memory alloy". *Journal of Metallurgical and Materials Transactions A*. Vol.38, 96-103, 2007.
- [10] Geetha M, Singh A.K, Asokamani R, Gogia A.K. "Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants – A review". *Progress in Materials Science*. Vol. 54, PP. 397–425, 2009.
- [11] Winkler T, Sass F.A, Duda G.N, Schmidt-Bleek K. "A review of biomaterials in bone defect healing, remaining shortcomings and future opportunities for bone tissue engineering". *Bone Joint Research*. Vol. 7, PP.232–243, 2018.
- [12] Bernard A, Taillandier G, Karunakaran K.P. "Evolutions of rapid product development with rapid manufacturing: concepts and applications". *International Journal of Rapid Manufacturing*. Vol.1, PP.3-18, 2009.
- [13] Alvarez K, Nakajima H. "Metallic scaffolds for bone regeneration". *Journal of Material*. Vol.2, PP. 790–832, 2009.
- [14] Sidambe A. T. "Biocompatibility of Advanced Manufactured Titanium Implants—A Review". *Materials*. Vol.7, PP. 8168-8188, 2014.
- [15] Xue W, Krishna B. V., Bandyopadhyay A, Bose S. "Processing and biocompatibility evaluation of laser processed porous titanium". *Acta Biomaterialia*. Vol.3, PP. 1007–1018, 2007.
- [16] Khoo Z.X, Liu Y, An J, Chua C.K, Shen Y.F, Kuo C.N. "A Review of Selective Laser Melted NiTi Shape Memory Alloy". *Materials*. Vol. 11, PP.1-12, 2018.
- [17] Kruth J. P, Levy G, Klocke F, Childs T. H. C. "Consolidation phenomena in laser and powder-bed based layered manufacturing". *Journal of CIRP Annals*. Vol.56, PP. 730–759, 2007.
- [18] Parthasarathy J, Starly B, Raman S.h, Christensen A. "Mechanical evaluation of porous titanium (Ti6Al4V) Structures with electron beam melting (EBM)". *Journal Mechanical Behavior Biomedical Material*. Vol.3, PP. 249–259, 2010.
- [19] Krishna B. V, Bose S, Bandyopadhyay A. "Fabrication of porous NiTi shape memory alloy structures using laser engineered net shaping". *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterial*. Vol. 89B, PP. 481–490, 2009.
- [20] Bandyopadhyay A, Krishna B.V, Xue W, Bose S. "Application of laser engineered net shaping (LENS) to manufacture porous and functionally graded structures for load bearing implants". *Journal of Material Science Material Medical*. Vol.20, PP. 29–34, 2009.
- [21] Mazzoli A, Germani M, Raffaelli R. "Direct fabrication through electron beam melting technology of custom cranial implants designed in a PHANToM-based haptic environment". *Journal of Materials & Design*. Vol.30, PP. 86-92, 2009.
- [22] Murr L.E, Quinones S.A, Gaytan S.M, Lopez M.I, Rodela A, Martinez E.Y. "Microstructure and mechanical behavior of Ti–6Al–4V for biomedical applications produced by rapid-layer-based manufacturing". *Journal Mechanical Behavior Biomedical Material*. Vol.2, PP. 20–32, 2009.
- [23] Murr L.E, Esquivel E.V, Quinones S.A, Gaytan S.M, Lopez M.I, Martinez E.Y. "Microstructures and mechanical properties of electron beam-rapid manufactured Ti–6Al–4V biomedical prototypes compared to wrought Ti–6Al–4V". *Journal of Material Characterization*. Vol.60, PP.96-105, 2009.
- [24] Kahnert M, Lutzmann S, Zaeh MF. "Layer formations in electron beam sintering. In: 18th Solid freeform fabrication symposium proceedings". The University of Texas at Austin/USA, 2007.
- [25] Xie OH. "Design, simulation and experimental study of shape memory alloy and micro-motor activated high pressure optical cell for bio-physical studies". PhD dissertation, Drexel University, 2007.
- [26] Harrysson O, Cansizoglu O, Marcellin-Little D, Cormier D, West H. "Direct metal fabrication of titanium implants with tailored materials and mechanical properties using electron beam melting technology". *Material Science Engineering C*. Vol. 28, PP.66-73, 2008.
- [27] Zah M. F, Lutzmann S. "Modelling and simulation of electron beam melting". *Production Engineering Research Development*. Vol.4, PP.15-23, 2010.

مهندس راضیه اسحاقیان،  
نویسنده‌ی اول مقاله، دانشگاه  
صنعتی مالک اشتر

## تأثیر نسبت افزودنی‌های $Al_2O_3$ و $Y_2O_3$ بر رفتار سینتر $SiC$

راضیه اسحاقیان\*، مینا سعیدی حیدری، حمیدرضا بهاروندی، ناصر احسانی

مجتمع مواد و فناوری‌های ساخت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

**چکیده:** کاربرد سیلیسیم (SiC) سرامیکی مهندسی است که دارای خواصی همچون چگالی پایین، پایداری حرارتی بالا و استحکام ذاتی مناسب است و به همین دلیل کاربردهای فراوانی دارد. با این حال چگالش بدون افزودنی این سرامیک، به علت وجود پیوند کوالانسی قوی و ضریب نفوذ در خود پایین سخت است. از جمله مهم‌ترین افزودنی‌های مورد استفاده جهت سینتر فاز مایع کاربرد سیلیسیم، آلومینا ( $Al_2O_3$ ) و یتریا ( $Y_2O_3$ ) هستند. هنگام استفاده از این دو افزودنی، نسبت مولی و یا نسبت وزنی  $Al_2O_3:Y_2O_3$  از اهمیت زیادی برخوردار است. به طوری که استفاده از نسبت‌های مختلف باعث ایجاد فازهای گوناگون و هم‌چنین خواص فیزیکی و مکانیکی متفاوت پس از سینتر می‌شود. به همین علت در این مقاله تأثیر نسبت افزودنی‌های  $Al_2O_3$  و  $Y_2O_3$  بر رفتار سینتر SiC مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نسبت افزودنی،  $YAP$ ،  $YAM$ ،  $YAG$ ،  $Al_2O_3:Y_2O_3$ .

### ۱- مقدمه

کاربرد سیلیسیم ترکیبی کوالانسی است که دارای چگالی پایین ( $3/16-3/24 \text{ gr/cm}^3$ )، سختی بالا ( $30 \text{ MPa}$ )، استحکام ذاتی خوب ( $1200-3000 \text{ MPa}$ )، سفتی بالا، مقاومت به سایش خوب، پایداری حرارتی بالا تا دمای  $2000^\circ\text{C}$  و رسانایی حرارتی خوب ( $50-80 \text{ W/m.k}$ ) است [۱-۷]. از کاربرد سیلیسیم جهت کار در دمای بالا به علت استحکام دما بالای آن، صنایع آب‌بندی مکانیکی، قطعات تحت سایش، فیلترهای مخصوص موتور دیزل، قطعات متخلخل، سوپاپ‌ها، قسمت‌های مختلفی از نیمه‌هادی‌ها، صفحات زرهی، قطعات نسوز، مبدل‌های حرارتی، فیلترهای مذاب، پیش‌شکل کامپوزیت‌های زمینه فلزی و در دیگر مواد ساختاری سبک‌وزن استفاده می‌شود. هم‌چنین کاربرد سیلیسیم یک کاندید بالقوه جهت استفاده در کپسول‌های سوخت هسته‌ای و قطعات راکتورهای گداخت است [۱، ۲، ۸-۱۱]. به علت وجود پیوند کوالانسی قوی بین Si و C و ضریب نفوذ در خود پایین آن، چگالش کاربرد سیلیسیم بدون افزودنی و تهیه سرامیک SiC یکپارچه بسیار مشکل است [۲، ۱۲]. سینتر کاربرد سیلیسیم را می‌توان به دو حالت جامد و یا مایع انجام داد. در سینتر حالت جامد، به علت دمای بالای سینتر، هزینه قطعات تولیدی بالا است. توسط سینتر حالت مایع (LPS) می‌توان هزینه تولید را کاهش داد. اما کاهش هزینه تولید همراه با افت سختی نمونه خواهد بود. یکی از محدودیت‌های اصلی سینتر حالت جامد، چقرمگی پایین نمونه‌های تولیدی به این روش است. توسط ایجاد فاز مرزدانه‌ای می‌توان چقرمگی شکست را به میزان قابل توجهی افزایش داد. این موضوع بیانگر آن است که چنانچه هدف رسیدن به چقرمگی بالا باشد، بایستی از سینتر حالت مایع کمک گرفت. سینتر حالت مایع SiC را می‌توان به دو حالت تحت فشار و یا بدون فشار انجام داد. سینتر حالت مایع به روش تحت فشار محدودیت‌هایی دارد؛ به عنوان مثال، بیشتر نمونه‌های زرهی SiC توسط روش پرس داغ تولید می‌شوند اما در این روش، شکل و اندازه نمونه‌ها محدود و هزینه آن نیز زیاد است به همین منظور می‌توان از سینتر حالت مایع بدون فشار جهت تولید این قطعات استفاده کرد [۱۳، ۱۴].

