

جلد ۱۷ شماره ۱ بهار ۱۴۰۰ ISSN: 1880-8801 « با درجهٔ علمی »

> صاحب امتياز: انجمن سراميك ايران **مدیر مسئول:** دکتر مسعود محبی سردبير: دكتر سعيد باغشاهي مدير اجرايي: سعيده عليشاهي

نشانی: تهران، نارمک، دانشگاه علـم و صـنعت ایـران، دانشـکدهٔ مهندسی مواد و متالورژی، دفتر انجمن سرامیک ایران تلفن: ۷۷۸۹۹۳۹۹ دورنگار: ۷۷۸۹۹۳۹۹ پست الکترونیکی: info@jicers.ir نشانی سایت اینترنتی: www.jicers.ir طراحی، گرافیک و صفحه آرایی: تمام طرح ۷۷۲۰۹۲۲۸

اصلاح و خلاصه کردن مطالب با نظر مترجمان و نویسندگان انجام می شود. مسئولیت محتوای مقالات به عهدهٔ نویسندگان و مترجمان است. مطالب ارسالی بر گردانده نمی شود.

هیأت تحریریہ:

دکتر رحیم نقیزادہ دكتر پروين عليزاده دکتر رسول صراف ماموری على محمد هاديان دکتر مهری مشهدی دكتر عليرضا أقايى دكتر محمد رضوانى دکتر ابراهیم قاسمی دكتر سيروس جوادپور

کروہ مشاور ان:

دكتر على اصغر بهنام قادر مهندس نادر خلیلی مهندس سيروس روشنفكر فلاح مهندس محمد روشنفكر فلاح مهندس مير حسام الدين داعي نياكي شركت گل سرخ گستر أمل مهندس على زاويه مهندس حسين زجاجي مهندس محمود سالاريه دکتر آرمان صدقی دکتر احمد صفری مهندس حسين عزيزيان دکتر مهران غفاری دکتر عباس فاضلی دكتر كاووس فلامكى مهندس عباسعلي قصاعي مهندس حسين قصاعي دكتر ابراهيم قاسمى دكتر كاظم قنبرى دکتر مهرداد کشمیری دكتر عليرضا گنجى عقيق دكتر حميدرضا نعمتى دكتر امير عباس نوربخش

دانشگاه علم و صنعت ایران دانشگاه تربیت مدرس دانشگاه تربیت مدرس دانشگاه تهران دانشگاه مالک اشتر پژوهشگاه مواد و انرژی دانشگاه تبریز پژوهشگاه رنگ دانشگاه شیراز

پژوهشگاه مواد و انرژی فرآوردههای دیرگداز مهر آریان فارس شركت تجهيز مواد پيشگام انجمن توليـد كننـدگان كاشـي و سرامیک کشور انجمن صنفي كارفرمايي صنعت مواد نسوز انجمن صنفى صنعت شيشه شركت آرميتاژ دانشگاه بین الملل امام خمینی دانشگاه ایالتی نیوجرسی صنعت سيمان شركت اشكان پارت آفرين سازمان زمین شناسی کشور دانشگاه امیر کبیر شرکت چینی زرین ایران دانشگاه علم و صنعت ایران پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ دانشگاه شفیلد انگلستان دانشگاه بریتیش کلمبیا شركت معدني و صنعتي سوراوجين

> شركت لعابيران دانشگاه آزاد

فهرستعطالب:

١	اخبار و تازهها
١	اخبار انجمن سرامیک ایران
١	خدمت استادان محترم و انجمنهای علمی دانشجویی
۲	انتصاب سردبير جديد فصلنامه سراميك ايران
٣	گزارش چهارمین نمایشگاه بینالمللی صنعت شیشه
۱۰	دومین همایش بینالمللی تحقیقات در علوم و فناوری نانو
11	مجمع عمومي و انتخابات هيات مديره و بازرسين انجمن سراميك ايران
۴	اخبار شرکتها و مراکز پژوهشی
۱۴	ورود به بازارهای صادراتی با ممنوعیت واردات کاشی و سرامیک
14	سمپوزیوم سالانه شرکت روکاسرام عضو حقوقی انجمن سرامیک ایران
۱۵	انتشار اولین «کتابچه راهنمای فناوری» صنایع سرامیک توسط شرکت Sacmi
18	تأکید معاون هماهنگی امور عمرانی استانداری یـزد بـر ضـرورت تهیـه نقشـه راه بـرای
	صنعت کاشی و سرامیک استان
18	بهبود وضعیت صنعت کاشی و سرامیک جهان
١٧	تولید نانومواد اکسید روی برای ضدباکتری کردن لعاب کاشی و سرامیک در کشور
۱۸	ورود ایران به جمع ۵ کشور سازنده شیشههای "سوپر کلیر" یا "فوق شفاف"
۱۹	اخبار علمى
۱۹	استفاده از گرافن برای تشخیص سریع COVID-19
۲۰	آیا مکسنها آیندهی نانوفنا <i>ور</i> ی هستند؟
۲۱	سازوکار جدیدی برای ابررسانایی گرافن کشف شد
۲۲	لایهای از سه بلور، هزار برابر انرژی بیشتری در سلول خورشیدی تولید میکند
۲۳	مکسنهای با آنتروپی بالا که به تازگی کشف شدهاند، کاربردهای پیشرفتهای دارند
20	مقالات پژوهشی
۲۵	اعمال پوشش نانوساختار هیدروکسی آپاتیت–آلومینا–نقره اعمال شده بر روی
۳۵	مروری بر روش اکسیداسیون الکترولیتی پلاسمایی برای اصلاح سطح ایمپلنتهای فلزی
۴۳	رفتار الکتروشیمیایی ماده کاتدی LiNi _{0.5} Co _{0.2} Mn _{0.3} O2 پوشش داده شده با
81	ارائه مدل به منظور تخمین طول عمر مقره سرامیکی در آلودگیهای مختلف
٧٢	اثر افزودن روی بر ریزساختار و خواص آنتی باکتریال نانوذرات اکسید آهن تولید
۸۱	رشد نانوساختارهای دیسولفید مولیبدن <i>ر</i> وی فوم کربن ب <i>ه ر</i> وش هیدروترمال
٨٧	اعضاى حقوقي انجمن سراميك ايران
95	تقویم رویدادهای سرامیک

اخبار و تازهها

اخبار انجمن سرامیک ایران

خدمت استادان محترم و انجمنهای علمی دانشجویی

الجمن سراميكه

با توجه به نیاز دانشجویان به کتابهای منتشر شده توسط انجمن سرامیک ایران یا موجود در دفتر انجمن، تصمیم گرفته شده برای ایجاد دسترسی بیشتر دانشجویان به این کتابها بر اساس تقاضای استادان محترم حاضر در دانشگاههای سراسر ایران و یا دفاتر علمی دانشجویی، این کتب به تعداد به صورت امانت به این دوستان ارسال شود تا در اختیار دانشجویان آن دانشکده قرار بگیرد و بعد از فروش با انجمن تسویه شود.

لطفا استادانی که مایل به دریافت این کتابها هستند، برای هماهنگی با دفتر انجمن (۷۷۸۹۹۳۹۹-۰۲۱) تماس حاصل کنند.



روش،های عملی بررسی نمودارهای تعادلی فازی نویسندگان: واهاک کاسپاری مارقوسیان– مهران غفاری– اسماعیل صلاحی



فرآیند تولید کاشی و سرامیک مترجم: سافو هاشمی زنوز ویراستار: دکتر حسین سرپولکی

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٩٠٠

یا م



انتصاب سردبير جديد فصلنامه سراميك ايران

ضمن تشکر و قدردانی از زحمات جناب آقای دکتر علیرضا سوری به عنوان سردبیر سابق فصلنامه سرامیک ایـران، در تـاریخ ۲۳ خرداد ماه ۱۴۰۰، جناب آقای دکتر سعید باغشاهی، عضو هیات علمی دانشگاه بینالمللی امام خمینـی (ره)، بـه سـمت سـردبیری فصلنامه سرامیک ایران منصوب شدند.



۲

فصلنامه سرامیک ایران دوره ۱۷ شماره ۱ بهار ۲۰۰۰ فصلنامه سرامیک ایران



گزارش چهارمین نمایشگاه بینالمللی صنعت شیشه ۸ الی ۱۱ تیر ماه ۱۴۰۰ محل دائمی نمایشگاههای بینالمللی تهران

از آنجایی که که صنعت شیشه یکی از صنایع با ارزش افزوده بالا در میان صنایع جهان و کشور به حساب می آید، هدف از برگزاری نمایشگاه شیشه، توسعه این صنعت بر مبنای آینده پژوهی در صنعت شیشه و دستبابی به اهداف کلان و استراتژیهای مناسب است.

> جایگاه برتر صنعت شیشه ایران در میان کشورهای منطقه، شبکهسازی ملی و منطقهای برای رشد صنعت شیشه، تکمیل زنجیره ارزش صنایع داخلی و توسعه صنعت شیشه، توسعه تعامل با اقتصاد آزاد جهانی و توسعه صادرات، سرمایه گذاری داخلی و خارجی، انتقال و توسعه فناوری و تجاریسازی دانش و فناوری شیشه از دیگر اهداف راهبری برگزاری نمایشگاه صنعت شیشه در کشور است. تولید شیشه در تمام کشورهای جهان از صنایع مهم به حساب میآید و باتوجه به گستردگی کاربرد شیشه در صنعت و زندگی روزانه و اختصاص درصد مناسبی از اشتغال در جامعه ضرورت برگزاری تخصصی نمایشگاه بین المللی در این زمینه بیش از پیش احساس میشود.

> این نمایشگاهها تنها برای نمایش کالاها و انجام مذاکرات تجاری پیرامون آنها برگزار نمی شود، بلکه اطلاعات گوناگون در زمینه قیمتهای رقابتی در سطح جهانی، آخرین استانداردهای کیفی، آخرین پیشرفتهای صنعتی، دستاوردهای پژوهش علمی و ایدههای اقتصادی – فناوری نیز در خلال برگزاری نمایشگاهها مورد تبادل قرار می گیرند. به



وجود آوردن زمینه مساعد برای انجام ملاقاتهای صنعتی و اقتصادی بین بلندپایگان این صنعت، برای ایجاد همکاری و تفاهم میان آنها، بیانگر بعد دیگری از فلسفه وجودی نمایشگاه بینالمللی شیشه و صنایع وابسته است، تا جایی که این نمایشگاه می تواند بهصورت یکی از کارآمدترین ابزارها برای گسترش و تعمیق مناسبات اقتصادی، بازرگانی و صنعتی در صنعت شیشه خاورمیانه باشد. برگزاری نمایشگاه بهعنوان یکی از گامهای مهم برای تسریع در رسیدن به اهداف بلندمدت و نفوذ در بازارهای جدید و همچنین یافتن شرکای تجاری راه متداول و خوبی است.

چهارمین نمایشگاه بینالمللی شیشه و صنایع وابسته در تاریخ ۸ الی ۱۱ تیر ماه در محل نمایشگاه بینالمللی تهران با حضور بیش از ۳۰ شرکت فعال در این زمینه برگزار شد. نمایشگاه روز سه شنبه ۸ تیر با حضور آقای دکتر زمانی، ریاست نمایشگاه بینالمللی و حاج آقا عسگریان، بنیانگذار شیشه کاوه و مهندس زجاجی ریاست انجمن صنفی صنعت شیشه و ریاست انجمن سرامیک افتتاح شد:

یاز مه





در طی ۴ روز برگزاری نمایشگاه با رعایت پروتکلهای بهداشتی شرکتهای حاضر در نمایشگاه در غرفههای خـود بـه سـوالات مراجعهکنندگان پاسخ داده و جلسات کاری برگزار کردند.



در میان شرکتهای حاضر، شرکت شیشه قزوین از اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران نیـز حضـور فعـالی در ایـن نمایشـگاه داشت.

٥



انجمن سرامیک ایران ضمن حمایت از نمایشگاه، مانند هر سال در این نمایشگاه حضور یافته و جلسات متعددی با حضور مهندس زجاجی، ریاست انجمن سرامیک ایران و خانم علیشاهی، دبیر اجرایی انجمن با مدیران شرکتهای مختلف فعال در زمینه شیشه در غرفه انجمن سرامیک برگزار شد.







در پایان نیز از شرکتهای حاضر در نمایشگاه، توسط عوامل اجرایی نمایشگاه و انجمن صنفی صنعت شیشـه بـا اهـدا تنـدیس و لوح، تقدیر بعمل آمد.

Y





٨

فطلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٩٠٠ فطلنامه سراميك

آگهی تسلیت

متاسفانه با خبر شدیم آقای مهندس فرهاد پورداود دانش آموخته سرامیک ورودی سال ۶۹ و از اعضای قدیمی انجمـن سـرامیک در چهارم دسامبر ۲۰۲۰ در ونکور کانادا بدورد حیات گفتهاند. ضمن تسلیت به دوستان و آشنایان و جامعه سرامیک کشـور، بـرای ایشان آرامش ابدی خواهانیم.



بألله ومأماليه راجعين مآسفانه باخبرشدیم آقابی مهندس فرباد بورداود دانش آموخه سرامیک ورودی سال ۶۹ واز اعضای قدیمی انجمن سرامیک در جهارم دسامبر ۲۰۲۰ درونکور کانادا بدورد حیات گفته اند، ضمن تسلیت به دوسان و آشایان و جامعه سرامیک کثور ، برامی ایشان آرامش اربى خواديم. . الجمن سرامك ايران

٩

دومین همایش بینالمللی تحقیقات در علوم و فناوری نانو

دومین همایش بین المللی تحقیقات در علوم و فناوری نانو در تاریخ ۱۶ مرداد ۱۴۰۰ توسط پردیس بین المللی ارس دانشگاه تهران با حمایت انجمن سرامیک ایران به صورت مجازی و در بستر نرمافزار ادوبی کانکت برگزار شد.