<sup>1</sup> liquid phase sintering

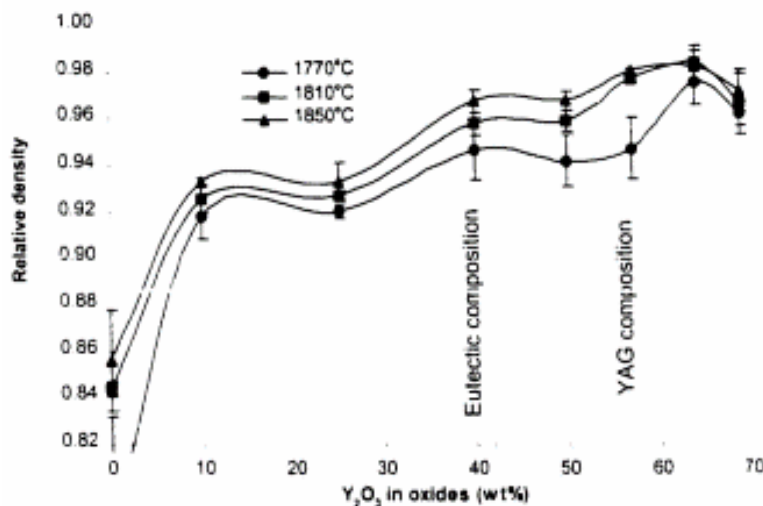
با افزودنی‌های اکسیدی نظیر  $Al_2O_3$  و  $Y_2O_3$  باعث ایجاد خواص مکانیکی و حرارتی قابل توجهی می‌شود. هم‌چنین استفاده از این روش، آسان‌تر و اقتصادی‌تر است [۱۵]. در افزودن آلومینا و یتریا به قطعات کاربید سیلیسیم جهت سینتر، از جمله مواردی که از اهمیت فراوانی برخوردار است نسبت افزودنی‌ها است. در سیستم دوتایی  $Al_2O_3$ - $Y_2O_3$ ، سه ترکیب  $YAM$  ( $Y_4Al_2O_9$ )،  $YAP$  ( $YAIO_3$ ) و  $YAG$  ( $Y_3Al_5O_{12}$ ) وجود دارند [۱۶]. استفاده از نسبت‌های مختلف افزودنی‌ها باعث ایجاد فازهای مختلف و هم‌چنین خواص فیزیکی و مکانیکی مختلفی در نمونه‌های SiC می‌شود. بنابراین با توجه به خواص مورد نظر بایستی از نسبت بهینه‌ای از این مواد جهت سینتر کاربید سیلیسیم استفاده کرد که در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- تأثیر نسبت افزودنی بر خواص فیزیکی و مکانیکی SiC

محققان مختلفی از جمله ژانگ<sup>۱</sup> و همکارانش [۱۷]، یون<sup>۲</sup> و همکارانش [۱۸]، وانگ<sup>۳</sup> و همکارانش [۱۹]، کن<sup>۴</sup> و همکارانش [۲۰]، شی<sup>۵</sup> و همکارانش [۲۱] و فوکوشیما<sup>۶</sup> و همکارانش [۲۲]، تأثیر نسبت‌های مولی مختلف  $Al_2O_3$ : $Y_2O_3$  را بر خواص فیزیکی و مکانیکی SiC مورد بررسی قرار دادند که نتایج تحقیقات هر کدام در ادامه به تفصیل آورده شده است.

ژانگ و همکارانش [۱۷]، رفتار سینتر SiC را با استفاده از افزودنی‌های  $Al_2O_3$  و  $Y_2O_3$  و در مجموع به میزان ۱۰ درصد وزنی و نسبت‌های مختلف مولی  $Al_2O_3$ : $Y_2O_3$  برابر با ۳:۲، ۵:۳، ۷:۴ و ۲:۱، در دمای  $1850^\circ C$  مورد بررسی قرار دادند. بیشترین میزان چگالی نسبی در نسبت مولی ۳:۲ و کمترین میزان چگالی نسبی در نسبت مولی ۵:۳ به دست آمده است. علت این امر این است که وقتی افزودنی‌ها با نسبت مولی ۳:۲ به سیستم اضافه شوند، طبق قانون اهرم در دمای  $1850^\circ C$  مقداری از افزودنی‌ها به صورت مذاب درآمده و جامد استوکیومتری YAG دچار لغزش و آرایش مجدد می‌شود و با نیروی موئینگی فرآیند چگالش به سرعت صورت می‌گیرد. در این حالت افت وزنی کم خواهد بود و چگالی نسبی بالایی به دست می‌آید.

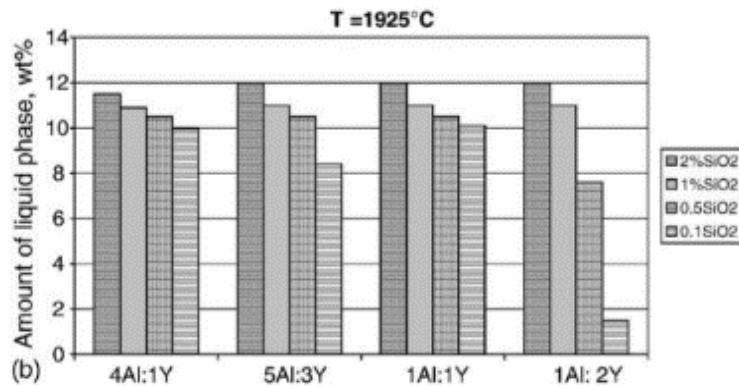
در تحقیق یون و همکارانش [۱۸] نیز گزارش شده است که هنگام استفاده از نسبت وزنی  $Al_2O_3$ : $Y_2O_3$  برابر با ۴:۶ میزان چگالی نسبی بیشتری در مقایسه با نسبت وزنی ۶:۴ به دست آمده است. این موضوع در دماهای مختلف سینتر صادق است. علت این اختلاف احتمالاً به علت افت وزنی بیشتر افزودنی‌ها در نسبت وزنی ۶:۴ است. وانگ و همکارانش [۱۹]، تأثیر نسبت‌های مختلف افزودنی را بر چگالی نسبی مورد بررسی قرار داده‌اند. در شکل ۱ رابطه میان نسبت‌های مختلف افزودنی و چگالی نسبی در دماهای مختلف نشان داده شده است.



شکل ۱- رابطه میان نسبت‌های مختلف افزودنی و چگالی نسبی در دماهای مختلف سینتر [۱۹].

<sup>1</sup> Zhang  
<sup>2</sup> Yoon  
<sup>3</sup> Wang  
<sup>4</sup> Can  
<sup>5</sup> She  
<sup>6</sup> Fukushima

همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش میزان  $Y_2O_3$  چگالی نسبی افزایش می‌یابد زیرا میزان افت وزنی کمتر و در نتیجه میزان فاز مایع موجود در سیستم بیشتر است اما چنانچه مقدار  $Y_2O_3$  به ۶۹٪ وزنی در مجموع کل افزودنی برسد، چگالی نسبی کاهش پیدا می‌کند زیرا در این صورت فاز مایع قادر به تر کردن کل ذرات SiC نخواهد بود. این موضوع در دماهای بالای سینتر که در شکل ۱ نشان داده شده است کاملاً صادق است. اما در دماهای پایین‌تر نظیر دمای  $1770^\circ C$  در شکل ۱، مشاهده می‌شود که با تغییر درصد وزنی  $Y_2O_3$  از ۴۰ به ۵۰، افت چگالی نسبی به میزان کمی اتفاق می‌افتد. علت این موضوع با توجه به دیگرام فازی  $Al_2O_3-Y_2O_3$  قابل بررسی است به طوری که با تغییر درصد وزنی  $Y_2O_3$  و به تبع آن تغییر نسبت مولی  $Al_2O_3:Y_2O_3$ ، ترکیب فاز مرز دانه در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که میزان فاز مایع کم‌تری در آن دما ایجاد می‌شود و بنابراین چگالی نسبی به مقدار کمی افت پیدا خواهد کرد [۱۹]. کن و همکارانش [۲۰]، تأثیر نسبت‌های مولی مختلف  $Al_2O_3:Y_2O_3$  را بر رفتار سینتر نمونه‌های SiC حاوی مقدار ثابتی  $SiO_2$  به روش سینتر توسط فشار گاز مورد بررسی قرار دادند. این محققان جهت بررسی این رفتار، میزان فاز مایع تشکیل شده در دمای  $1925^\circ C$  را در مقادیر مختلفی  $SiO_2$  محاسبه کرده‌اند که نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



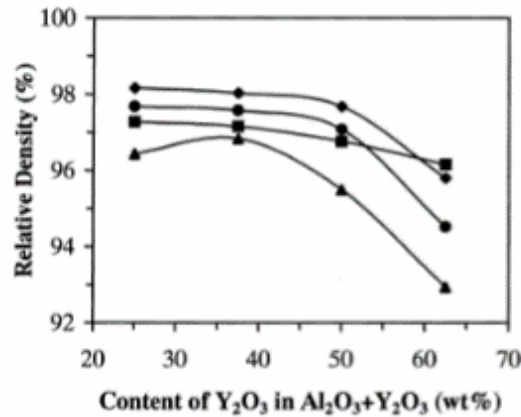
شکل ۲- محاسبه میزان فاز مایع ایجاد شده توسط مجموع ۱۰٪ وزنی افزودنی در دمای  $1920^\circ C$  در نسبت‌های مولی مختلف  $Al_2O_3:Y_2O_3$  و مقادیر مختلف  $SiO_2$  [۲۰].

همان طور که مشاهده می‌شود در مقادیر کم  $SiO_2$  با کم‌تر شدن نسبت مولی  $Al_2O_3:Y_2O_3$  میزان فاز مایع کاهش پیدا می‌کند. به عبارتی با کاهش نسبت مولی، عملیات چگالش در دمای بالاتری آغاز خواهد شد [۲۰]. شی و همکارانش [۲۱]، اثر افزودن مجموع ۱۰٪ وزنی  $Al_2O_3$  و  $Y_2O_3$  را با نسبت‌های وزنی مختلف در ۴ دمای  $1850^\circ C$ ،  $1900^\circ C$ ،  $1950^\circ C$  و  $2000^\circ C$  بر چگالی نسبی و درصد انقباض مورد بررسی قرار دادند. رابطه چگالی نسبی و نسبت افزودنی‌ها در این تحقیق مطابق شکل ۳ است. در تحقیق شی و همکارانش دیده شد که به جز در دمای  $1850^\circ C$ ، هرچه میزان  $Al_2O_3$  در ترکیب افزودنی بیشتر باشد، چگالی نسبی بیشتری به دست می‌آید. در دمای  $1850^\circ C$ ، بیشترین چگالی نسبی در ۳۷/۵٪ وزنی  $Y_2O_3$  به دست آمده است زیرا کمترین دمای یوتکتیک در نمودار  $Al_2O_3-YAG$  در  $1760^\circ C$  بوده، بنابراین ترکیبی که دقیقاً روی نقطه یوتکتیک قرار گرفته است بیشترین چگالی نسبی را می‌دهد. طبق نمودار می‌توان دید که چگالی نسبی وقتی میزان  $Y_2O_3$  به ۶۲/۵٪ وزنی می‌رسد به سرعت کاهش می‌یابد. از نظر شی و همکارانش علت این موضوع قرار گرفتن ترکیب افزودنی بین دو ترکیب YAG و YAM در نمودار  $Al_2O_3-Y_2O_3$  است. چون دمای یوتکتیک بین دو ترکیب YAG و YAM بالاتر از دمای یوتکتیک بین  $Al_2O_3$  و YAG است، بنابراین ممکن است دانه‌های SiC نتوانسته باشند به طور کامل توسط مذاب تر شوند و از انجام فرآیند حل و رسوب مجدد جلوگیری شده باشد. بنابراین چگالی نسبی کاهش پیدا کرده است.

فوکوشیما و همکارانش [۲۲]، اثر افزودن ۱٪، ۲٪ و ۴٪ درصد افزودنی  $Al_2O_3$  و  $Y_2O_3$  را در نسبت‌های مولی مختلف  $Al_2O_3:Y_2O_3$  برابر با ۲۳:۷۷، ۴۰:۶۰ و ۶۰:۴۰، بر سینترپذیری ممبران‌های SiC مورد بررسی قرار دادند. این بررسی در ۴ دمای  $1500^\circ C$ ،  $1600^\circ C$ ،  $1700^\circ C$  و  $1800^\circ C$  صورت گرفت. تغییرات چگالی نسبی به این صورت حاصل شد که با افزایش دما، میزان چگالی نسبی افزایش پیدا کرد. این افزایش در مورد ترکیبات با مقدار بیشتر  $Al_2O_3$  و مقدار بیشتر افزودنی محسوس‌تر است. علت پایین بودن چگالی نسبی در ترکیب افزودنی غنی از  $Y_2O_3$ ، گرانبوی بالای فاز مایع و در نتیجه جلوگیری از چگالش و انقباض



است. به عبارت دیگر با توجه به دمای پایین سینتر (حداکثر دما برابر با  $1800^{\circ}\text{C}$ )، مذاب گرانیوی لازم را برای تر کردن ذرات SiC ندارد و بنابراین فرآیند چگالش صورت نمی‌گیرد. علت محتمل دیگر می‌تواند عدم تشکیل فاز مایع در برخی نسبت‌های افزودنی باشد. اما با افزوده شدن میزان  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در ترکیب افزودنی، به تدریج گرانیوی کاهش پیدا کرده و مذاب قابلیت ترکنندگی ذرات SiC را پیدا می‌کند. اتفاق مشابه نیز با بیشتر شدن درصد افزودنی رخ می‌دهد. هر چه درصد افزودنی بیشتر باشد، ترشوندگی ذرات توسط فاز مایع نیز بهتر رخ می‌دهد.