هدف از برگزاری این همایش، ایجاد فضایی برای مطرح شدن آخرین دستاوردهای پژوهشی در عرصه علوم و فناوری نانو و



همچنین فراهم أوردن زمینهای برای حضور اساتید و محققان غیرایرانی در رشتههای مرتبط بود. ارائه پوستر و سخنرانیهای علمی توسط پژوهشگران داخلی و خارجی در این همایش انجام شد. این رویداد علمی با مشارکت گسترده دانشگاههای منطقه و یژوهشـگران کشـورهای عـراق، سوریه، لبنان و فلسطین برگزار شد و در پایان همایش، گواهی نامــه ارائــه مقالــه، كتابچــه الكترونيك چكيده مقالات و لوح فشرده حاوى مجموعه مقالات همایش بے آدرس پسے الكترونيك شركت كنندگان ارسال شد. از جمله محورهای همایش می توان به موارد زیر اشاره کرد: •نانوفناوري پزشكي •نانوالكترونيك •نانوبيوتكنولوژى •نانوشيمي •نانو فيزيک •نانومواد •نانومکانیک و رباتیک •سمشناسی نانومواد •ايمنى فناورى نانو •نانوحامل ها •دارورسانی هدفمند •فناوری نانو در کشاورزی •فناوري نانو در مهندسي بافت •فناوري نانو در صنايع غذايي •ساير موضوعات مرتبط با فناوري نانو

مجمع عمومي و انتخابات هیات مدیره و بازرسین انجمن سرامیک ایران

مجمع عمومي انجمن سراميك ايران و سيزدهمين انتخابات هيات مديره و بازرسين انجمن تحت نظارت نماينده وزارت علوم در روز سه شنبه، ۱۱ خرداد ماه ۱۴۰۰ از ساعت ۱۷ الی ۱۹ به صورت برخط و حضور مجازی اعضای حقیقی و حقوقی انجمن و استادان سرامیک برگزار شد. پس از پخش سرود ملی و آیاتی از قرآن، هیات رییسه مجمع (خانم دکتر هاجر قنبری به عنوان رييس و آقايان دكتر جعفر جوادپور و دكتر بيژن افتخاري يكتا به عنوان بازرسين و آقاي مهندس رضا عجمي بـ ه عنـوان منشـي) برای اداره مجمع انتخاب شده و رسمیت جلسه اعلام شد.

ابتدا، ریاست انجمن جناب آقای دکتر نقیزاده ضمن خوش آمدگویی به حاضرین، خلاصهای از فعالیتهای انجمـن ارائـه نمودنـد. سپس گزارش عملکرد و امور مالی انجمن و هیات مدیره دوره ۱۲ توسط خانم سعیده علیشاهی (مدیر اجرایی انجمن) ارائـه شـد. سپس چند نفر از اعضای انجمن، نظرات خود را در مورد فعالیتها و امور مالی انجمن ارایه کردند و بازرسین انجمن، أقای مهندس رضا طارمسری و خانم دکتر آدرینه ملک خاچاطوریان تایید خود را نسبت به وضعیت صورتهای مالی اعالام کردنا و پس از معرفی کاندیداها، انتخابات انجمن با حضور اکثریت اعضا (با تعداد ۹۰ عضو) با استفاده از سامانه رای شمار انجام شد. نتیجه سیزدهمین دوره انتخابات هیات مدیره انجمن سرامیک ایران پس از شمارش آرا به صورت زیر اعلام شد:

محل	نام و نام خانوادگی	
دانشگاه صنعتی شریف	دکتر آدرینه ملک خاچاطوریان	
پژوهشگاه مواد و انرژی	دکتر سارا بنی جمالی	
دانشگاه تبریز	دکتر مهدی قاسمی کاکرودی	
پژوهشگاه مواد و انرژی	دکتر امیر مقصود <i>ی</i> پور	
پژوهشگاه رنگ	دکتر مهدی قهاری	

اعضای اصلی هیأت مدیره:

چینی بهداشتی آرمیتاژ	مهندس محمود سالاريه	
انجمن صنفى صنعت شيشه	مهندس حسین زجاجی	

اعضاي على البدل هيات مديره:

محل	نام و نام خانوادگی	
پژوهشگاه رنگ	دکتر امیرمسعود اعرابی	
آريستاسرام	مهندس همايون ياسمي	

بازرسان:

محل	نام و نام خانوادگی	
پوياهمراه سرام	مهندس رضا محسنی طارمسری	
کورہھای صنعتی سھند	مهندس اصغر محمدزاده	

بازرس على البدل:

دانشگاه علم و صنعت ایران	مهندس على اكبر مسيحيان پور	
--------------------------	----------------------------	--

فطلنامه سرامیک ایران دوره ۱۷ شماره ۱ بهار ۱۳۰۰ فطلنامه

اولین جلسه هیات مدیره انجمن برای انتخاب رییس و نایب رییس و خزانهدار یک تیر ماه برگزار شد. بعد از رای گیری اعضا به شرح زیر انتخاب شدند:

1٣

۱- آقای مهندس حسین زجاجی به عنوان رییس هیات مدیره

۲- خانم دکتر آدرینه ملک خاچاطوریان به عنوان نایت رییس

۳- آقای مهندس محمود سالاریه به عنوان خزانهدار

اخبار شرکتها و مراکز پژوهشی

ورود به بازارهای صادراتی با ممنوعیت واردات کاشی و سرامیک

رضا صفاری عضو انجمن صنفی تولیدکنندگان کاشی و سرامیک ایران در نشستی خبری با اشاره به اینکه بهتازگی قرارداد فروش ۳۰ هزار متر مربع کاشی در فاز نخست با یونان منعقد شده، افزود: پارسال ۴۵۰ میلیون متر مربع کاشی در کشور تولید شد که نیمی از آنها صادر شده است. وی خاطر نشان کرد: امسال نیز علاوه بر بازارهای روسیه، پاکستان و عراق، به آلمان و یک کشور آفریقایی هم صادرات انجام شد.

صفاری ادامه داد: جمهوری اسلامی ایران جزو پنج کشور نخست تولیدکننده کاشی و سرامیک در جهان است. وی اضافه کرد: همچنین ۱۰ کشور نخست وارد کننده کاشی و سرامیک در جهان همچون عراق، امارات متحده عربی و عربستان در همسایگی ما هستند که فرصت مغتنمی برای ایران برای توسعه صادرات این محصولات است. این مقام صنفی درخصوص وضعیت این صنعت در کشور گفت: تاکنون حدود ۲۰۰ میلیون متر مربع پروانه بهرهبرداری صادر شده است که نزدیک به نیمی از آنها تعطیل هستند. وی تاکید کرد: امروز دیگر هیچ گونه مجوزی برای ساخت کارخانجات جدید صادر نخواه د شد و هدف، احیا و به روز کردن کارخانههای موجود است. گفتنی است در سه ماهه نخست امسال بیش از ۱۰۹ میلیون متر مربع کاشی و سرامیک در کشور تولید شد.

snn.ir/003zxj



سمپوزیوم سالانه شرکت روکاسرام عضو حقوقی انجمن سرامیک ایران

سمپوزیوم سالانه شرکت روکاسرام عضو حقوقی انجمن سرامیک ایران در تالار ایوان برگزار شد. مدیرعامل شرکت روکاسرام با اشاره به ماموریت و چشمانداز سازمانی مجموعه روکاسرام بیان کرد: ماموریت ما ارائه محصولاتی باکیفیت و دارای طرحه ایی ویژه، نو و خاص است به همین علت به دنبال پیمودن راه سنت تا مدرنیته، و تلفیق این دو هستیم. محمد خیاط در این سمپوزیوم با بیان اینکه ما به تغییر چشمانداز زندگی و بنای ارزشهای پایدار باور داریم، ادامه داد: با تکیه بر همین باور، چشمانداز ما تولید پرسلان با عالیترین کیفیت است، به نحوی که مناسب استفاده برای داخل و خارج از ساختمان باشد. ضمن اینکه بتوانیم با عرضه این محصول به سراسر جهان، به یکی از بهترین تولیدکنندگان سرامیک تکنیکی در جهان با کاربرد گسترده تبدیل شویم. وی همچنین در ادامه به تحولات صورت گرفته بر مبنای ماموریت و چشمانداز تعریف شده این مجموعه پرداخت و اذعان کرد: <u>تاز م</u>

بدیهی است برای تکامل این دیدگاه تکاملی و تحولگرا و تبدیل آن به واقعیـت، بـه دو تغییـر اساسـی یعنـی تحـول تولیـدی و همچنین تغییر علمی، ساختاری و پرسنلی نیاز است.

مهندس خیاط با بیان اینکه این تحول تولیدی شامل تحول در سه بخش متراژ روزانه تولید، کیفیت در تولید و نوع تولید خواه د بود، اظهار کرد: در بخش کمیت امروزه متراژ تولیدی ما بیش از ظرفیت اسمی ماشین آلات این مجموعه است. وی با تاکید بر اینکه در روکاسرام همیشه کیفیت بر کمیت ارجحیت داشته است، گفت: امروزه بهرغم تمام مشکلات برای واردات و با توجه به این واقعیت که ما در این موضوع به شدت تنها هستیم، باز هم خود را ملزم به خرید بهترین مواد اولیه خارجی میکنیم تا به کیفیت آسیبی وارد نشود. وی اظهار کرد: در بحث نوع تولید و بخش ویژه بازار نیز بر آن شدیم که با افزودن ماشین آلات موردنیاز، حرکت سازمان را به سوی تمرکز بر تولید محصولات خاص سوق دهیم. به گونهای که در آینده انتخاب محصولات روکاسرام،

مشتری را به برند مبدل کند و انتخاب از سبد محصولی روکاسرام خود تعریف ویژهای از مشتری در بازار باشد. وی همچنین تغییر در ساختار را بخشی دیگر از این تحولات برشمرد و بیان کرد: پیرو ایـن تحـولات برخـی از واحـدها هماننـد تحقیق و توسعه، تضمین کیفیت و توسعه بازار ایجاد شد و در پی آن همکاران جدیدی بـه جمع روکاسـرام اضـافه شـد. تحـول صادراتی روکاسرام نیز همپای همین تحولات و البته با نگاهی نافذتر و دقیق تر در حال پیگیری است، با این هدف کـه صـادرات نامنظم به صادرات منظم و حتی به صادرات بین المللی مبدل شود که دور از انتظار هم نیست.

آقای مهندس خیاط در پایان با تشکر از مدیرعامل هلدینگ خجسته و هیاتمدیره شرکت روکاسرام و ضمن رونمایی از محصولات جدید، خاطرنشان کرد: این شرکت در بسیاری از پارامترها با بهترین نمونههای خارجی قابل رقابت است و به زودی شاهد روزهای بهتر و اتفاقات تازه در شرکت روکاسرام خواهیم بود.

انتشار اولین «کتابچه راهنمای فناوری» صنایع سرامیک توسط شرکت Sacmi (شرکت سازه سرامیک و مـواد ایرانیان عضو حقوقی انجمن سرامیک ایران)

گروه ساکمی یک کتابچه رایگان راهنمای فناوری در صنایع سرامیک که شامل راهنمایی فناوریهای نوین انواع قطعات چینی و سرامیکی میشود را ارائه نمود.

این شرکت با هدف ارائه راه کارهای نوین در بهینه سازی هرچه بهتر روند تولید محصولات چینی و سرامیکی اقدام به انتشار اولین کتابچه راهنمای فناوری صنایع سرامیک نموده است. این کتاب با هدف حمایت از توسعه دانش در شرکتها و کارخانجات مربوط به صنایع سرامیکی به صنایع ارائه می شود. این کتابچه در واقع کامل کننده مجموعه کتابچه راهنمای فنی شرکت ساکمی است که در بردارنده راهنمای محصولات مربوط به کاشی و سرامیک و چینی آلات بهداشتی است.





این کتابچه در دو جلد تدوین شده است و سرفصلهای آن پیوستی بر دفترچههای راهنمای محصولات ساکمی در تولیـد چینـی بهداشـتی، کاشـی و سـرامیک اسـت و شـامل مجموعـه دسـتورالعملهای مربـوط بـه فنـاوری تولیـد سـرامیک در محیطهـای سنتی میشود.

دنیل کورالی (Daniele Coralli) مدیریت ساکمی در این رابطه می گوید: سابقه تولید لوازم بهداشتی و ظروف غذاخوری از سرامیک به چند هزار سال پیش باز می گردد. شایسته است که ابتدا درباره کاربردهای این ماده خارق العاده توضیح داده شود. در کتابچه راهنمای چاپ شده درباره همه چیز سرامیک، از مواد اولیه و بدنه گرفته تا فرمولاسیون و طراحی صحبت شده و در یک چشم انداز کلی یک نگاه عمیق و موشکافانه به جنبههای مختلف سیستم کلی تولید سرامیک و محصولات چینی شده است. در این کتابچه مانند کتابچههای قبلی، از تجربیات تکنسینهایی با تخصصهای مختلف که در اقصی نقاط دنیا کار کردهاند و

ارتباط مداومی با مشتریان دارد استفاده شده است.

تأکید معاون هماهنگی امور عمرانی استانداری یزد بر ضرورت تهیه نقشه راه برای صـنعت کاشـی و سـرامیک استان

معاون هماهنگی امور عمرانی استانداری یزد تاکید کرد: با توجه به تقاضای بالای اخذ مجوز کارخانه کاشی و با توجه به تعدد

جواز تاسیس صادر شده طی سالهای گذشته، با عنایت به سند آمایش استان لازم است نسبت به تدوین نقشه راه و اطلس کاشی و سرامیک استان اقدام شود.

وی ضمن تاکید بر حمایت و پشتیبانی همه دستگاه از صنعت استان و رفع موانع در صدور مجوزها و فرآیند پاسخ به استعلامهای درخواستی افزود: در نگاه توسعهای در استان باید با برنامهریزی و در نظر گرفتن همه شاخصهای توسعه مانند ثروت و سرمایه از یکسو و منابع طبیعی از جمله آب و محیط زیست و همچنین جمعیت از سوی دیگر به گونهای عمل کنیم که در تمام

بخشها با برنامه و هدف گذاری مناسب حرکت کنیم تا در آینده دچار مشکل نشویم. <u>https://purson.ir/rflvmt</u>

بهبود وضعیت صنعت کاشی و سرامیک جهان

تاثیر پاندمی کرونا بر اقتصاد جهان بر هیچ کس پوشیده نیست، این بیماری همه گیر در صنعت ساختمان به خصوص صنعت کاشی و سرامیک نیز تاثیرگذار بوده است و این صنعت از ویروس کرونا ضربهای جدی خورد. اما نتایج و آمارها حاکی از بهبود این صنعت در اوایل سال ۲۰۲۱ است.