شکل ۳- چگالی نسبی بر حسب میزان  $\text{Y}_2\text{O}_3$  موجود در مجموع ۱۰٪ وزنی افزودنی در دمای  $1850^{\circ}\text{C}$  (مثلث)،  $1900^{\circ}\text{C}$  (دایره)،  $1950^{\circ}\text{C}$  (لوزی) و  $2000^{\circ}\text{C}$  (مربع) [۲۱].

### ۳- نتیجه‌گیری

جهت سینتر فاز مایع SiC توسط  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ، نسبت‌های مختلفی از این دو افزودنی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نسبت‌های مولی مختلف  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Y}_2\text{O}_3$  فازهای YAG، YAP و YAM می‌توانند ایجاد شوند. فاز YAM فازی غنی از ایتریا و فاز YAG غنی از آلومینا است. استفاده از نسبت‌های مولی مختلف باعث ایجاد خواص فیزیکی و مکانیکی متفاوتی می‌شود. عمده افت وزنی در سیستم افزودنی آلومینا و ایتریا توسط واکنش SiC و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و همچنین تبخیر مستقیم آلومینا صورت می‌گیرد. با افزایش میزان ایتریا در ترکیب افزودنی‌ها، به تدریج قابلیت ترشوندگی ذرات کاربید سیلیسیم توسط فاز مایع کاسته می‌شود. بنابراین در سینتر فاز مایع کاربید سیلیسیم توسط این سیستم افزودنی، نسبتی بایستی انتخاب شود که بتواند در دمای سینتر، ذرات کاربید سیلیسیم را به خوبی تر کند و به علاوه میزان افت وزنی در آن کنترل شده باشد.

### مراجع

- [1] E. Ciudad, O. Borrero-López, F. Rodríguez-Rojas, A. Ortiz, and F. Guiberteau, "Effect of intergranular phase chemistry on the sliding-wear resistance of pressureless liquid-phase-sintered  $\alpha$ -SiC," *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 32, pp. 511-516, 2012.
- [2] K. Strecker, S. Ribeiro, D. Camargo, R. Silva, J. Vieira, and F. Oliveira, "Liquid phase sintering of silicon carbide with  $\text{AlN}/\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Y}_2\text{O}_3$  and  $\text{SiO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$  additions," *Materials Research*, vol. 2, pp. 249-254, 1999.
- [3] G. L. Harris, *Properties of silicon carbide*: let, 1995.
- [4] K.-H. Zum Gahr, R. Blattner, D.-H. Hwang, and K. Pöhlmann, "Micro-and macro-tribological properties of SiC ceramics in sliding contact," *Wear*, vol. 250, pp. 299-310, 2001.
- [5] J. Kriegesmann, *Processing of Silicon Carbide-Based Ceramics* vol. 2. Comprehensive Hard Materials Department of Materials Technology, Glass and Ceramics, University of Applied Sciences Koblenz, 2014.
- [6] S. Suyama, T. Kameda, and Y. Itoh, "Development of high-strength reaction-sintered silicon carbide," *Diamond and related materials*, vol. 12, pp. 1201-1204, 2003.
- [7] J. H. Eom, Y. K. Seo, and Y. W. Kim, "Mechanical and Thermal Properties of Pressureless Sintered Silicon Carbide Ceramics with Alumina-Yttria-Calcia," *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 99, pp. 1735-1741, 2016.
- [8] Z. H. Huang, D. C. Jia, Y. Zhou, and Y. J. Wang, "Effect of a new additive on mechanical properties of hot-pressed silicon carbide ceramics," *Materials Research Bulletin*, vol. 37, pp. 933-940, 2002/04/01/ 2002.
- [9] H. Liang, X. Yao, J. Zhang, X. Liu, and Z. Huang, "Low temperature pressureless sintering of  $\alpha$ -SiC with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{CeO}_2$  as additives," *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 34, pp. 831-835, 2014/03/01/ 2014.

- [10] J.-H. Eom, Y.-K. Seo, Y.-W. Kim, and S.-J. Lee, "Effect of additive composition on mechanical properties of pressureless sintered silicon carbide ceramics sintered with alumina, aluminum nitride and yttria," *Metals and Materials International*, vol. 21, pp. 525-530, May 01 2015.
- [11] J.-H. Eom, Y.-W. Kim, and I.-H. Song, "Effects of the initial  $\alpha$ -SiC content on the microstructure, mechanical properties, and permeability of macroporous silicon carbide ceramics," *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 32, pp. 1283-1290, 2012/06/01/ 2012.
- [12] Z. H. Huang, D. C. Jia, Y. Zhou, and Y. G. Liu, "A new sintering additive for silicon carbide ceramic," *Ceramics International*, vol. 29, pp. 13-17, 2003/01/01/ 2003.
- [13] E. Gomez, J. Echeberria, I. Iturriza, and F. Castro, "Liquid phase sintering of SiC with additions of Y2O3, Al2O3 and SiO2," *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 24, pp. 2895-2903, 2004/08/01/ 2004.
- [14] C.-Y. Liu, W.-H. Tuan, and S.-C. Chen, "Ballistic performance of liquid-phase sintered silicon carbide," *Ceramics International*, vol. 39, pp. 8253-8259, 2013/09/01/ 2013.
- [15] O. Borrero-López, A. L. Ortiz, F. Guiberteau, and N. P. Padture, "Effect of liquid-phase content on the contact-mechanical properties of liquid-phase-sintered  $\alpha$ -SiC," *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 27, pp. 2521-2527, 2007.
- [16] Y. Jiang, L. Wu, Z. Wei, and Z. Huang, "Phase relations in the SiC–Al2O3–Y2O3 system," *Materials Letters*, vol. 165, pp. 26-28, 2016/02/15/ 2016.
- [17] N. Zhang, H. Ru, Q. Cai, and X. Sun, "The influence of the molar ratio of Al2O3 to Y2O3 on sintering behavior and the mechanical properties of a SiC–Al2O3–Y2O3 ceramic composite," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 486, pp. 262-266, 2008.
- [18] H. K. Yoon, Y. J. Lee, H. J. Cho, and T. G. Kim, "A study on the role of sintering additives for fabrication of SiC ceramic," *International Journal of Modern Physics B*, vol. 24, pp. 2928-2933, 2010.
- [19] G. Wang, "Densification and Mechanical Properties of  $\beta$ -SiC with Alumina and Yttria Additions," Doctor of Philosophy, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Queen's University, 1999.
- [20] A. Can, M. Herrmann, D. S. McLachlan, I. Sigalas, and J. Adler, "Densification of liquid phase sintered silicon carbide," *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 26, pp. 1707-1713, 2006/01/01/ 2006.
- [21] J. She and K. Ueno, "Densification behavior and mechanical properties of pressureless-sintered silicon carbide ceramics with alumina and yttria additions," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 59, pp. 139-142, 1999.
- [22] M. Fukushima, Y. Zhou, and Y.-i. Yoshizawa, "Fabrication and microstructural characterization of porous SiC membrane supports with Al2O3–Y2O3 additives," *Journal of Membrane Science*, vol. 339, pp. 78-84, 2009.

# معرفی پایان نامه‌های دانشجویی

## پایان نامه دکتری

بررسی سینتیکی و تعیین سازوکار جوانه‌زنی و رشد شیشه-سرامیک  
اکسی فلوریدی سیستم  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$  با استفاده از آلاینده‌های  
 $\text{Y}_2\text{O}_3, \text{V}_2\text{O}_5, \text{Pr}_2\text{O}_3$

دانشجو: میترا سلیمانی زارآباد

استاد راهنما: محمد رضوانی

استاد مشاور: بیژن افتخاری یکتا

دانشگاه تبریز

**چکیده:** تا کنون مطالعات کمی در زمینه بررسی‌های سینتیکی شیشه‌های اکسی فلوریدی انجام شده است. در این تحقیق برای اولین بار مطالعات سینتیکی به صورت جامع شامل محاسبه انرژی فعال‌سازی جوانه‌زنی و رشد به صورت جداگانه و محاسبه ثوابت سینتیکی بر روی شیشه‌های اکسی فلوریدی به روش LSM انجام شده است. سرعت‌های جوانه‌زنی و رشد برای اولین بار در یک سیستم شیشه اکسی فلوریدی محاسبه شد و همچنین برای نخستین بار نمودار T.T.T. برای یک سیستم شیشه-سرامیک اکسی فلوریدی رسم شد. در این تحقیق ابتدا رفتار جوانه‌زنی و رشد شیشه-سرامیک اکسی فلوریدی  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$  بررسی می‌شود. آلاینده‌های  $\text{Y}_2\text{O}_3, \text{V}_2\text{O}_5, \text{Pr}_2\text{O}_3$  در مقادیر مختلف از ۰ تا ۱/۵ درصد وزنی افزوده می‌شوند. بر اساس آرایه‌های اورتوگونال تاگوشی، ۱۶ نمونه شیشه‌ای با مقادیر متفاوت آلاینده در دمای  $1450^\circ\text{C}$  به مدت یک ساعت ذوب و سپس ریخته‌گری می‌شوند. تعیین دمای  $T_g, T_n$  و  $T_p$  شیشه‌ها با استفاده از آنالیز حرارتی DTA انجام شد. اثر هر یک از افزودنی‌ها بر تغییر دمای شیشه‌ای شدن بررسی شد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که  $\text{Y}_2\text{O}_3$  در مقادیر (۰ تا ۱٪ وزنی) در نقش شبکه ساز و در مقادیر بیشتر از ۱ wt% وزنی در نقش دگرگون‌ساز در شبکه ظاهر می‌شود.  $\text{V}_2\text{O}_5$  نقش دگرگون‌سازی در شیشه داشته و  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  به عنوان شبکه‌ساز عمل می‌کند. با توجه به نقش آلاینده‌های مختلف در موقعیت و شکل پیک تبلور و با توجه به طیف‌های نشری شیشه و شیشه-سرامیک‌ها، ترکیب  $(\text{V}_2\text{O}_5/1\text{Pr}_2\text{O}_3, 5/1\text{Y}_2\text{O}_3, 5/1)$  بر حسب درصد وزنی با عنوان شیشه  $\text{GY1.5P1.5V1.5}$  به عنوان ترکیب مطلوب با دمای بیشینه تبلور  $690^\circ\text{C}$  برای بررسی‌های سینتیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. ثوابت سینتیکی با استفاده از مدل‌های ماتوسیتا و LSM تعیین شدند. روش LSM در مقایسه با روش ماتوسیتا روش کامل‌تری بوده و جزئیات بیشتری از ثوابت سینتیکی شامل  $n=2/39, p=Q176, \rho=Q121, G=Q147\text{KJ/mo}$  را به دست می‌دهد. نتایج حاصل از روش LSM با نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی عبوری همخوانی دارد. در روش LSM جوانه‌زنی آوارمی، رشد تحت کنترل نفوذ و سه بعدی پیش‌بینی شد که با تصاویر میکروسکوپی و بررسی‌های ریزساختاری تطابق بیشتری دارد. برای اولین بار سرعت‌های رشد در دمای رشد، جوانه‌زنی در دمای جوانه‌زنی و دمای رشد برای شیشه اکسی فلوریدی  $\text{GY1.5P1.5V1.5}$  به ترتیب برابر با  $67/0=690U, nm.sec-1$  و  $1012x4/3=IG$  و  $m-3.sec-1$  محاسبه شد. همچنین میزان دقیق فاز متبلور شده در نمونه  $\text{GY1.5P1.5V1.5}$  با استفاده از روش اوهلبرگ-استریکلر تعیین شده و نمودارهای S شکل مربوط به درصد استحاله کرده بر حسب دما رسم شدند. با توجه به نمودارهای S شکل به دست آمده، نمودارهای T.T.T. برای درصد‌های ۱۰، ۵۰ و ۸۰ استحاله کرده شیشه-سرامیک‌ها نیز رسم شدند.

## پایان نامه کارشناسی ارشد

### مطالعه و بررسی امکان استفاده از اینسرت‌های سرامیکی در قالب اکستروژن سرامیک رس

دانشجو: حسن میامی

استاد راهنما: خلیل خلیلی

دانشگاه بیرجند

**چکیده:** سرامیک‌های مهندسی به دلیل خواص منحصر به فرد خود مانند: نقطه ذوب بالا، مقاومت در برابر خوردگی، استحکام و سختی بالا، به‌طور گسترده در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. از بین سرامیک‌های مهندسی، آلومینا به دلیل خواص سایشی، مقاومت بالا در برابر خوردگی، استحکام و سختی بالای آن، به‌طور گسترده در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از انجام این تحقیق استفاده از قطعات سرامیکی از جنس آلومینا برای ساخت حفره و هسته‌های قالب آجر اکستروژن گل رس است. از آنجا که استفاده از قطعات فولادی در ساخت قالب‌های اکستروژن متداول است، سایش این قطعات به دلیل ماهیت فرآیند اکستروژن اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به اینکه که مقاومت به سایش سرامیک‌های پایه آلومینا بالا است، می‌توان از آن‌ها جهت افزایش عمر قالب‌های اکستروژن بهره برد. در پژوهش حاضر پنج ترکیب مختلف سرامیکی با درصدهای متفاوت آلومینا تهیه و برای ساخت هسته‌های سرامیکی قالب آجر مورد استفاده قرار گرفت. مقدار کاهش حجم این هسته‌ها در دو مرحله جهت تولید یک و دو میلیون قطعه آجر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از آزمون پین روی دیسک، مقدار سایش این ترکیب‌ها نیز مورد مقایسه قرار گرفت. طبق محاسبات انجام شده در پژوهش حاضر، هزینه تولید آزمایشگاهی یک قطعه اینسرت سرامیکی آلومینا ۹۷ درصد، ۴۰ درصد کمتر از همان نمونه و با جنس فولاد ابزار است و در صورتی که این قطعات در تیراژ ۲۰۰۰ قطعه تولید گردند کاهش هزینه‌ها ۹،۵ برابر کمتر می‌شود. این در حالی است که ضریب نرخ سایش ویژه اندازه‌گیری شده برای سرامیک آلومینا ۹۷ درصد،  $0/000278$  و فولاد ابزار d3،  $0/000328$  اندازه‌گیری گردید، مقایسه این مقادیر نشان می‌دهد قطعات سرامیکی از جنس آلومینا ۹۷ درصد و ۹۲ درصد استحکام سایشی قابل قبولی را جهت استفاده در قالب اکستروژن ارائه می‌دهند.