جهان با شیوع ویروس همه گیر کرونا و بیماری کووید ۱۹ با چالش بزرگی در اواخر سال ۲۰۱۹ مواجه شد، چالشی که افراد را ب رعایت فاصله اجتماعی و کاهش رفت و آمد به خارج از منزل محکوم دعوت می کرد. انسان برای در امان ماندن چارهای جز کاهش فعالیتهای روزمره خود برای مبارزه با این بیماری همه گیر نداشته است. این کاهش فعالیتها منجر به کهش ساخت و سازها، کاهش خریدها و … شده است، موضوعی که اقتصاد جهان را تحتالشعاع قرار داد.

یکی از صنایع مهم که در روزهای کرونایی با افت شدیدی مواجه شد، صنعت ساختمان و دکوراسیون بود. افت اقتصادی به دلیـل عدم فعالیتهای اقتصادی یا کاهش آنها افراد بسیاری را بیکار یا ورشکسته کرد.

تعطیل بودن مرزهای تجاری و مبادلات در شروع سال ۲۰۲۰ و ماههای بعد از آن و فعالیت نکردن گمرکها باعث شد که تولیدکنندههای زیادی نتوانند مانند سالهای گذشته تولیدات صادراتی خود را به کشورهایی که با آنها قرارداد داشتند بفرستند و این نتیجهای جز ضرر و زیان به تولیدکنندگان در بر نداشت.



. از مهر با گذشت زمان و اندیشیدن تمهیدات جدیدی در زمینه ساخت و ساز و تامین مواد اولیه، بسیاری از کشورها سعی کردند بـه رونـد عادی خود در مزینه تولیدات برگردند.

با توجه به اعلان جهانی در صنعت کاشی و سرامیک جهان، اولین علائم بهبودی در سال ۲۰۲۱ در حال ظهور است و تنها نگرانیهای حال حاضر این صنعت شامل افزایش قیمت مواد اولیه، افزایش قیمت ماشین آلات و همچنین افزایش قیمت حمل و نقل است.

خبرها حاکی از این است که تولیدکنندگان ماشین آلات و تجهیزات سرامیکی ایتالیا شاهد بهبود کمی در عملکرد خود هستند. در حالی که نتایج مقدماتی سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیر نسبت به سال ۲۰۱۹ را در تولیدکنندگان ماشین آلات ایتالیایی نشان میداد (به نحوی که درآمد کل ۱۸ درصد کاهش یافته بود، و ما شاهد کاهش ۳۶/۶ درصدی فروش داخلی ایتالیا و انقباض ۱۳ درصدی صادرات این کشور بودهایم). مرکز تحقیقات MECS- Acimac نشان میدهد که شرکتهای موجود مورد بررسی به تدریج در حال بازپس گیری جایگاه خود در فروش هستند.

آمار حاکی از آن است که صادرات در سه ماهه چهارم سال ۲۰۲۰ نسبت به ماههای قبل تر از روند بهتری برخوردار بوده است و این تولیدکنندگان را به آینده و گسترش فعالیت و فروششان امیدوار نموده است.

پیش بینیهای محقق شده برای سه ماهه اول سال ۲۰۲۱ بیشترین خوشبینی را ایجاد کرد، به ویژه با توجه به اینکه صنعت سرامیک جهانی علائم بارزی از بهبود را نشان میدهد و تولید در بسیاری از کشورها از جمله ایتالیا، برزیل، هند، اسپانیا و سایر کشورهای مهم تولید کننده کاشی و سرامیک به ظرفیت کامل خود بازگشته است.

پائولو مونگاردی، رئیسAcimac ، تأیید می کند: "آمار اولیه سال برای سال ۲۰۲۰ مشخص کرده بود که پایان شرایط اضطراری بیماری کووید میتواند با بهبود فیزیولوژیکی در بخش ماشین آلات سرامیک پس از دو سال سرمایه گذاری متوسط از طرف مشتریان همزمان شود، اگرچه باید محتاط باشیم، اما با توجه به نتایج در سه ماهه اول سال ۲۰۲۱ شاهد اولین علائم بهبودی در صنعت کاشی و سرامیک جهان هستیم."

علاوه بر آن عوامل دیگری نیز وجود دارد که موجب نگرانی رهبران تجارت در بخش ماشین آلات صنعت کاشی و سرامیک جهان در چند ماه اول سال میشود. این موارد شامل افزایش چشم گیر قیمت اجزای سازنده و مواد اولیه و تأخیر در زمینه تأمین کالا است. نرخ حمل و نقل دریایی برای حمل و نقل کانتینر بین آسیا و اروپا نیز به دلیل محدودیت در دسترس بودن کانتینرها و بیش از همه ظرفیت نگهداری کافی برای شرکتهای حمل و نقل و همچنین پویایی عرضه و تقاضای انحرافی ناشی از همه گیری، به طور قابل توجهی در حال افزایش است. این افزایش قیمتها میتواند بر روی روند رو به رشد بهبود شرایط صنعت کاشی و سرامیک تاثیر گذار باشد.

تولید نانومواد اکسید روی برای ضدباکتری کردن لعاب کاشی و سرامیک در کشور

یک شرکت دانش بنیان دانشگاهی اقدام به تولید نانو مواد اکسید روی برای ضـدباکتری کـردن سـطوح بـه خصـوص کاشـی و سرامیک به عنوان پرکاربردترین پوششدهنده ساختمانی برای حفظ سلامت افراد کرده است.

این ماده خاصیت ضدباکتریایی دارد و در محصولات مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد. در محیطهای درمانی، حمام و آشپزخانه به دلیل رطوبت، فضای مناسبی برای رشد انواع قارچها و باکتریها ایجاد می شود. با تولید کاشیهای ضدباکتری، این باکتریها از بین می روند و محیط، بهداشتی و تمیز باقی می ماند.

نانو ماده اکسید روی با لعاب به کار رفته در کاشی ممزوج میشود و در کارخانههای کاشیسازی، محصول نهایی، یعنی کاشی ضدباکتری تولید میشود. این محصول از طریق دانشگاه تهران و آزمایشگاه میکروبیولوژی این دانشگاه آزمایش شد و مشخص شد تا ۹۹ درصد از باکتریهای موجود را از بین میبرد. https://www.mehrnews.com/xVqHH

تا فلا

ورود ایران به جمع ۵ کشور سازنده شیشههای "سویرکلیر" یا "فوق شفاف"

مديرعامل يک شرکت دانش بنيان گفت: عمدهترين ماده اوليه صنعت شيشه "سيليس" است که در ايران وجـود دارد و سـالانه ۳ میلیون تن شیشه تولید میشود که نصف آن صادر میشود. ایران جزو ۵ کشوری است که به فناوری ساخت شیشه "سـوپرکلیر" يا "فوق شفاف" دست يبدا كرده است.

"مهرداد شکوهی" عضو گروه تخصصی شیشه انجمن سرامیک ایران و مدیرعامل این شرکت دانشبنیان گفت: حوزه فعالیت این شرکت دانش بنیان، تولید یکی از مواد اولیه عمده صنعت شیشه در کشور (سیلیس) است. ما سیلیس را از معدن استخراج می کنیم به کارخانجات آورده سیس خرد و دانهبندی می کنیم و در نهایت ناخالصیها را از آن جدا می کنیم.

مدیرعامل این شرکت دانش بنیان درباره تنوع محصولات این شرکت تصریح کرد: ما در صنعت شیشه ۷ نوع محصول تولید می کنیم که البته می توانیم به سفارش مشتری، محصولات بینابینی نیز تولید کنیم. پایین ترین کیفیت تولیدی این شرکت، سیلیسی با دانهبندی استاندارد مخصوص صنعت شیشه با اکسید آهن کمتر از ۰/۱ درصد است و بالاترین کیفیتی که تولید میکنیم سیلیسی با اکسید آهن ۰/۰۰۰۱ است. برای صنعت ریخته گری نیز انواع ماسه های ریخته گری که به عنوان قالب ریخته گری فولاد و فلزات رنگین به کار میرود را تولید می کنیم.

شکوهی با اشاره به ارزآوری و تاثیر این شرکت در اقتصاد کشور گفت: عمدهترین ماده اولیه صنعت شیشه سیلیس است کـه بـه کمک این ماده اولیه امروز قادر هستیم هر نوع شیشهای را در ایران تولید کنیم و ایـن تولیـد در وضـعیت حـال حاضـر حـدود ۳ میلیون تن در کشور است که ۱/۵ میلیون تن آن صادر میشود. امروز هیچ گونه وارداتی در زمینه شیشه و مواد اولیه مربوط به آن انجام نمى شود كه اين همراه با صرفه جويى ارزى قابل توجه بوده است.

وی با اشاره به کاربردهای محصولات این شرکت دانش بنیان گفت: محصولاتی که ما تولید میکنیم برای تولید شیشههای بسیار باکیفیت پنجره و دکوراتیو برای تولید بطریها و شیشههای دارویی کاربرد دارد.

مدیرعامل این شرکت دانش بنیان درباره ویژگی و مزیت محصولات دانش بنیان خاطرنشان کرد: کیفیت محصولات ما را هیچکدام از مواد اولیه وارداتی ندارند. ویژگی متمایز ما از دیگر تولیدکنندگان مواد اولیه صنعت شیشه در این است که ما ماده اولیهای را تولید می کنیم که به مصرف تولید شیشهای به نام "سوپر کلیر" یا "فوق شفاف" میرسد که درصد عبور نور از آن بیش از ۹۴ درصد است و کشورهای تولیدکننده این شیشه در دنیا کلاً ۵ کشور هستند که یکی از آن کشورها ایران است.

شکوهی ادامه داد: ما با ایجاد این کارخانه به خودکفایی در صنعت شیشه دست پیدا کردیم، بیش از ۱۵۰ نفر کارگر به صورت مستقیم در این کارخانه مشغول به کار هستند ولی به صورت غیرمستقیم چند هزار نفر از این کارخانه و تولیداتش بهره می برند؛ قیمت شیشه در ایران بسیار پایین است، چراکه مواد اولیه آن برای خودمان است و بنابراین ارزی برای این کار مصرف نمی شود و حتى از نظر ماشين آلات نيز در صنعت خودكفا شدهايم و طرح توسعه خودمان را از طريق مهندسي معكوس ايجاد كرده و ظرفيت را دو برابر کردیم، بدون اینکه هیچ ماشینی را وارد کنیم.

https://tn.ai/2532505

اخبار علمي

استفاده از گرافن برای تشخیص سریع COVID-19

پژوهش گران دانشگاه ایلینویز شیکاگو با موفقیت از گرافن برای شناسایی ویروس SARS-CoV-2 در آزمایشهای آزمایشگاهی استفاده کردند. پژوهش گران می گویند که این کشف با کاربردهای بالقوه در مبارزه با COVID-19 و انـواع مختلـف آن، مـیتوانـد منجر به موفقیت در شناسایی ویروس کرونا باشد.

در این آزمایشها، پژوهش گران ورقههای گرافن که بیش از ۱۰۰۰ برابر نازکتر از تمبر پستی هستند را با یک پادتن که برای هدف قرار دادن پروتئین خوشهای مشهور در ویروس کرونا طراحی شده است، ترکیب کردند. آنها سپس ارتعاشات سطح اتمی این صفحات گرافن را هنگام قرار گرفتن در معرض نمونههای COVID مثبت و منفی در بزاق مصنوعی اندازه گیری کردند. ایـن ورقهها همچنین در حضور ویروسهای کرونای دیگر مانند سندرم تنفسی خاورمیانه یا MERS-COV مورد آزمایش قـرار گرفتند. پژوهش گران دانشگاه ایلینویز دریافتند که ارتعاشات ورقهی گرافن متصل به پادتن هنگام قرارگیری در معرض یک نمونه مثبت را COVID تغییر می کند، اما هنگامی که در معرض یک نمونه منفی COVID یا ویروسهای کرونای دیگر قرار مـیگیـرد، تغییـر نمی کند. تغییرات ارتعاش که با دستگاه طیفسنجی رامان اندازه گیری شد در کم تر از پنج دقیقه مشخص می شدند.

ویکاس بری، پروفسور و مدیر مهندسی شیمی کالج مهندسی دانشگاه ایلینویز و نویسنده اول مقاله، گفت: "ما سالهاست که در

حال ساخت سنسورهای گرافن هستیم. در گذشته ما آشکارسازهایی برای سلولهای سرطانی و اسکلروز جانبی آمیوتروفیک (ALS) ساختهایم. تصور یک کاربرد با فوریت بیشتر از آن که بتواند به جلوگیری از شیوع همه گیری فعلی کمک کند، سخت است. یک نیاز آشکار در جامعه به روشهای بهتر برای تشخیص سریع و دقیق COVID و انواع آن وجود دارد و این پژوهش پتانسیل ایجاد یک تفاوت واقعی را دارد. این سنسور اصلاح شده بسیار حساس و غربالگر برای COVID و سریع و ارزان است.

Graphene can be used to detect COVID-19 quickly, accurately

گَرِت لیندمن، پژوهش گر موسسه مواد و محصولات پیشرفته کربن (CAMP) گفت: "این پروژه به طرز شگفتانگیزی پاسخی تازه به نیاز و تقاضا برای شناسایی سریع و دقیق ویروسها بوده است. توسعه این فناوری به عنوان یک دستگاه آزمایش بالینی مزایای بسیاری نسبت به آزمایشهای فعلی و استفاده شده دارد."

ویکاس بری می گوید: گرافن که به آن "ماده شگفت انگیز" گفته می شود، دارای خواص منحصر به فردی است که آن را بسیار چندکاره کرده است که ساخت این نوع حس گر را امکان پذیر می کند.

گرافن مادهای با ضخامت یک اتم است که از کربن تشکیل شده است. اتمهای کربن با پیوندهای شیمیایی متصل می شوند که کشسانی و حرکت آنها می تواند ار تعاشات ناشی از تشدید، که به فونون نیز معروف است، ایجاد کند، که با دقت زیاد قابل اندازه گیری است. هنگامی که یک مولکول مانند مولکول 2-SARS CoV با گرافن تداخل می کند، ارتعاشات ناشی از تشدید را ب روشی کاملاً مشخص و کمی تغییر می دهد. ویکاس بری افزود: "گرافن فقط یک اتم ضخامت دارد، بنابراین یک مولکول در سطح آن نسبتاً عظیم است و می تواند تغییر خاصی در انرژی الکترونیکی آن ایجاد کند. در این آزمایش، ما گرافن را با یک پادتن اصلاح کردیم و در اصل آن را کالیبره کردیم تا فقط با پروتئین 2-SARS واکنش نشان دهد. با استفاده از این روش، گرافن می تواند به طور مشابه برای تشخیص انواع 19-COVID استفاده شود."

https://nano-magazine.com/news/2021/6/17/graphene-can-be-used-to-detect-covid-19-quickly-accurately

تاز وه

آیا مکسنها آیندهی نانوفناوری هستند؟

کلیههای مصنوعی، باتریهای قدرتمند و تصفیه آب کارآمد از کاربردهای آیندهی گروهی از مواد فوق نازک موسوم به مکسنها هستند. این نظر در مقالهای در مجله ساینس بیان شده است که نویسندگان آن از دانشگاه لنکوپینگ هستند.