### بررسی اثر افزودن عوامل فوم‌زا بر زینترپذیری، رفتار تبلور و قابلیت فومی شدن شیشه-سرامیک‌های تهیه شده از سرباره فولاد

دانشجو: محمدحسین مردی

اساتید راهنما: آیدا فایقی‌نیا، اشکان کشاورزی

پژوهشگاه مواد و انرژی

**چکیده:** سرباره آمورف کوره قوس الکتریک شرکت فولاد مبارکه، برای تهیه فوم شیشه سرامیک مورد استفاده قرار گرفت. برای بهبود خواص فومی شدن و دست یابی به فاز ویسکوز، ضایعات شیشه سودالایم فلوت (شیشه پنجره)، به مقدار ۵۰ درصد وزنی اضافه شده و با سینتر نمونه‌های دارای فوم‌زای SiC، از ۸۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد، بر پایه این ترکیب بهینه گردید. دمای بهینه به دست آمده برای تاثیر سرباره در فومی شدن ترکیب، ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به دست آمد. در ادامه، برای مطالعه تاثیر کاستن و یا افزودن میزان ضایعات شیشه، درصدهای مختلفی از آن به سرباره افزوده شده و همراه با عوامل فوم‌زا سینتر گردید و مشاهده شد که در دمای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد، افزودن ۵۰ درصد وزنی شیشه، از نقطه نظر دانسیته و استحکام به شکل همزمان، میزان بهینه است. برای انتخاب توزیع اندازه ذرات، و دانسیته خام مناسب برای فوم‌زایی، نمونه‌ها با چند توزیع



ریز، درشت و متوسط در سه فشار پرس ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ مگاپاسکال پرس گردیده و چهار نوع توزیع دارای تراکم بالا، همراه با عوامل فومزا مخلوط و زینتر گردیدند. مشاهده شد که علی‌رغم دانسیته خام بالای نمونه GS3 (1/79) گرم بر سانتیمتر مکعب) که دارای توزیع درشت اندازه ذرات (میانگین ۱۲۰ میکرون) است، قابلیت فومی شدن نمونه GS5 با توزیع ریز (میانگین ۵۰ میکرون) و دانسیته خام کمتر (۲۲/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب)، بسیار بیشتر است. به طوری که دانسیته بعد از پخت GS3 برابر با ۸۴/۰، و GS5 0/43 گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. پنج نوع عامل فومزا شامل کاربید سیلیسیم، کربنات کلسیم، اکسید کروم، گرافیت و کربنات باریم در پنج میزان مختلف به ترکیب پایه اضافه گردید و خواص فیزیکی و تبلور حاصل از این فومزها مطالعه شد. فاز کریستالی تبلور شده غالب در استفاده از همه‌ی این فومزها وولاستونیت و شبه وولاستونیت بود. بیشترین افزایش حجم مربوط به نمونه ۵ درصد وزنی باریم کربنات بوده است. بیشترین میزان تخلخل مربوط به نمونه‌ی حاوی ۱ درصد وزنی SiC می‌باشد. بالاترین استحکام فشاری در بین سه ترکیب تایید شده از لحاظ ریزساختار مربوط به نمونه‌ی ۱ درصد وزنی کربنات کلسیم به میزان ۸/۴ مگاپاسکال می‌باشد. همچنین توزیع تخلخل‌ها در تمامی فومزهای استفاده شده غیر یکنواخت بوده و تنها اکسید کروم توزیع بهتری نسبت سایرین دارد.

## ایجاد پوشش جدید (SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZrO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O)

### بر سطح آلیاژ Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V به روش روکش کاری لیزری

دانشجو: پویا کریمیان

اساتید راهنما: منیره گنجعلی، اشکان کشاورزی

پژوهشگاه مواد و انرژی

#### چکیده:

در این مطالعه قصد بر آن است، با طراحی یک پوشش شیشه-سرامیکی جدید، مقاوم به سایش، پایدار در دماهای بالا و چقرمگی شکست عالی به همراه چسبندگی خوب، امکان پوشش دهی آن را بر روی آلیاژ تیتانیومی Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V به کمک فناوری لیزر فراهم نموده و از آن در محیط‌های ساینده، دما بالا و تحت فشار بهره گرفت. برای این منظور، ابتدا پودرهای SiO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZrO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O با نسبت‌های معینی مخلوط و سپس تحت عملیات ذوب‌گیری در دمای ۱۵۰۰ °C مایع گردیدند. با توجه به تبلور شدن مذاب اولیه پس از عملیات ریخته‌گری درون قالب مسی (BG-15) و داخل آب (QBG-15)، ترکیب دیگری نیز جهت دستیابی به ساختاری آمورف تعریف گردید (FG-20). با توجه به آنالیزهای صورت گرفته و برتری شیشه‌های فریت شده (QBG-15 و FG-20)، از این دو ترکیب به عنوان پوشش‌های مینا جهت عمل پوشش‌دهی استفاده گردید. پس از عمل گرانول سازی پودر شیشه‌های فریت شده به طور جداگانه، هر کدام به تنهایی بر روی زیرلایه‌های از پیش آماده شده آلیاژ Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V اعمال پوشش گردیده و سپس درون کوره سینتر شدند. در فاز دوم این پروژه، پودر شیشه FG-20 پس از عمل آسیاب کاری، با محلول چسب ۱/۵ درصد CMC و حلال آب مقطر مخلوط شده و به حالت محلول تغلیظ شده درآمد و سپس با ضخامت مشخص بر روی زیرلایه‌های از پیش آماده شده پوشش داده شد. در مرحله آخر نیز نمونه‌های تهیه شده تحت تأثیر اشعه لیزر قرار گرفته و سینتر شدند. در مشخصه‌یابی نمونه‌ها، خصوصیات فازی، ریزساختاری، مورفولوژی سطحی، سختی و مقاومت به سایش هر دو گروه پوشش، مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که چون در نمونه‌های کوره، پودر پوشش از ابتدا کاملاً آمورف نشده بود، در نتیجه نمی‌توان واژه شیشه-سرامیک را برای آنها پس از انجام عملیات-حرارتی استفاده نمود. پس از مشخصه‌یابی نمونه‌ها مشخص گردید که تقریباً فازهای یکسانی درون پوشش‌ها (نمونه‌های تهیه شده توسط کوره و لیزر) تشکیل شده است، ولی با این تفاوت که میزان چسبندگی در نمونه‌های لیزرکاری شده مطلوب‌تر از نمونه‌های تهیه شده توسط کوره ظاهر شده‌اند. بر اساس آزمون میکروسختی سنجی و ویکرز، میزان سختی پوشش‌های تولید شده توسط هر دو تکنیک کوره و لیزر، حدود ۵-۲ برابر زیرلایه فلزی فاقد پوشش بوده و همچنین آزمون سایش مشخص نمود که میزان کاهش وزن نمونه‌های فاقد پوشش، حدود ۲۱ برابر نمونه‌های اعمال پوشش شده توسط لیزر بوده است.

# اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران

## اعضای حقوقی ویژه انجمن سرامیک ایران



### شرکت پویا همراه سرام (بازرگانی و مهندسی مشاور)

مدیرعامل: مهندس محسنی طارم‌سری  
 آدرس دفتر مرکزی: تهران، تهرانپارس، خیابان رشید، نبش خیابان ۱۴۴ غربی، ساختمان امیرکبیر، طبقه ۲، واحد ۱۰  
 تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۲۹۵۴۹۸  
 نشانی سایت: [www.phceram.com](http://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](http://www.irrep.com)



### لعبیران

مدیرعامل: دکتر نعمتی  
 آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان گاندی شمالی، کوی شهید صانعی، شماره ۲۵  
 تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۹۵۱۴۱-۲  
 نشانی سایت: [www.loabiran.com](http://www.loabiran.com)



### شرکت سهامی شیشه قزوین (عام)

مدیرعامل: مهندس محمدرضا علاقندیان  
 آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان استاد مطهری، خیابان شهید سرافراز، پلاک ۳۴  
 تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۳۱۵۱۵  
 نشانی سایت: [www.ghazvinglass.com](http://www.ghazvinglass.com)

### Glassworks Hounsell Ltd

مدیرعامل: Mr. William Brinkman  
 آدرس دفتر مرکزی: Glassworks Hounsell, Park Lane, Halesowen, West Midlands, United Kingdom  
 تلفن دفتر مرکزی: ۴۴-(۰)-۱۳۸۴۵۶۰۶  
 فاکس: ۴۴-(۰)-۱۳۸۴۵۶۱۳۶  
 نشانی سایت: <http://www.glassworkshounsell.co.uk>