موادی که دارای مقطع عرضی به ناز کی یک یا چند لایه اتم هستند، به دلیل این ضخامت دارای ویژگیهای غیرمعمولی هستند. این ویژگیها ممکن است هدایت الکتریکی بالا، استحکام بالا یا توانایی مقاومت در برابر گرما باشد که به مواد فوق نازک پتانسیل زیادی برای استفاده در فناوریهای آینده میدهد. شناخته شده ترین ماده گرافن است و شکار سایر مواد فوق نازک که به آنها مواد دو بعدی نیز می گویند از زمان کشف بر شدت آن افزوده شده است.

گرافن و بسیاری دیگر از مواد دو بعدی دیگر، نیمهرسانا، نیمهفلز یا عایق قطبی هستند. فقدان رسانای فلزی فوق نازک، مانعی در توسعهی اجزای منحصراً مبتنی بر مواد دو بعدی است.





که از آنها انتظار میرود، نوشتند: "بسیاری از کاربردهای قابل تصور وجود دارد. دو موردی که نزدیک به تحقق هستند ذخیره انرژی کارآمد به صورت باتری، ابرخازن و محافظ تداخل الکترومغناطیسی است. اما در دراز مدت، ما قادر به ساخت فیلترهایی برای تصفیه هوا و آب، آنتنهایی برای نسل بعدی ارتباطات و بسیاری از کاربردهای دیگر خواهیم بود، که هنوز به آنها فکر نکردهایم."

علاوه بر این، بسیاری از مکسنها زیستسازگار (سازگار با بافت زنده)، غیرسمی و سازگار با محیط زیست هستند؛ به ایـن معنـی که در حال مطالعه برای کاربردهای احتمالی در زیستپزشکی هستند. یکی از این کاربردها، ساخت کلیههای مصنوعی است کـه درمان دیالیز (یا سایر درمانها در جایی که دستگاههای دیالیز در دسترس نیستند) را غیرضروری میسازد.

اولین مکسن کشف شده کاربید تیتانیوم (Ti₃C2) بود. اکنون، پس از ده سال، تقریباً ۵۰ مکسن مختلف، کـه بسـیاری از آنهـا در دانشگاه لنکوپینگ بوده است، توسعه یافته است. با این حال، روشهای تولید آنها نشان میدهد که ترکیبات موجود تقریبـا بـی نهایت هستند. این بدان معناست که در دراز مدت ممکن است هزاران مکسن با ویژگیهای متناسب وجود داشته باشد.

جوانا روزِن میگوید: "مکسنها تنها ده سال پیش کشف شدند و زمینهی تحقیق برای بررسی آنها بسیار سریع رشد کرده است. اکنون هر ساله تقریباً ۶۶۰۰ مقاله علمی در باره مکسنها منتشر میشود. با این حال، همچنان خواص و کاربردهای بسیاری کشف نشده است و این میتواند بسیاری از چالشهای معاصر در فناوری و پزشکی را حل کند."

منبع: https://phys.org/news/2021-06-mxenes-future-nanotechnology.html

سازوکار جدیدی برای ابررسانایی گرافن کشف شد.

ابررسانایی پدیده ای فیزیکی است که در آن مقاومت الکتریکی ماده در دمای بحرانی خاصی به صفر میرسد. نظریه باردین-کوپر- شریه ر (BCS) توضیحی مناسب برای توصیف ابررسانایی در بیشتر مواد است. این نظریه بیان میکند که در دمای کم،

در شبکه جفت الکترون های کوپر تشکیل می شوند و ابررسانایی BCS از تراکم آن ها به وجود می آید.

در حالی که گرافن خود یک رسانای عالی الکتریسیته است، به دلیل سرکوب فعل و انفعالات الکترون – فونون، ابررسانایی BCS از خود نشان نمی دهد. این همچنین دلیلی است بر این که بیش تر رساناهای خوب مانند طلا و مس ابررساناهای بدی هستند.

پژوهش گران مرکز فیزیک نظری سامانههای

پیچیده (PCS)، در موسسه علوم پایه کره جنوبی (IBS) از سازوکار جایگزین جدیدی برای دستیابی به ابررسانایی در گرافن خبر دادند. آنها با پیشنهاد یک سامانهی هیبریدی متشکل از گرافن و ماده چگال دو بعدی بوز- انیشـتین (BEC) بـه ایـن موفقیت دست یافتند.

همراه با ابررسانایی، BEC پدیدهی دیگری است که در دماهای پایین بهوجود می آید. این پنجمین حالت ماده است که برای اولین بار توسط انیشتین در سال ۱۹۲۴ پیش بینی شده است. شکل گیری BEC زمانی اتفاق می افتد که اتمهای کم انرژی با هـم جمع می شوند و وارد حالت انرژی یکسان می شوند و این حوزه ای است که به طور گسترده در فیزیک ماده چگال مورد مطالعه قرار می گیرد.

یک سامانهی ترکیبی بوز- فرمی اساساً نشاندهندهی یک لایه از الکترونهایی است که با یک لایه بوزون در تعامل هستند، مانند اکسایتونهای غیرمستقیم، اکسایتون- پلاریتونها و غیره. تقابل بین ذرات بوز و فرمی منجر به پدیدههای شگفتانگیز و جدید مختلفی شود که از هر دو دیدگاه محض و کاربردی علایق را برمیانگیزد.

در این پژوهش، پژوهش گران سازو کار جدیدی از ابررسانایی در گرافن را گزارش میدهند که به دلیل فعل و انفعالات بین الکترونها و بوگلونها بهوجود می آید، نه فونونها، برخلاف سامانههای BCS معمول. بوگلونها یا شبهذرات بوگولیوبوف، برانگیختگی درون BEC هستند که دارای برخی ویژگیهای یک ذره هستند. در محدودهی خاصی از پارامترها، این سازوکار، افزایش دمای بحرانی ابررسانایی گرافن تا ۷۰ درجه کلوین را میسر می کند.

پژوهش گران همچنین یک نظریه جدید میکروسکوپی BCS ارائه کردند که به طور خاص بر روی سامانهی مبتنی بر گرافن ترکیبی جدید تمرکز دارد. مدل پیشنهادی آنها همچنین پیشبینی میکند که خواص ابررسانا میتواند با درجه حرارت افزایش یافته و در نتیجه به وابستگی دمایی غیر یکنواخت شکاف ابررسانایی منجر شود.

علاوه بر این، تحقیقات نشان داد که پاشش دیراک گرافن در این نظریه مبنی بر بوگولون حفظ می شود. این نشان می دهـ د ک این سازوکار ابررسانایی مستلزم وجود الکترونهایی با پاشش نسبی است، پدیدهای که در فیزیک ماده چگال چندان کاوش نشـده است.

ایوان ساوِنکو مدیر گروه برهم کنش ماده سبک در نانوساختارها (LUMIN) در PCS IBS می گوید: "این پژوهش روش دیگری را برای دستیابی به ابررسانایی در دمای بالا نشان میدهد. در ضمن، با کنترل ویژگیهای یک ماده چگال، میتوانیم ابررسانایی گرافن را تنظیم کنیم. این راه دیگری را برای کنترل دستگاههای ابررسانا در آینده پیشنهاد میکند."

https://nano-magazine.com/news/2021/7/14/new-mechanism-of-superconductivity-discovered-in-graphene منبع:

تا فلا



لایهای از سه بلور، هزار برابر انرژی بیشتری در سلول خورشیدی تولید میکند.

اگر سه مادهی مختلف به طور دورهای در یک شبکه قرار بگیرند، اثر فتوولتائیک بلورهای فروالکتریک با ضریب هزار قابل افزایش است. این در مطالعه پژوهش گران دانشگاه مارتین لوتر (MLU) نشان داده شده است. آنها با ایجاد لایههای بلوری تیتانات باریم، تیتانات استرانسیم و تیتانات کلسیم که به تناوب روی یکدیگر قرار می گیرند، به این دست یافتند.

یافتههای آنها که میتواند به طور قابل توجهی بازدهی سلولهای خورشیدی را افزایش دهد، در مجله پیشرفتهای علم تحت عنوان "اثر فتوولتائیک بسیار افزایش یافته و قابل تنظیم در ابرشبکههای فروالکتریک-پارالکتریک" منتشر شد.

در حال حاضر اکثر سلولهای خورشیدی مبتنی بر سیلیکون هستند. با این حال، بازدهی آنها محدود است. این امر پژوهش گران را بر آن داشته است تا مواد جدیدی مانند فروالکتریکهایی چون باریم تیتانات (یک اکسید مخلوط ساخته شده از باریم و تیتانیوم) را بررسی کنند.

Layer of three crystals produces a thousand times more power in solar cells

دکتر آکاش بهاتنگار، فیزیکدان مرکز MLU، توضیح میدهد: "فروالکتریک به این معنی است که ماده بارهای مثبت و منفی را به طور فضایی از هم جدا کرده است. جداسازی بار منجر به ساختاری نامتقارن می شود که امکان تولید برق از نور را فراهم می کند."

ب_رخلاف س_يليكون، بلوره_اى فروالكتري_ك ب_راى ايج_اد اث_ر

فتوولتائیک به اتصال nn نیاز ندارند، به عبارت دیگر، هیچ لایهی دوپ مثبت و منفی وجود ندارد. این امر تولید پنلهای خورشیدی را بسیار آسان میکند. با این حال، تیتانات باریم خالص نور خورشید زیادی جذب نمیکند و در نتیجه یک جریان نوری نسبتاً کم ایجاد میکند. آخرین پژوهشها نشان داده است که ترکیب لایههای بسیار نازک از مواد مختلف به طور قابل توجهی عملکرد انرژی خورشید را افزایش میدهد.

بهاتنگار توضیح میدهد: "نکته مهم در اینجا این است که یک ماده فروالکتریک با یک ماده پاراالکتریک جایگزین شود. اگرچه ماده دوم بار جداگانهای ندارد، اما تحت شرایط خاص میتواند فروالکتریک شود، به عنوان مثال در دمای پایین یا هنگامی که ساختار شیمیایی آن کمی اصلاح شده باشد." گروه پژوهشی بهاتنگار کشف کرد که اگر لایه فروالکتریک نه تنها با یک، بلکه با دو لایهی مختلف پاراالکتریک جایگزین شود، اثر فتوولتائیک بسیار افزایش مییابد.

یون یه سئول، دانشجوی دکتری MLU و اولین نویسنده این مقاله، توضیح می دهد: "ما تیتانات باریم را بین تیتانات استرانسیم و تیتانات کلسیم قرار دادیم. این کار با بخار شدن بلورها با لیزر پرقدرت و قرار گرفتن مجدد آن ها روی لایه های حامل حاصل شد. این ماده ای از ۵۰۰ لایه ساخت که حدود ۲۰۰ نانومتر ضخامت دارد." هنگام انجام اندازه گیری های فوتوالکتریک، به این ماده جدید نور لیزر تابانده شد. نتیجه حتی گروه پژوهشی را متعجب کرد: در مقایسه با تیتانات باریم خالص با ضخامت مشابه، جریان فعلی تا هزار برابر بیشتر بود و این با وجود این واقعیت است که تقریباً دو سوم از نسبت تیتانات باریم به عنوان جزء اصلی فوتوالکتریک کاسته شد.

بهاتنگار توضیح میدهد: "به نظر میرسد برهمکنش بین لایههای شبکه منجر به نفوذپذیری بسیار بالاتری میشود، بـه عبـارت دیگر، الکترونها به دلیل تحریک توسط فوتونهای نور قادر به جریان بسیار راحتتری هستند." اندازهگیریها همچنین نشان داد که این اثر بسیار پایدار است: در طی یک دور شش ماهه تقریباً ثابت ماند.

اکنون باید پژوهشهای بیشتری انجام شود تا مشخص شود که دقیقاً چه عواملی باعث تأثیر برجسته فوتوالکتریک می شود. بهاتنگار اطمینان دارد که پتانسیل نشان داده شده توسط مفهوم جدید می تواند برای کاربرده ای عملی در صفحات خورشیدی

استفاده شود. "ساختار لایه عملکرد بهتری نسبت به فروالکتریک خالص در تمام دامنههای دمایی نشان میدهد. بلورها همچنین به طور قابل توجهی دوام بی*ش*تری دارند و به بستهبندی خاصی نیاز ندارند. " منبع: https://nano-magazine.com/news/2021/7/21/layer-of-three-crystals-produces-a-thousand-times-more-power-in-solar-cells

مکسنهای با آنترویی بالا که به تازگی کشف شدهاند، کاربردهای پیشرفتهای دارند.

پژوهش گران موسسه توسعه نانوسامانههای یکپارچه IUPUI و گروه مهندسی مکانیک و انرژی در دانشکده مهندسی و فناوری، نانوذرات جدیدی را کشف کردهاند که دارای کاربردهای پیشرفته از جمله ذخیره انرژی و سفر به فضا هستند. آنها به عنوان نانوذرات با آنتروپی بالا شناخته میشوند و به خانوادهای از نانومواد دوبعدی معروف به مکسنها، نانوذرات سرامیکی با عملکرد بسیار عالی و نازک با اندازه جانبی بزرگتر، بسیار شبیه به یک ورق کاغذ، می پیوندند.

ینوان روپی Newly discovered high-entropy MXenes have high-tech applications دوی روان

این یافته که در مطالعه منتشر شده در مجله ACS Nano تحت عنوان مکسن کاربیدی دوبعدی آنتروپی TiVCrMoC₃ و TiVNbMoC₃ برجسته شده است، نشان دهندهی برجسته شده است، نشان دهندهی گسترش دیگری از مکسنها از زمان کشف اولیه آنها در سال ۲۰۱۱ است و خانواده مکسنهای موجود را بسیار گسترش میدهد.

بابک عناصری، استادیار مهندسی مکانیک و انرژی و پژوهش گر اصلی مطالعه گفت: "این نانوذرات تازه کشف شده با آنتروپی بالا به ایجاد یک جعبه ابزار برای طراحی بیشتر مکسنها و تنظیم ویژگیهای آنها کمک خواهد کرد. مکسنها در حال حاضر، از مستحکمترین مواد دوبعدی هستند که تاکنون کشف شده است. ما انتظار داریم که این نانوذرات با آنتروپی بالا، استحکام مکسن را بیشتر افزایش دهند، که در حال حاضر در بسیاری از کاربردهای فناوری پیشرفته از نانومواد دیگر پیشی گرفته است.

ربیس را برای تولید نانوذرات با آنتروپی بالا، سامانهای را طراحی کردند که از فلزات انتقالی اولیه (آنهایی که در گروههای پژوهش گران برای تولید نانوذرات با آنتروپی بالا، سامانهای را طراحی کردند که از فلزات انتقالی اولیه (آنهایی که در گروههای سه تا شش جدول تناوبی هستند) استفاده می کند تا ترکیبات کاربیدی پیشماده یعنی ترکیبات کاربیدی آنتروپی بالا، به نام فازهای مکس را بسازد. سپس پیشماده در اسید قرار گرفت تا لایههای آلومینیوم به طور انتخابی حل شود. پژوهش گران از روشهای مختلفی از جمله پراش پرتوی ایکس، طیفسنجی فوتوالکترون و میکروسکوپ الکترونی استفاده کردند تا تأیید کنند که این چهار عنصر در داخل مواد دوبعدی باقی ماندهاند، بنابراین یک کاربید دوبعدی آنتروپی بالای چهار عنصری را برای اولین بار ساختند.

سوبرامانیان سانکارانارایانان، نویسنده همکار و رهبر گروه نظری و مدلسازی در آزمایشگاه ملی آرگونه و دانشیار دانشگاه ایلینویز شیکاگو، گفت: "ما از ابررایانههای پیشرفته برای درک اینکه چرا میتوان چنین ساختارهای جدیدی را ایجاد کرد استفاده کردیم. تعداد احتمالات در این نانوذرات مکسن به قدری زیاد است که تنها ابررایانهها میتوانند محاسبات مورد نیاز را انجام داده و ویژگی های شیمیایی، الکتریکی و مغناطیسی آنها را پیشبینی کنند."

مکسنهای آنتروپی بالا ممکن است کاربردهای مختلفی داشته باشد، از جمله کاربردهای شخصی، تجاری و احتمالاً دفاع ملی. عناصری گفت: با توجه به ویژگیهای دمایی بسیار بالا، این نانوذرات جدید ممکن است در آینده به عنوان بلوکهای ساختمانی برای مواد مورد استفاده در اکتشافات فضایی یا پروازهای مافوق صوت مورد استفاده قرار گیرند که توانایی مقاومت در برابر دمای بسیار بالا را دارند. و به دلیل ویژگیهای منحصر به فرد الکتریکی و شیمیایی، از این نانوذرات میتوان برای تولید مواد استفاده شده در محاسبات کوانتومی یا ایجاد باتریها و مواد ذخیره انرژی بهتر استفاده کرد. کارتیک نِمانی، دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی و فناوری IUPUI و نویسنده اول این مطالعه گفت: "اینها سرزمینی ثبت نشده است که هیچ کس هیچ چیز راجع به این زیر خانواده نانومواد نمیدانست. ایده دانستن این که شما چیزی را میدانید که هیچ کس دیگری روی این کره خاکی از آن اطلاع ندارد و اینکه از همان ابتدا بخشی از چنین پژوهشهای بنیادی باشید، یکی از بهترین احساساتی است که یک پژوهشگر میتواند داشته باشد. و اکنون با این گسترش خانواده مکسن، امکان چگونگی استفاده از آنها در آینده افزایش یافته است. "

عناصری قبلاً در دانشگاه درِکسل، زادگاه مکسنهای دوبعدی بود. وی همچنین در سال ۲۰۱۵ در کشف یکی دیگر از زیرخانوادههای مکسنها به نام مکسنهای فلز انتقالی دوتایی که شامل دو عنصر مختلف در لایههای اتمی به شکل ساندویچ است، نقش مهمی داشت.

https://nano-magazine.com/news/2021/7/20/newly-discovered-high-entropy-mxenes-have-high-tech-applications



اعمال پوشش نانوساختار هیدروکسیآپاتیت-آلومینا-نقره اعمال شده بر روی سطح آلیاژ منیزیمیAZ31 با روش رسوبدهی الکتروشیمیایی و بررسی خواص نانومکانیکی و ضد باکتری آن

على شانقى'*، عليرضا سورى'*، كيانوش حيدرى'، سعيده قياسوند'

^۱ دانشگاه ملایر، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی مواد ۲ دانشگاه ملایر، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی

چکیدہ: پوشش های نانوساختار هیدرو کسی آپاتیت- آلومینا- نقرہ بەدلیل دارا بودن خواصی همانند سختی و مدول الاستیک خوب، مقاومت به خوردگی و خاصیت ضد باکتری و زیستسازگاری قابـل قبول دارای کاربرد وسیعی در مهندسی پزشکی میباشند. در ایـن تحقیـق پوشـشهـای نانوسـاختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره به کمک فرآیند رسـوب الکتروشـیمیایی بـر روی سـطح آلیـاژ منیزیم AZ31 اعمال شد، سپس خواص فازی و ساختاری، ریختشناسی، نوع پیوندها، نـوع و درصـد عناصر موجود در پوشش به ترتیب با آنالیزهای FESEM ،FTIR ،GIXRD و EDAX مـورد بررسـی قرار گرفته، همچنین خواص نانومکانیکی پوشش بهوسیله روشهای نانودندانه گذاری در بارهای مختلف ۵۰ و ۵۰۰ میکرونیوتن ارزیابی شده است. نتایج بیانگر تشکیل پوشش نانو ساختار همگن و یکنواخت هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره با ضخامت تقریبا ۱/۶ میکرومتر است، که منجر به کاهش سختی سطح نمونه از ۰/۷۲ گیگا پاسکال به ۰/۱۱ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰ میکرونیـوتن و ۱/۳۴ گیگاپاسکال به ۰/۲۲ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰۰ میکرو نیوتن گردیده، دلیل این کاهش سختی ناشی از ماهیت متخلخل و ورقهای شکل فاز هیدروکسی آپاتیت در پوشش است، که با افزایش نیروی نانودندانه گذاری، عمق نفوذ افزایش و مقاومت پوشش نیز در برابر نفوذ فرورونده افزایش یافته که در نهایت منجر به تغییر مدول الاستیک نمونه از ۵۲ گیگا پاسکال به ۳/۵ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰ میکرو نیوتن و از ۴۴/۶ گیگا پاسکال به ۱۰گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰۰ میکرو نیـوتن گردیـده است. نتایج نشان میدهند، اثر مهاری بر رشد باکتری E.Coli پوشش نانوساختار هیدروکسی آپاتیت-آلومینا- نقره به دلیل خاصیت ضد باکتری در اثرحضور عنصر نقره در پوشش کامپوزیتی در مقایسه با زيرلايه آلياژ منيزيم AZ31 به عنوان كنترل است.

کلمات کلیدی: پوشش هیدرو کسی آپاتیت- آلومینا- نقره، رسوبدهمی الکتروشمیمیایی، خواص نانومکانیکی، خاصیت ضد باکتری. نوع مقاله: پژوهشی صفحههای: ۲۵ تا ۳۴ شاپا چاپی: ۳۵۱–۱۷۳۵–۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۳۰۹–۲۷۸۳–۲۷۸۳ زبان نشریه: فارسی دسترس پذیر در نشانی: www.JICERS.ir تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش:

DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.1.2.3

نویسندگان مسئول:

دکتر علیرضا سوری

دکتر علی شانقی،

دانشگاه ملایر

14../.۴/14

۱- مقدمه

امروزه آلیاژهای منیزیم بهعنوان مواد کاشتنیهای زیست تخریب پذیر، به دلیل خواص عالی همانند خواص مکانیکی و پتانسیل ساختاری نزدیک به استخوان بدن، چگالی کم، استحکام ویژه بالا، پایداری شیمیایی و قابلیت ماشین کاری خوب به طور قابل توجهی مورد استفاده قرار گرفتهاند [۱]. در میان آلیاژهای منیزیم، آلیاژ منیزیم AZ31 حاوی ۳ درصد وزنی آلومینیوم و ۱درصد وزنی روی است که آلومینیوم منجر به بهبود سختی، استحکام، مقاومت سایش، پایداری شیمیایی در محیطهای مختلف اسیدی و بازی، کارسختی و انعطاف پذیری خواص مکانیکی می گردد، و عنصر روی علاوه بر بهبود خواص مکانیکی، منجر به افزایش

مقارات يزوهشم

زیستسازگاری آن در بدن میگردد [۲]. منیزیم نقش اساسی در متابولیسمهای سلولی به عهده دارد و میتواند بـهطور کامـل در محیط بدن حل گردد. منیزیم چهارمین کاتیون فراوان در بدن انسان است و در بیشتر متابولیسمها و مکانیزمهای بیولـوژیکی بـدن شركت دارد. پتانيسل الكتروشيميايي منيزيم ٢,٣٧- ولت است ك_ه سبب ذاتا فعال بودن فلز منيزيم، رخ دادن اكسيداسيون شدید و کاهش مقاومت به خوردگی در این فلز میگردد [۳]. در اثر خوردگی منیزیم، یونهای آزادشده میتوانند در بافتهای بـدن جذب شده یا در طول زمان حذف شوند. بنابراین، نیاز به یک جراحی ثانویه پس از بهبود استخوان برای حذف ایمپلنت از بین می رود [۴]. نرخ تخریب آلیاژهای منیزیم، دلیل اصلی محدودیت یا جلوگیری از استفاده از آنها در مقیاس زیاد است که منجر به افت نسبتا سریع پیوستگی مکانیکی در محیط بدن انسان میگردد. بنابراین، افزایش مقاومت به خوردگی آلیاژهای منیزیم و جلوگیری از افت سریع استحکام آنها از اهمیت بسزایی برخوردار است. روشهای متفاوتی برای افزایش مقاومت بـه خـوردگی و خواص مکانیکی آلیاژهای منیزیم مورد استفاده قرار میگیرد، همانند فرایندهای آنودایزینگ، پوششدهی و کاشت یـونی [۵]، در این میان پوششهای زیستسازگار و مقاوم در برابر خوردگی از اهمیت بسـزایی برخـوردار هسـتند [۴–۶]. در میـان پوشـشهـای اعمالی، پوشش هیدروکسی آیاتیت، 2(Ca10(PO4)6(OH) حاوی عناصر کلسیم، فسفات و یون های هیدروکسید، برای تشکیل ساختارهای استخوانی مورد استفاده قرار می گیرد، این پوشش دارای زیستسازگاری عالی، استخوان سازی خوب، سمیت کم، حلالیت پراکنده، جذب آهسته و پایداری حرارتی است که میتواند درون بدن جذب گردد. بنابراین یک پوشش مناسب برای کاشتنیهای زیست تخریب پذیر منیزیم است. اما ساختار شکننده سرامیکی هیدروکسی آپاتیت مانع استفاده از آن در کاربردهای حامل بار، بهصورت تک فاز گردیده است. استفاده از ساختارهای چند فازی در کنار پوشش هیدروکسی آپاتیت، می تواند راهکار مناسبی جهت بهبود رفتار مکانیکی و افزایش عملکرد آن باشد [۷–۱۰] در این میان ترکیبات سرامیکی، آلومینا بـ معنـوان یـک بیوسرامیک خنثی با زیستسازگاری خوب و پایداری عالی در محیطهای فیزیولوژیکی خورنده همراه با خواص مکانیکی خوب، می تواند به عنوان گزینه ای مناسب جهت ایجاد کامپوزیت هیدروکسی آپاتیت– آلومنیا و استفاده از آن در کاربردهای حامل بار باشد. پایداری و کارایی کاشتنیهای ارتوپدی به واکنش بین بافت با کاشتنی و همچنین وجود یک محیط استریل برای کاهش خطر عفونتهای باکتریایی بستگی دارد [۱۱] و جلوگیری از چسبندگی اولیه باکتری برای مهار تشکیل بیوفیلم بسیار مهم است [۱۲]، زيرا كه سطوح اصلاح نشده كاشتنىها مستعد ابتلا به عفونتهاى باكتريايي است كه در نهايت ممكن است منجر به التهاب و تخریب کاشتنی شود. عفونتهای باکتریایی ناشی از پاتوژنهای گرم مثبت و گرم منفی [۱۳–۱۴]، که منجر به تشکیل بیوفیلمها گردیده، با ایجاد عفونتهای استخوانی که باعث دو مرحله جراحیهای تجدید نظر به عنوان درمان اولیه [۱۵] همراه با مصرف آنتی بیوتیک را گردیده است [۱۶–۱۸]. یکی از فرایندهای موثر در کاهش عفونتهای باکتریایی، استفاده از عناصر ضد باکتری در سطوح کاشتنیها است، که در این میان نقره در بسیاری از ابزارهای پزشکی مانند سیمان استخوان، پینهای ثابت کننده ارتوپدی، کاشت دندان و پروتزهای قلبی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۹]. خواص ضد میکروبی نقره وابسـتگی زيـادی بـه آزاد سازی یون نقره †Ag [۱۱و ۱۷] واکنش آن با DNA باکتری دارد، که مانع از تکثیر باکتری و غیرفعال شدن باکتری مے گـردد [۱]. پوششهای هیدروکسی آپاتیت حاوی نقره، خاصیت ضد میکروبی از خود نشان داده اند [۱۸–۲۰]. روشهای متعددی بـرای لایـه نشانی پوشش های هیدروکسی آپاتیت بر روی کاشتنی های فلزی مورد استفاده قرار می گیرند، که عبارتند از: رسوب دهی الکتروشیمیایی [۲۱–۲۲]، فرایند سل-ژل [۲۳]، و روشهای زیست تقلیدی (۲۴]. در ایـن میـان، بررسـی خـواص نـانو مکـانیکی پوشش كامپوزيتي– ألومينا– نقره بهوسيله فرايند رسوبدهي الكتروشيميايي كه داراي مزايايي همانند اعمـال پوشـش بـا خلـوص بالا، کنترل دقیق ضخامت پوشش، کنترل نسبتا ساده پارامترهای پوشش دهی است، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، در این تحقیق پوشش نانوساختار هیدروکسی آیاتیت– آلومینا– نقره به کمک فرآیند رسـوب الکتروشـیمیایی بـر روی سـطح آلیـاژ منیزیم AZ31 اعمال گردیده، سپس خواص فازی و ساختاری، ریختشناسی، نوع پیوندها، نوع و درصد عناصر موجود در پوشش به ترتیب بهوسیله آنالیزهای FESEM ،FTIR ،GIXRD و EDAX مورد بررسی قرار گرفته، همچنین خواص نانو مکانیکی پوشش بهوسیله روشهای نانودندانه گذاری در بارهای مختلف ۵۰ و ۵۰۰ میکرو نیوتن ارزیابی شده است. سپس خاصیت ضد باکتری آلیاژهای سنتز شده بر روی باکتری گرم منفی اشرشیاکلی که از مهمترین باکتریهای خانوادهی انتروباکتریاسـه و عامـل شـایع در

¹Biomimetic

19

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٩٠٠

مقالات يژوهشر

مقالات پژوهشی

عفونتهای بسیاری از جمله سپسیس، گاستروانتریت، مننژیت نوزادان، عفونت کیسه صفرا و مجاری صفراوی، عفونت زخم، پنومونی، پریتونیت و به ویژه عفونتهای ادراری و نارساییهای کلیوی میباشد بررسی شد. هدف از ایـن تحقیـق اعمـال پوشـش نانوساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره بر روی سطح آلیاژ منیزیمی AZ31 با روش رسـوبدهـی الکتروشـیمیایی در دمـای پایین به منظور بهبود همزمان قابلیت زیست سازگاری و خاصیت ضد باکتری در ایمپلنتهای پزشکی است.