### مجتمع کارخانجات تولیدی توس چینی

مدیرعامل: مهدی کامران نجار  
 آدرس دفتر مرکزی: مشهد، ضلع غربی میدان احمدآباد، پلاک ۱۲  
 تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۸۴۱۶۸۸۰  
 نشانی سایت: [www.toosporcelain.com](http://www.toosporcelain.com)

## اعضای حقوقی ممتاز انجمن سرامیک ایران

دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

مدیریت: دکتر متین

آدرس: دزفول، کوی آزادگان، دانشگاه آزاد اسلامی

تلفن دفتر مرکزی:

۰۶۴-۱۶۲۶۲۰۹۰

نشانی سایت:

www.iaud.ac.ir

چینی بهداشتی آرمیتاژ

مدیرعامل: مهندس محمدحسین وکیلی مقدم

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

طبقه دوم، آپارتمان شماره ۷

تلفن دفتر مرکزی:

۰۲۱-۸۸۷۹۰۲۲۷

نشانی سایت: http://www.armitagesw.com

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات 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

شایراد تجارت پارس

مدیرعامل: مهندس اتحادی

آدرس: تهران، خیابان آفریقا،

خیابان فرزاد غربی، پلاک ۸۰، واحد

۱۱

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۴۸۳۱۰

نشانی سایت: www.shyrad.com

شرکت لیمون چینی آراد

مدیرعامل: مهندس مسعود ایمانی

آدرس کارخانه: مشهد، شهرک صنعتی توس، فاز یک، بلوار صنعت،

نیش صنعت ۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱-۳۵۴۱۲۴۲۴

نشانی سایت: www.lemonporcelainarad.ir

شرکت دانش بنیان شیمیایی درفش کاویان راد

مدیرعامل: دکتر مهدی احمدی

آدرس دفتر مرکزی: کیلومتر ۴۰

جاده مشهد، فریمان، شهرک

صنعتی کاویان، فاز یکم، خیابان

صنعت ۱۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۶-۳۴۶۹۳۵۸۴

کاشی گرانیات 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 ایران

مدیرعامل: مهندس لقمانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان بهار شیراز،

خیابان سلیمان خاطر، بعد از ملابری‌پور، پلاک ۵۱

واحد ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۳۴۳۴۰۸

نشانی سایت: www.irefco.ir

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



## اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران

## آپادانا سرام

مدیر عامل: مهندس نجفی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

ملاصدرا، روبروی بیمارستان بقیه‌الله،

کوچه گلدهشت، گلدهشت یکم، پلاک ۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۴۳۱۰۰۰۰

نشانی سایت: www.apadanaceram.com



## آریا تهران سرام

مدیر عامل: محمد علی سلیمانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیرازی

جنوبی، خیابان اتحاد، پلاک ۴، واحد ۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۵۹۶۱۰



IRAN L.M.D.

## ایران ایمدی

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



## اشکان پارت آفرین

مدیر عامل: دکتر غفاری

آدرس دفتر مرکزی: کرج، گلشهر ویلا رودکی

غربی، پلاک ۲۷۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۶۳-۶۶۷۰۸۳۶

## پارس کائولن

مدیر عامل: مهندس صمدی

آدرس: طبس، 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 حسین آباد، 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: ۰۲۱-۸۸۷۷۱۶۲۶-۲۷

نشانی سایت: www.merc.ac.ir

پژوهشگاه  
مواد و انرژی

## پیشرو ذوب آتور

مدیر عامل: مهندس ملایی داریانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان احمد

قصیر، کوچه یکم، پلاک ۶، واحد ۱۰

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۴۹۸۸۴

نشانی سایت: www.pishrozob.com



## پیشگامان سرامیک برسام

مدیر عامل: مهندس سرجهانی

آدرس دفتر مرکزی: شیراز، بلوار امیرکبیر برج صنعت

ورودی ۳، طبقه ۴، واحد ۴۱۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۷۱-۳۸۳۸۵۴۴۴

نشانی سایت: www.barsamceram.com

برسام  
سرامیک پیشگامان

## 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

سامان کاشی  
SAMAN TILE



**تولیدی و مهندسی نسوزین**

تولیدی و مهندسی نسوزین

**تهیه و تولید خاک نسوز استقلال آباده**

مدیرعامل: مهندس زارعی  
آدرس دفتر مرکزی: آباده، چهارراه جوادیه  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۷۱-۴۴۳۳۷۹۹۷

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](http://www.nasoozin.com)

**چینی اصفهان**

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

**تهیه و تولید مواد اولیه آریاکانی اسپادانا**

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

**چینی زرین ایران**

مدیرعامل: مهندس قصابی  
آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک،  
خیابان ونک، ساختمان شماره ۲۵  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۷۰۰۴۴  
نشانی سایت: [www.zariniran.com](http://www.zariniran.com)

**چینی بهداشتی ارس**

مدیرعامل: 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](http://www.arasind.com)

**دانشگاه ملایر**

مدیریت: دکتر علیرضا سوری  
آدرس: دانشگاه ملایر، دانشکده فنی و مهندسی،  
گروه مهندسی مواد  
تلفن: ۰۸۱-۳۲۳۵۵۴۶۵  
نشانی سایت: [www.malayeru.ac.ir](http://www.malayeru.ac.ir)

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

مدیرعامل: مهندس نوروزی  
آدرس دفتر مرکزی: خیابان ولیعصر، نرسیده به  
پل پارک وی، کوچه خاکزاد، پلاک ۲۱، طبقه اول  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۱۸۱۰۷

**رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام**

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

**دورا سرام ایساتیس**

مدیرعامل: 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](http://www.Doramic.com)

**سارا لعاب میبد**

مدیرعامل: مهندس جعفری پور میبیدی  
آدرس دفتر مرکزی: میبد، شهرک  
صنعتی جهان آباد، بلوار نسترن شمالی  
صنعت ۵  
کدپستی: ۸۹۶۵۱۳۶۴۹۳  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۲-۷۷۷۲۲۲۸  
نشانی سایت: [www.saralaab.com](http://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](http://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](http://www.aic.ir)

**ساگار و قطعات نسوز**

مدیرعامل: مهندس معرفتی  
**آدرس:** مرند، کیلومتر ۵ جاده قدیم جلفا،  
 شهرک صنعتی سرامیکی  
**تلفن:** ۰۴۱-۴۲۲۲۳۸۲  
**نشانی سایت:** [www.saggarmfg.com](http://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](http://www.ceramara.ir)

**ذوب و نسوز ایرانیان**

مدیرعامل: میثم محامی  
**آدرس:** تهران، خیابان شهید رجایی، نرسیده به ایستگاه مسجد مادر،  
 نبش کوچه ۷۳، پلاک ۷۷  
**تلفن دفتر مرکزی:** ۰۲۱-۵۵۰۱۹۵۳۹  
**نشانی سایت:** [www.zobiranco.com](http://www.zobiranco.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](http://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](http://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](http://www.nilooartile.com)

**صنایع کاشی زرین خراسان**

مدیرعامل: مهندس عمید متشرف  
**آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان  
 ملاصدرا، خیابان شیراز جنوبی، پلاک ۹۹،  
 طبقه اول  
**تلفن دفتر مرکزی:** ۰۲۱-۸۸۰۶۷۶۸۱  
**نشانی سایت:** [www.zarrintile.com](http://www.zarrintile.com)

**صنایع کاشی و سرامیک سینا**

مدیرعامل: مهندس عزیزیان  
**آدرس دفتر مرکزی:** تهران، بلوار میرداماد، بعد از  
 میدان مادر، پلاک ۲۳  
**تلفن دفتر مرکزی:** ۰۲۱-۲۲۲۷۲۳۰۱  
**نشانی سایت:** [www.sinatile.ir](http://www.sinatile.ir)