۲- فعالیتهای تجربی

ابتدا ورقهی آلیاژ منیزیم AZ31 با دستگاه لیزر به ابعاد ۲cm ×۱cm با ضخامت ۲mm ۲ برش داده شد، سیس آمادهسازی سطحی نمونهها بهوسیله سمبادههایی از شمارهی ۸۰۰ تا ۳۰۰۰ مـش و پـولیش بـهوسـیله سوسپانسـیون آلومینـایی حـاوی ذرات ۱ تـا ۳ میکرون انجام شده است. در ادامه با استفاده از حمام التراسونیک به ترتیب در محلولهای استون (ساسول، آفریقای جنوبی)، الکل و أب مقطر به مدت ۱۰ دقیقه عملیات چربیزدایی انجام شده است. در تهیه سوسپانسیون پوششدهی، کلسیم نیترات چهار آبه (مرک، <۹۹ ٪)، آمونيوم دي هيدروژن فسفات (مرک، <۹۹ ٪)، نيترات سديم (مرک، <۹9 ٪)، ، سـديم هيدروکسـيد (مـرک، <۹۹ ٪)، هیدروژن پراکسید ۳۰ درصد (مرک، <۹۹ ٪)، نیترات نقره و پودر آلومینا (مـرک، <۹۹ ٪)، و آب دی یـونیزه بـا نسـبت های مناسب مورد استفاده قرار گرفته و pH نهایی محلول سوسپانسیون ۴/۵ است و تمام مواد اولیه مرک و با خلوص اًزمایشگاهی هستند. همانطور که سوسپانسیون پوششدهی بر روی همزن مغناطیسی قرار دارد و نمونه جهت اعمال پوشش بـه عنوان کاتد و فولاد زنگ نزن ۳۱۶ بهعنوان آند در آن قرار دارد، پوشش دهی بهوسیله فرایند رسوب دهی الکتروشیمایی در جریان ۲ میلی آمپر، ولتاژ ۳ ولت، دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۰ دقیقه انجام شده است. دستگاه مورد استفاده ما در ایـن پـروژه دستگاه رسوبدهی الکتروشیمیایی ۲۰ اُمپر ۱۲ ولتی نوسانی دو قطبی مدل (SL20PRC) ساخت شرکت سیلیکون تبدیل توان بين الملل ايران با برند IPC مي باشد. ساختار فازي پوشش لايه نازك بهوسيله (GIXRD (Philips PW1730) بهوسيله اشعه ايكس Cu Ka با طول موج ۰٫۱۵۴۰۵۶ آنگسترم در ولتاژ ۴۰ کیلو ولت و جریان ۳۰ میلی آمپر در زوایای تفرق ۱۰ تـا ۸۰ درجـه و زاویـه وردی ۳ و ۷ درجه ارزیابی شده است، همچنین پیوندهای شیمیایی و گروههای عاملی پوشش بهوسیله روش سنجش مادون قرمز تبديل فوريه (FTIR) با دستگاه مدل AVATAR ارزيابی شده است. خواص ساختاری، ريخت شناسی، سطح مقطع يوشش تک لايه هيدروكسي أپاتيت ألومينا- نقره بهوسيله ميكروسكوپ الكتروني روبشي گسيل ميداني (FESEM) و توپوگرافي سطحي لايهها بـه وسیله میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) در مقیاس ۵ میکرومتر مورد بررسی قرار گرفت. خواص نانو مکانیکی نمونهها همانند نانو سختی، مدول الاستیک و مکانیزم عمق نفوذ بوسیله AFM و فرورونده بر کوویچ (منشوری با زاویـه رأس ۱۴۲/۳ درجـه) و نـرم افزارهای IIINanoscope (بررسی تصاویر) و Triboscope (رسم و بررسی نمودارها) تحت بارهای مختلف اعمالی در جهت ثابت بر روی سطح نمونهها همانند ۵۰ و ۵۰۰ میکرونیوتن مورد ارزیابی قرار گرفت. خاصیت ضد باکتری پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره در برابر باکتری گرم منفی اشرشیا کلی با روش سنجش میزان کدورت که بیانگر رشد باکتری در محیط کشت، برای الیاژهای کنترل و نمونهی سنتز شده انجام شد به این صورت که از کشت ۱۶تا ۱۸ ساعته باکتری در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد در انکوباتور پیش کشت در محیط نوترینت براث تهیه شد. سپس از پیش کشت، ۵,۰ مک فارلند تهیه شد و ۵ میلی لیتر از کشت تهیه شده در لولههای استریل مجزا، لولهی اول حاوی پوشش هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره به عنوان نمونه مورد بررسی، لولهی دوم حاوی آلیاژ منیزیم بدون پوشش به عنوان کنترل ریخته شد. به یک لول ه ه ۸ میلی لیتر محیط کشت خالی به عنوان کنترل منفی اضافه شد. بعد از ۶ و ۱۸ ساعت کشت در انکوباتور شیکردار سنجش اثر نمونه ها بر روی روند رشد باکتری مورد نظر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Biotek) در ۶۳۰ نانومتر بررسی شد، همچنین از نمونههای بهدست أمده با كشت روى محيط كشت حاوى نوتريت أگار تست شمارش كلوني (CFU) انجام شد. جهت افزايش قابليت تكـرارپـذيري و اطمینان از دادهها آزمایشها سه مرتبه تکرار شدهاند.

۳-نتایج و بحث

در شکل ۱ الگوی پراش اشعه x با زاویههای ورودی ۳ و ۷ درجه برای نمونه HA-Al2O3-Ag نشان دهنده ساختار کاملا کریستالی

پوشش کامپوزیتی با متوسط اندازه بلورک ۳۵ نانومتر است، که با توجه به کارت استاندارد شماره ۲۳۰۸–۹۰۰ پوشش هیدروکسی آپاتیت دارای ساختار بلوری هگزاگونال با سه پیک اصلی در زوایای تفرق برابر با ۳۶/۹۳، ۲۵/۵۶، ۲۵/۱۹ درجه به ترتیب مربوط به صفحات بلوری (۱۱۰) و (۰۰۰) و (۰۱۰) است. همچنین فاز آلومینا پوشش با توجه به کارت استاندارد شماره ۲۵۸۲، ۲۵/۵۶، درجه به ترتیب مربوط به صفحات بلوری (۱۱۰) و (۰۰۰) و (۰۱۰) است. همچنین فاز آلومینا پوشش با توجه به کارت استاندارد شماره ۲۵۸۲، ۲۵/۵۶، درجه به کرت استاندارد شماره ۲۵۸۲، ۲۵/۵۶، درجه به ترتیب مربوط به صفحات بلوری (۱۱۰) و (۰۱۰) و (۰۱۰) است. همچنین فاز آلومینا پوشش با توجه به کارت استاندارد شماره ۲۰۸۲ ۲۸۸۲–۹۰۰ –۹۶ دارای ساختار کوراندوم با سه پیک ۲۵/۵، ۲۵/۴۴، ۲۶/۹۵ درجه به ترتیب مربوط به صفحات (۱۱۰) و (۱۱۰) و (۱۱۳ (۱۱۳) میباشد. افزایش زاویه ورودی اشعه ایکس از ۳ به ۷ درجه، نشان دهنده افزایش شدت فازهای آلومینا و نقره در ساختار پوشش هیدروکسی آپاتیت آلومینا – نقره است، که این میتواند ناشی از ساختار لایه ای و متخلخل هیدروکسی آپاتیت باشد که با





در شکل ۲ منحنی FTIR پوشش نانوس اختار هیدروکسی آپاتیت – آلومین ا – نقره، نشان دهنده حضور پیکها در محدوده ^۱ محدوده ^۱ مربوط به پیوندهای ^۱ PO^۳، در واقع پیکهای در محدوده ^۱ مربوط به پیوندهای فسفاتی ۲۰۵۹ و ^۱ PO^۳، در واقع پیکهای در محدوده ^۱ m۹ ۲۹۸۰ – ۱۰۰۰ مربوط به پیوندهای فسفاتی PO^۳، در واقع پیکهای در محدوده ^۱ مربوط به باندهای فسفاتی ۲۰۵۹ و ^۱ PO^۳، در واقع پیکهای در محدوده ^۱ مربوط به پیوندهای فسفاتی PO^۳، در واقع پیکهای در محدوده ^۱ مربوط به پیوندهای فسفاتی PO^۳، ورد مربوط به پیوندهای در محدوده ^۱ مربوط به باندهای فسفاتی PO^۳، در واقع پیکهای در محدوده ^۱ مربوط به پیوندهای مربوط به پیوندهای فسفاتی PO^۳، در واقع پیکهای در محدوده (۱۰۰ مربوط به پیوندهای مربوط به پیوندهای مربوط به پیوندهای فسفاتی PO^۳ و ^۱ مربوط به پیوندهای و پیک ^۱ مربوط به پیوندهای هیدروژنی PO و گروه هیدروکسیل ترکیب میباشد. همچنین پیکهای ^۱ محمود و ^۱ ۳۶۹۵ مربوط به پیوندهای هیدروژنی PO و گروه هیدروکسیل ترکیب میباشد. همچنین پیکهای ^۱ محمود و ^۱ ۳۶۹۵ مربوط به پیوندهای هیدروژنی PO و گروه هیدروکسیل درساختار هیدروکسی آیاتیت است که مطابق با مقالات [۲۵ – ۲۶] پهن بود پیکهای آنها بیانگر پایدرای پوشش هیدروکسی آیاتیت است که مطابق با مقالات [۲۵ – ۲۶] پهن بود پیکهای آنها بیانگر پایدرای پوشش هیدروکسی آپاتیت است. لازم به ذکر است که وجود پیکهای تیز در نمودار طیف سنجی FTIR نشان از کریستالی بودن بالای پوشش دارد [۲۵].



در شکل ۳ تصاویر FESEM و منحنی EDAX و نقشه عناصر اکسیژن، آلومینیوم، فسفر، کلسیم و نقره در پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت– آلومینا– نقره نشان داده شده که بیانگر ساختار اگلومره شکل، متخلخل و لایهای شکل مربوط به هیدروکسی آپاتیت است که پیرامون آنها را رشتههای نازک فرا گرفته است، که در بزرگنمایی ۱۰۰ هزار برابر ساختار گلی شکل فطلنامه سرامیک ایران دوره ۱۷ شماره ۱ بهار ۲۰۰۰

مقارات پژوهشر

مقالات پژوهشم

هیدروکسی آپاتیت به خوبی مشاهده شده است. همچنین در شکل ۳-ج منحنی EDAX حضور عناصر اکسیژن، آلومینیوم، نقره، کلسیم و فسفر در پوشش نانوساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره و همچنین نقشه های عنصری در شکل۳ نشان دهنده توزیع یکنواخت عناصر و نسبت غلظت کلسیم به فسفر حدود ۱/۴ است.









شکل ۳– تصاویر FESEM پوشش نانوساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره در بزرگنماییهای الف) ۱۰ هزار برابر و ب) ۱۰۰ هزار برابر، ج) منحنی EDAX، نقشه عناصر منظقه قرمز رنگ شکل الف، د) کلسیم، ه) فسفر، و) اکسیژن، ز) نقره. مطابق مقالات پوشش هیدروکسی آپاتیت خالص بافتی غیریکنواخت داشته و در نواحی مختلف سطح فرورفتگیها و ترکهایی وجود دارد و حضور عناصر نقره در پوشش منجر به ایجاد پوشش پیوسته و تقریبا یکنواختی همراه با حذف تدریجی ترکها شده است [۱۹–۲۰]. در شکل ۴ تصاویر AFM زیرلایه منیزیم AZ31 و پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت– آلومینا– نقره نشان داده شده، که به خوبی بیانگر افزایش زبری سطح پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت– آلومینا– نقره با مهیت ورقهای شکل پوشش هیدروکسی آپاتیت (مطابق تصاویر FESEM نشان داده شده در شکل ۳) در مقیاس^۲ سام ۵ است. تصویر AFM به خوبی تایید کننده نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی است.



شكل ۴- تصوير AFM، الف) زيرلايه منيزيم AZ31 و ب) پوشش نانو ساختار هيدروكسي آپاتيت- آلومينا- نقره.

در شکل ۵ خواص نانو مکانیکی زیرلایه منیزیم AZ31 و پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت – آلومینا – نقره بهوسیله روش نانو دندانه گذاری جهت بررسی خواص نانو مکانیکی همانند سختی و مدول الاستیک در باره ای مختلف ۵۰ و ۵۰۰ میکرونیوتن، متناسب با قانون یک دهم ضخامت مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن بطور خلاصه در جدول ۱ ارائه شده است. پوشش نانوساختار هیدروکسی آپاتیت – آلومینا – نقره منجر به کاهش سختی سطح نمونه از ۷/۷۲ گیگا پاسکال به ۲۰/۱ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰ میکرو نیوتن و ۱/۳۴ گیگاپاسکال به ۲۲/۰ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰۰ میکرونیوتن گردیده است. دلیل این کاهش سختی ناشی از ماهیت متخلخل و ورقهای شکل فاز هیدروکسی آپاتیت در پوشش است، که حال با افزایش نیروی نانو دندانه گذاری، عمق نفوذ افزایش و مقاومت پوشش نیز در برابر نفوذ فرورونده افزایش یافته که در نهایت منجر به تغییر مدول الاستیک نمونه از ۵۲ گیگاپاسکال به ۲/۳ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰۰ میکرونیوتن گردیده است. دلیل این مندانه گذاری، عمق نفوذ افزایش و مقاومت پوشش نیز در برابر نفوذ فرورونده افزایش یافته که در نهایت منجر به تغییر مدول الاستیک نمونه از ۵۲ گیگاپاسکال به ۲/۳ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰ میکرونیوتن و از ۴/۴۶ گیگا پاسکال به ۱۰ در بار اعمالی ۵۰۰ میکرو نیوتن گردیده است. البته قابل ذکر است که در مقایسه با پوشش هیدروکسی آپاتیت، حضور آلومینا به دلیل سختی بسیار بالایی که دارد و ضریب اصطکاک پایین آن باعث افزایش سختی پوشش و بهبود خصوصیت سایشی پوشش میدروکسی آپاتیت – آلومینا گردیده و افزایش درصد آلومینا به جهت سختی بالاتر نمونه، منجر بهبود مقاومت در برابر سایش

جدول ۱-نتایج خلاصه شده آزمایش دندانه گذاری زیرلایه منیزیم AZ31 و پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره تحت بار گذاریهای مختلف ۵۰ و ۵۰۰ میکرونیوتن.

ماکزیمم عمق نفوذ (nm)	سختی (GPa)	مدول الاستيك (GPa)	نمونه	بار اعمالی(µN)
75	•/٧٢	۵۲	زير لايه AZ31	۵۰
11.	•/\\	٣/۵	HA-alumina- Ag	
١٢٨	۱/۳۴	44/8	زير لايه AZ31	۵۰۰
491	•/٢٢	١.	HA-alumina- Ag	

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٩٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧

مقالات يژوهشر



شکل ۵– الف) منحنی نانودندانه گذاری زیرلایه منیزیم AZ31 و پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره تحت بار گذاریهای مختلف الف) ۵۰ میکرونیوتن و ب) ۵۰۰ میکرونیوتن.

همچنین قابل ذکر است که با اعمال پوشش هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره، میزان جابجایی در اثر اعمال بار ثابت در هنگام تغییر نحوه بارگذاری (قسمت افقی نمونه) افزایش یافته که میتواند بیانگر افزایش قابلیت ازدیاد طول سطح نمونه پوشش داده شده در مقایسه با زیرلایه منیزیم AZ31 باشد.

به طورکلی چندین ویژگی مهم در تمایل اولیه و چسبندگی سلولها برسطح ایمپلنت وجود دارد که شامل ریختشناسی سطح ایمپلنت، بار سطحی، رطوبت سطح، آبدوستی ایمپلنت و انرژی آزاد سطحی هستند و ایمپلنتهایی که دارای سطح ناهموار و زبرتری هستند توانایی زیادی در جذب سلولهای استخوانی و به عبارتی دیگر توانایی بالایی در اتصال به استخوان دارنـد [۲۸]، بنابراین رفتار ضد باکتری پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت– آلومینا– نقره در برابر باکتری گرم منفی E.Coll بوسیله آزمون شمارش کلونی و کدورتسنجی مورد بررسی قرار گرفته است. عنونتهای ناشی از باکتریهای گرم منفی به اندازه باکتریهای گرم مثبت شایع نیستند، اما اگر این عفونتها رشد یابد و اجازه تشکیل بیوفیلمها را بدهد، می تواند عفونتهای استخوانی را ایجاد نموده و بسیار خطرناک هستند و در نهایت باعث جراحی مجدد میگردند [۱۱]. دادههای آزمون شارش کلونی بیانگر کاهش تعداد کلونیهای باکتری ای ای تعونتها رشد یابد و اجازه تشکیل بیوفیلمها را بدهد، می تواند عفونتهای استخوانی را ایجاد نموده و بسیار خطرناک هستند و در نهایت باعث جراحی مجدد میگردند [۱۱]. دادههای آزمون شارش کلونی بیانگر کاهش تعداد کلونیهای باکتری افتار ای ای باکتری نمونه کنترل به ۵۳ عدد کلونی برای پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت– آلومینا– نقره است. خواص ضد میکروبی نقره وابستگی زیادی به آزاد سازی یون نقره ⁺Ag و واکنش آن با DNA باکتری دارد، که مانع از تکثیر باکتری و غیرفعال شدن باکتری میگردد [۱۱].

مطابق شکل ۶٬ میزان درجه رشد باکتری اشرشیاکلی در هنگام آزمایش کدورتسنجی درمحیط کشت نوترینت بـراث انجـام شـد٬

مقالات يژوهشر

که همانطور که در شکل ۶ مشخص است رشد باکتری باعث کدر شدن محیط کشت شده است. در تصویر ۶- الف محیط کشت شفاف و نشان دهنده ی اثر مهاری پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت آلومینا - نقره بر رشد باکتری بوده که نسبت به نمونه ی کنترل به صورت کدر بودن محلول و رشد باکتری قابل مشاهده است.



شکل ۶- آزمایش کدورتسنجی درون لوله آزمایش درمحیط کشت نوترینت براث. الف) پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا-نقره، ب) منیزیم بدون پوشش.

همانطور که در شکل ۷ دیده شده، تعداد کلونیها درنمونهی کنترل به شکل معناداری بیشتر از نمونهی حاصل از کشت پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت– آلومینا– نقره است که بیانگر اثر ضد باکتری پوشش های سنتز شده است.



شکل ۷- نتایج تست شمارش کلونی الف) پوشش نانو ساختار هیدروکسی آپاتیت- آلومینا- نقره ب) نمونه یکنترل.

۴- نتیجهگیری

پوشش نانو ساختار همگن و یکنواخت هیدروکسی آپاتیت – آلومینا – نقره با ضخامت تقریب ۶/۶ میکرومتر بر روی سطح آلیاژ منیزیم AZ31 با استفاده از فرایند رسوبدهی الکتروشیمیایی در ولت ۳ ولت، شدت جریان ۲ میلی آمپر در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۴۰ دقیقه اعمال شده است. نتایج بیانگر تشکیل پوشش همگن و یکنواخت نانوساختار هیدروکسی آپایتیت – آلومینا – نقره در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد است، که منجر به کاهش سختی سطح نمونه از ۲/۷۰ گیگا پاسکال به ۲۰/۱۰گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰ میکرو نیوتن و ۲۰/۴ گیگا پاسکال به ۲۰/۰ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰۰ میکرو نیوتن گردیده، دلیل این کاهش سختی ناشی از ماهیت متخلخل و ورقهای شکل فاز هیدروکسی آپاتیت در پوشش است، که با افزایش نیروی نانودندانهگذاری، عمق نفوذ افزایش و مقاومت پوشش نیز در برابر نفوذ فرورونده افزایش یافته که در نهایت منجر به تغییر مدول الاستیک نمونه از ۵۲ گیگا پاسکال به ۲/۵ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰۰ میکرو نیوتن مدول الاستیک نمونه از ۵۲ گیگا پاسکال به ۲۸ گیگا پاسکال در بار اعمالی ده در نهایت منجر به تغییر مدول الاستیک نمونه از ۵۲ گیگا پاسکال به ۲۰ گیگا پاسکال در بار اعمالی میدروکسی آپاتیت در پوشش است، که با افزایش مدول الاستیک نمونه از ۵۲ گیگا پاسکال به ۲۰ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۱۰ میکرو نیوتن و از ۶/۴۶ گیگا پاسکال به مدول الاستیک نمونه از ۵۰ گیگا پاسکال به ۲۰ گیگا پاسکال در بار اعمالی ۵۰ میکرو نیوتن و از ۶/۴۴ گیگا پاسکال به مقالات پژوهشر

کننده، سختی و مدول یانگ پوشش افزایش و خواص الاستیکی آن نیز بهبود یافته است. همچنـین نقـره در پوشـش، عـلاوه بـر بهبود سختی پوشش، باعث شد خواص ضد باکتری گردیده است.

نقره اثر ضد میکروبی قوی در برابر گونههای خاصی از میکروارگانیزمها دارد و به صورت انتخاب گر عمل می کند لـذا تـأثیر سـمی کمی در برابر سایر میکروارگانیزمها از خود نشان میدهد. مکانیزمهای متفاوتی برای عملکرد ضـد میکروبی نقـره گـزارش شـده است. سه مکانیزم اصلی که بیشتر مورد استناد قرار گرفتهاند عبارتند از تخریب غشای سلول، واکنش با گـروههای HL موجود در آنزیمها و ایجاد اختلال در متابولیسمهای سلولی و تولید گونههای اکسیژن فعال. بنابراین نتایج ایـن تحقیـق کـه شـامل کـاهش حدود ۸۴ درصدی رشدکلونیهای باکتری E.Coli به دلیل حضور عنصر نقره در پوشش کامپوزیتی در مقایسه بـا زیـر لایـه آلیـاژ منیزیمAzatil توجیه است. در نهایت با توجه به هزینه کم ساخت این نوع پوشش پیشنهاد میشود که در سـنتز ایمپلنـتها استفاده شود.

مراجع

- K. Munir, J. Lin, C. Wen, P. F. A. Wright, Y. Li, Mechanical, corrosion, and biocompatibility properties of Mg-Zr-Sr-Sc alloys for biodegradable implant applications, Acta Biomaterialia, vol. 102, pp. 493-507, 2020.
- [2] A. Mohamed, A.M.El-Aziz, H.G. Breitinger, Study of the degradation behavior and the biocompatibility of Mg–0.8Ca alloy for orthopedic implant applications, Journal of Magnesium and Alloys, vol. 7, pp. 249-257, 2019.
- [3] S. Virtanen, "Biodegradable Mg Alloys: Corrosion, Surface Modification, and Biocompatibility," Springer, Boston, MA, pp. 101–125, 2012.
- [4] M. Rahimi, R. Mehdinavaz Aghdam, M. HeydarzadehSohi, A. Hossein Rezayan, M. Ettelaei, Improving biocompatibility and corrosion resistance of anodized AZ31 Mg alloy by electrospun chitosan/mineralized bone allograft (MBA) nanocoatings, Surface and Coatings Technology, vol. 405, 126627, 2020.
- [5] Z. Geng, X. Li, Y. Zhang, E. Lin, S.Z. Kure-Chu, X. Li, X. Xiao, Corrosion resistance and degradation behavior of anodized Mg-Gd alloys: A comparative study, Surface and Coatings Technology, vol. 412, 127042, 2021.
- [6] W. Zai, X. Zhang, Y. Su, H.C.Man, G. Li, J.Lian, Comparison of corrosion resistance and biocompatibility of magnesium phosphate (MgP), zinc phosphate (ZnP) and calcium phosphate (CaP) conversion coatings on Mg alloy, Surface and Coatings Technology, vol. 397, 125919, 2020.
- [7] M. Afifi, M.K. Ahmed, A.M. Fathi, VukUskoković, Physical, electrochemical and biological evaluations of spin-coated ε-polycaprolactone thin films containing alumina/graphene/carbonated hydroxyapatite/titania for tissue engineering applications, International Journal of Pharmaceutics, Vol. 585, 119502, 2020.
- [8] C. Piconi, Alumina Comprehensive Biomaterials, vol. 1, pp. 73-94, 2011.
- [9] N.S. Shahabudin, Z.A. Ahmad, N.S. Abdullah, Alumina Foam (AF) Fabrication Optimization and SBF Immersion Studies for AF, Hydroxyapatite (HA) Coated AF (HACAF) and HA-bentonite Coated AF (HABCAF) Bone Tissue Scaffolds Procedia Chem., vol. 19 pp. 884-890, 2016.
 [10] M. Sattary, M. Rafienia, M.T. Khorasani, H. Salehi, The effect of collector type on the physical, chemical,
- [10] M. Sattary, M. Rafienia, M.T. Khorasani, H. Salehi, The effect of collector type on the physical, chemical, and biological properties of polycaprolactone/gelatin/nano-hydroxyapatite electrospun scaffold, J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater., vol.107 pp. 933-950, 2018.
- [11] Nathan A. Trujillo, Rachael A. Oldinski, Hongyan Ma, James D. Bryers, John D. Williams, Ketul C. Popat, Antibacterial effects of silver-doped hydroxyapatite thin films sputter deposited on titanium, Materials Science and Engineering: C, vol.32, pp. 2135-2144, 2012.
- [12] P. H. Chua, K.G. Neoh, Z. Shi, E.T. Kang, Structural stability and bioapplicability assessment of hyaluronic acid–chitosan polyelectrolyte multilayers on titanium substrates, J. Biomed. Mater. Res. A, vol. 87A, pp. 1061–1074, 2008.
- [13] J.H. Lee, H.J. Wang, J.B. Kaplan, W.Y. Lee, Microfluidic Approach to Create Three-Dimensional Tissue Models for Biofilm-Related Infection of Orthopaedic Implants, Tissue Eng. C Meth. Vol. 17, pp.39–48, 2011.
- [14] D. Campoccia, L. Montanaro, C.R. Arciola, The significance of infection related to orthopedic devices and issues of antibiotic resistance, Biomaterials, vol. 27 pp. 2331–2339, 2006.
- [15] L. Bernard, P. Hoffmeyer, M. Assal, P. Vaudaux, J. Schrenzel, D. Lew, Trends in the treatment of orthopaedic prosthetic infections, J. Antimicrob.Chemother. vol. 53 pp. 127–129, 2004.
- [16] V.H. Chu, D.R. Crosslin, J.Y. Friedman, S.D. Reed, C.H. Cabell, R.I. Griffiths, L.E.Masselink, K.S. Kaye, G.R. Corey, L.B. Reller, M.E. Stryjewski, K.A. Schulman, V.G. Fowler Jr. Staphylococcus aureus bacteremia in patients with prosthetic devices: Costs and outcomes, Am. J. Med. Vol. 118, pp.1416, 2005.
- [17] A.B. Lansdown, Critical Observations on the Neurotoxicity of Silver, Critical Reviews in Toxicology, Vol. 37, pp. 237–250, 2007.