**صنایع کاشی و سرامیک الوند**

مدیرعامل: مهندس  
 هوشیار  
**آدرس دفتر مرکزی:**  
 تهران، خیابان آفریقا، بالاتر از چهارراه اسفندیار، کوچه شهید سعیدی،  
 پلاک ۲۳  
**تلفن دفتر مرکزی:** ۰۲۱-۲۲۰۵۷۸۱۱  
**نشانی سایت:** [www.alvancer.com](http://www.alvancer.com)

**صنعت سرام**

مدیرعامل: مهندس غفاری

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۷۲۳۵۸۹

**فرآورده‌های نسوز آذر شهاب تبریز**

مدیرعامل: مهندس صدیقی

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۴۱-۳۵۵۱۸۴۴۱

نشانی سایت: [www.azarshahab.com](http://www.azarshahab.com)**فرآورده‌های نسوز پارس**

مدیرعامل: مهندس حیدرپور

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](http://www.pars-ref.ir)**کائولین و خاک‌های نسوز خراسان**

مدیرعامل: مهندس زیارت نیا

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۷۶۷۳۰۳۴-۵

نشانی سایت: [www.kaolin-co.com](http://www.kaolin-co.com)**کاشی تیما**

مدیرعامل: دکتر ناصری

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۵۴۱۳۹۹۰

نشانی سایت: [www.tima-tile.com](http://www.tima-tile.com)**کاشی ستاره میبد**

مدیرعامل: 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](http://www.setarehtile.com)**کاشی طوس**

مدیرعامل: مهندس توکلی فرد

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، خیابان سناباد، جنب داروخانه سناباد، ساختمان ۴۶۵، طبقه ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳-۸۴۱۶۴۱۸

نشانی سایت: [www.toostileco.com](http://www.toostileco.com)**کاشی فیروزه مشهد**

مدیرعامل: مهندس مسعود فولادکار

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](http://www.firoozehtile.com)**کاشی کرد**

مدیرعامل: مهندس چنگیزی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، سهروردی شمالی، هویزه شرقی، پلاک ۳۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۳۵۲۳۳۳۳

نشانی سایت: [www.cordgroup.com](http://www.cordgroup.com)**کاشی مرجان**

مدیرعامل: مهندس معصومی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان چهار باغ بالا، کوچه کاویان، پلاک ۴۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۳-۶۲۴۸۰۱۹

نشانی سایت: [www.marjantileco.com](http://www.marjantileco.com)**کاشی مسعود ایران**

مدیرعامل: مهندس فرشادپور

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

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۶۲۱۲۶۳۵-۳۷

نشانی سایت: [www.masoudtile.com](http://www.masoudtile.com)**کاشی نوآوران**

مدیرعامل: مهندس طباطبایی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، میبد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار مریم

تلفن: ۰۳۵۳-۲۳۷۲۱۹۳

نشانی سایت: [www.noavaranceramics.ir](http://www.noavaranceramics.ir)



### گروه پاترون (پات روشن نیکتا)

مدیر عامل: مهندس عباس کلانتر

آدرس: تهران، خیابان ملاصدرا، پلاک ۱۶۲، طبقه چهارم  
تلفن: ۰۲۱-۸۸۲۱۰۸۹۰

نشانی سایت: [www.patron.group](http://www.patron.group)

### کسری لعاب میبد

مدیر عامل: مهندس میرحسینی

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



### لعاب مارال میبد

مدیر عامل: دکتر داود قهرمانی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، میبد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار نسترن شمالی، خیابان صنعت ۹

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵-۳۲۳۷۴۰۹۶-۷  
نشانی سایت: [www.maralloab.ir](http://www.maralloab.ir)



### گلزار فارس

مدیر عامل: مهندس فرحمند

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان کریم خان زند، خیابان سپهبد قرنی، خیابان برادران شاداب، پلاک ۳۳، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۰۸۰۴۴  
نشانی سایت: [www.golsarfars.com](http://www.golsarfars.com)

### لعاب یاس فارس

مدیر عامل: مهندس کریمی علویچه

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



### لعاب مشهد

مدیر عامل: دکتر یوسفی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیراز جنوبی، کوچه اتحاد، پلاک ۱۴، طبقه ۲  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۳۶۹۶

نشانی سایت: <http://www.mashhadglaze.com>



### مجتمع تولیدی چینی مقصود

مدیر عامل: مهندس ایمانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از پارک ساعی، نبش کوچه ۳۴، پلاک ۱۱۵۹، طبقه ۲  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۶۹۸۵

نشانی سایت: [www.maghsoudporcelain.com](http://www.maghsoudporcelain.com)

### مجتمع تولید چینی بهداشتی نوین سرام

مدیر عامل: مهندس حقی

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، چهارراه ابوطالب، مجتمع برجیس، طبقه دوم، واحد ۳  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱-۱۷۲۷۶۰۳۳

نشانی سایت: [www.novinceram.com](http://www.novinceram.com)



### معدنی و صنعتی سوراوجین عقیق

مدیر عامل: مهندس معصومی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، سعادت آباد، خیابان علامه شمالی، انتهای کوچه اقبال ملی، پلاک ۱، واحد ۲  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۸۱۳۷۳

نشانی سایت: [www.iranclay.com](http://www.iranclay.com)



### مجتمع صنعتی اردکان (چینی رز)

مدیر عامل: مهندس ضرابیه

آدرس دفتر مرکزی: یزد، چهارراه یزد باف، ساختمان یزدباف، طبقه ۲  
تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۳-۵۲۲۹۷۶۰

نشانی سایت: [www.chinirose.com](http://www.chinirose.com)



مفید شیشه

مدیر عامل: مهندس موسوی کریمی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان

ولیعصر، پایین‌تر از میدان ونک، شماره

۲۵۴۰، طبقه ۷

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۶۶۴۸۱۱

نشانی سایت: [www.mofidglass.com](http://www.mofidglass.com)مقره سازی ایران

مدیر عامل: دکتر کورنگی

آدرس دفتر مرکزی: تهران،

خیابان بهار جنوبی، کوچه

نیلوفر، شماره ۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۵۲۸۶۴۲

نشانی سایت: [www.iraninsulator.com](http://www.iraninsulator.com)شرکت مقره‌سازی ایران  
«مانه»  
Iran Insulator Co.مهفام جام (سهامی خاص)

مدیر عامل: مهندس دهقان

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

چهاردهم غربی، پلاک ۲۶، طبقه ۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۵۱۵۰۱۵

# تقویم رویدادهای سرامیک

## 7th Conference on electrophoretic deposition (EPD 2020)

New Mexico, USA

Nov, 8-13 2020

[https://www.dkg.de/en/events/congresses\\_and\\_conferences/event/217](https://www.dkg.de/en/events/congresses_and_conferences/event/217)

## ceramitec 2021

Munich, Germany

May, 18-21 2021

## Materials Science & Technology (MS&T) 2020

United States

April, 4-8 2020

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

## Hybrid Materials and Structures 2020

Karlsruhe, Germany

April, 28-29 2020

<https://hybrid2020.dgm.de/zur-konferenz/begrueessung/>

## The 5th Bioinspired Materials

Irsee (Germany)

March, 16-19 2020

<https://bioinspired2020.dgm.de/home/>

## The 17th Electroceramics Conference

Germany

August, 24-27 2020

[www.electroceramicsXVII.org](http://www.electroceramicsXVII.org)

## 8th International Congress on Ceramics (ICC7) 2020

Busan- korea

August, 23-27 2020

[www.icc8.org](http://www.icc8.org)

## 81st Conference on Glass Problems (GPC)

Ohio USA

October, 26-29 2020

<https://glassproblemsconference.org/>