22

- مقالات پژوهشی
- [18] A. Ewald, S.K. Gluckermann, R. Thull, U. Gbureck, Antimicrobial titanium/silver PVD coatings on titanium, Biomed. Engineering, vol. 5, pp. 22, 2006.
- [19] X. Zheng, Y. Chen, Y. Xie, H. Ji, L. Huang, C. Ding, Antibacterial property and biocompatibility of plasma sprayed hydroxyapatite/silver composite coatings, J. Therm. Spray Technol, vol. 18. pp. 463-463, 2009.
- [20] W. Chen, S. Oh, A.P. Ong, N. Oh, Y. Liu, H.S. Courtney, M. Appleford, J.L. Ong, Antibacterial and osteogenic properties of silver-containing hydroxyapatite coatings produced using a sol gel process, J. Biomed. Mater. Res. A, vol. 82A, pp.899–906, 2007.
- [21] Alexandra Ioana Bucur, EmanoilLinul, Bogdan-OvidiuTaranu, Hydroxyapatite coatings on Ti substrates by simultaneous precipitation and electrodeposition, Applied Surface Science, vol.527, 146820, 2020.
- [22] Ting-Ting Li, Lei Ling, Mei-Chen Lin, Qian Jiang, Qi Lin, Ching-Wen Lou, Jia-Horng Lin, Effects of ultrasonic treatment and current density on the properties of hydroxyapatite coating via electrodeposition and its in vitro biomineralization behavior, Materials Science and Engineering: C, vol.105, 110062, 2019.
- [23] N.F. Mohammad, R.N. Ahmad, N.L. MohdRosli, M.S.Abdul Manan, M. Marzuki, A. Wahi, Sol gel deposited hydroxyapatite-based coating technique on porous titanium niobium for biomedical applications: A mini review, Materials Today: Proceedings, vol. 41, pp.127-135, 2021.
- [24] Changmin Hu, Le Yu, Mei Wei, Sectioning studies of biomimetic collagen-hydroxyapatite coatings on Ti-6Al-4V substrates using focused ion beam, Applied Surface Science, vol.444, pp.590-597, 2018.
- [25] A. Stoch, A. Broz ek, S. Błaz ewicz, W. Jastrze bski, J. Stoch, A. Adamczyk, I.Ro'j, FTIR study of electrochemically deposited hydroxyapatite coatings on carbon materials, Journal of Molecular Structure vol. 651–653, pp.389–396, 2003.
- [26] M. Nabil Salimi, R.H. Bridson, L.M. Grover, G.A. Leeke, Effect of processing conditions on the formation of hydroxyapatite nanoparticles, Powder Technology, vol.218, pp. 109-118, 2012.
- [27] Z. Evis, R. H.Doremus, Coatings of hydroxyapatite nanosize alpha alumina composites on Ti-6Al-4V, Materials Letters, vol.59, pp.3824-3827, 2015.
- [28] M. Scharin-Mehlmann, A. Häring, M. Rommel, T. Dirnecker, O. Friedrich, L. Frey, D. F. Gilbert, Nanoand Micro-Patterned S-, H-, and X-PDMS for Cell-Based Applications: Comparison of Wettability, Roughness, and Cell-Derived Parameters, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology vol. 6, pp.1-13, 2018.


مروری بر روش اکسیداسیون الکترولیتی پلاسمایی برای **رامیک ایرانی اصلاح سطح ایمپلنتهای فلزی**

ليلا فتح يونس نژند (*، حامد نامدار اصل ، مهران اتحادى ، فاطمه روحاني"، ميلاد حقي"

ٔ استادیارگروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب ^۲ کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب ^۳ دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب

چکیدہ: فلزات به دلیل دارا بودن خواص مکانیکی مطلوب در ساخت ایمپلنتهای تحت بار استفاده می شوند. اما ماهیت زیست خنثای فلزات سبب میشود که رشد استخوان در روی سطح ایمپلنت به خوبی انجام نگیرد. همچنین از آنجاییکه برای درمان شکستگیهای استخوان نیاز به تثبیت ایمپلنت در موضع کاشت است، لذا لق شدن آن در نتیجه تشکیل فصل مشترک ضعیف با بافتهای اطراف، منجر به عدم موفقیت در ایمپلنت گذاری می شود. خوردگی و خواص تریبولوژیکی ضعیف فلزات نیز کاهش عمـر ایمپلنت و واکنش های التهابی را به دنبال دارد. امروزه برای دستیابی به مقبولیت بیشتر، اصلاح سطح ایمپلنتهای فلزی توسط پوششهای زیست فعال، سخت و مقاوم به خوردگی مورد توجه است. یکی از روشهای موفق در این زمینه، اکسیداسیون الکترولیتی پلاسـمایی (PEO) اسـت کـه در آن از ولتاژهای بالا در حد چند صد ولت برای تشکیل پلاسما و رشد لایه اکسیدی متخلخل بـا چسـبندگی مطلوب بر روی سطح فلزات سبک استفاده میشود. هدف از مقاله کنونی بررسی مکانیزم پوشش دهی و تاثير يارامترهاي مختلف نظير ولتاژ، فركانس، دانسيته جريان، مدت زمان PEO و تركيب الكتروليت مورد استفاده بر روی ویژگیها و خواص پوششهای حاصل توسط این روش است. **كلمات كليدى:** اكسيداسيون الكتروليتى پلاسمايى، ايمپلنتهاى فلزى، اصلاح سطح، پوششردهى.



نویسنده مسئول: دكتر ليلا فتح يونس دانشگاه بناب نوع مقاله: پژوهشی صفحههای: ۳۵ تا ۴۲ شاپا چاپی: ۳۳۵۱–۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷–۲۷۸۳ زبان نشریه: فارسی دسترسپذیر در نشانی: www.JICERS.ir تاريخ دريافت: 14../.٣/ تاريخ پذيرش: 14../.4/14

20.1001.1.17353351.1400.17.1.1.2

DOR

۱- مقدمه

فلزات با دارا بودن خواص مکانیکی مطلوب در ساخت ایمپلنتهای تحت بار استفاده می شوند. با این حال، به دلیل ماهیت زیست خنثی، پاسخ سیستم ایمنی بدن میزبان، احاطه کردن ایمپلنتهای فلزی توسط بافت فیبری است [۱] که سبب لق شدن ایمپلنت در موضع کاشت می شود [۲]. همچنین ضریب اصطکاک بالا و مقاومت به سایش پایین فلزات، کاهش عمر ایمپلنت را به دنبال دارد [۳]. لذا برای رفع این مشکلات، اصلاح سطح ایمپلنتهای فلزی ضروری است. تکنیکهای رایج نظیر رسوبدهی فیزیکی و شیمیایی بخار برای فلزات نقطه ذوب پایین مناسب نمی باشند. ضخامت پایین، چسبندگی ضعیف پوشش و هزینه بالا از ایرادات دیگر این روشها هستند [۴]. در میان روشهای الکتروشیمیایی نیز، آندایزینگ به طور موفقیتآمیزی جهت حفاظت از فلزاتی نظیر Hf ،Nb ،Zr ،Ti ،AI ،Mg و Ta استفاده می شود [۵]. از جمله معایب آندایزینگ، استفاده از الکترولیتهای سمی و نرخ رسـوب پایین است [۴]. از اینرو امروزه مطالعات بر روی ایجاد پوشش از الکترولیتهای سازگار با محیط زیست توسط روش اکسیداسیون

مقارات يژوهش

الکترولیتی پلاسمایی (PEO)^۱ متمرکز شده است [۶]. در جدول ۱ بخشی از مطالعات انجام شده در ارتباط با اصلاح سطح ایمپلنتهای فلزی با روش مذکور ارائه شده است.

رفر: س	سال	خلاصهي نتايج	زيرلايه	پوشش
[γ]	7071	بهبود مقاومت به سایش	تيتانيم	پوشش اکسیدی حاوی ZrO ₂
[٨]	2021	بهبود سختی، آب دوستی سطح و مینرالیزاسیون آپاتیت	آلياژ Ti-6Al-4V	۲iO₂/ گرافن/HA
[٩]	۲۰۲۰	بهبود زيستفعالى	آلياژ Ti-25Nb-25Ta	TiO ₂ /HA
[1.]	2019	بهبود زيستفعالى	تانتاليم	HA
[11]	2019	بهبود سختی، تافنس و پایداری الکتروشیمیایی	آلياژ Ti-Nb-Zr-Ta	لایه اکسیدی آمورف و متخلخل
[17]	2018	بهبود فعالیت سلولهای استئوبلاست، مقاومت به خوردگی و سایش	آلیاژ Ti-39Nb-6Z r	TiO ₂ / Nb ₂ O ₅ /ZrO ₂
[1٣]	2017	آب دوستی و بهبود زیستسازگاری	نيوبيم	آپاتیت/ Nb ₂ O ₅
[14]	7014	بهبود مقاومت به خوردگی	آلياژ Ti-13Nb-13Zr	پوشش اکسیدی حاوی Nb ₆ O ،Ti ₆ O و
[١۵]	5018	بهبود خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی	منيزيم	MgO
[18]	5018	بهبود مقاومت به خوردگی	تيتانيم	TiO_2
[\Y]	7014	بهبود مقاومت به خوردگی، افزایش ثابت دی الکتریک	تيتانيم	باريم تيتانات
[١٨]	2012	بهبود مقاومت به خوردگی و زیستفعالی	زيركونيم	ZrO ₂
[١٩]	7.11	بهبود مقاومت به سایش	آلياژ Ti–6Al–4V	TiO ₂
[٢.]	7.1.	بهبود تشکیل آپاتیت بر روی سطح	تيتانيم	TiO ₂ /ZrO ₂

،ی اعمال پوشش به روش PEO بر روی ایمپلنتهای فلزی	جدول ۱ – مروری بر مطالعات انجام شده در زمین
---	--

Y- روش اکسیداسیون الکترولیتی پلاسمایی (PEO)

روش PEO برای ایجاد لایه محافظ و سخت بر روی فلزاتی استفاده می شود که تمایل به اکسید شدن دارند [۲۱]. مزایای این روش شامل تک مرحلهای و ساده بودن فرآیند و تجهیزات مورد نیاز، هزینه نسبتا پایین، امکان پوشش دهی قطعات بزرگ، تشکیل فاز بلوری و دستیابی به مقاومت به سایش و خوردگی مطلوب است [۲۱و ۲۲].

PEO تغییرات ولتاژ بر حسب زمان در طول فرآیند PEO

شکل ۱ نمودار تغییرات ولتاژ در طول فرآیند PEO را نشان میدهد. مرحله اول شامل تشکیل لایه پسیو همراه با افزایش سریع ولتاژ است. سپس بخشهای ضعیف لایه اکسیدی در ولتاژهای بالاتر از ولتاژ شکست، دچار شکست دی الکتریک میشوند [۴، ۲۳]. در این مرحله، تعداد زیادی جرقه کوچک در نتیجه تخلیه الکتریکی تشکیل میشوند [۲۴]. مقدار ولتاژ شکست به هدایت الکترولیت [۳۳]، فرکانس [۲۵] دانسیته جریان اعمالی [۲۶] و جنس زیرلایه [۲۴] بستگی دارد. در مرحله سوم، ولتاژ به یک مقدار ثابت بحرانی می رسد و تعداد کمتری جرقه با شدت بیشتر بر روی سطح تشکیل میشوند [۲۲].

² Hydroxyapatite

۲-۲-مکانیزمهای تخلیههای الکتریکی

مطابق شکل ۲، سه مدل برای تخلیه الکتریکی پیشنهاد شده است. در مدل اول، تخلیه به دلیل شکست موضعی لایه اکسیدی اتفاق میافتد. مدل دوم مربوط به تخلیه گاز در میکرو حفرات لایه اکسیدی است. مدل آخر به تخلیه درخشان تماسی^۳ معروف است. انتشار الکترونهای آزاد به داخل محیط گازی تشکیل شده بر روی سطح زیرلایه در طول فرآیند PEO، شرط شروع تخلیه در این مدل است [۲۹ و ۲۹].





شکل ۲- تصویر مدل میکرو تخلیهها الف) شکست دی الکتریک ب) تخلیه در حفره و ج) تخلیه درخشان [۲۹].

۲-۳- انواع تخلیههای الکتریکی

سه نوع تخلیهی الکتریکی A، B و C در روش PEO پیشنهاد شده است که نوع A و C، ضعیف تر از نوع B میباشند [۲۵]. میکرو تخلیههای نوع B به دلیل شکست دی الکتریک رخ میدهند. مورفولوژی شبیه دهانه آتشفشانی یا پنکیک مانند (شکل ۳)، مشخصهی این نوع تخلیه الکتریکی است. شدت بالای تخلیهی نوع B سبب می شود که اندازه حفرات و کانال های تشکیل شده بزرگتر و عمق نفوذ آن ها بیشتر باشد [۲۴].

٣V

³ Contact Glow Discharge



شکل ۳- تصویر تهیه شده از سطح پوشش PEO [۲۶].

۲-۴- مکانیزیم رشد ضخامت پوشش

پوشش به دست آمده از روش PEO مطابق شکل ۴ شامل لایهی داخلی متراکم و لایهی بیرونی متخلخل میباشد [۲۱]. لایه ی بیرونی در نتیجه ذوب اکسید و فوران مذاب از کانالهای تخلیه و انجماد آن در روی سطح پوشش به محض تماس با الکترولیت سرد، حاصل می شود [۴]. دلیل دیگر برای متخلخل بودن پوشش، به دام افتادن حبابهای گاز در حین انجماد مذاب است [۳۰ و



شکل ۴- تصویر لایههای مختلف پوشش حاصل از PEO [۲۷ و ۳۱].

همچنین ظاهر دندانهدار فصل مشترک پوشش/زیرلایه به دلیل انحلال زیرلایه در مراحل اولیه پوششدهی است که سبب بهبود چسبندگی میشود [۳۲]. تشکیل ترکها در پوشش نیز در نتیجهی تنشهای حرارتی حاصل از ذوب و انجماد سریع لایه اکسیدی در کانالهای تخلیه است [۳۰].

۳-تاثیر پارامترهای فرآیند PEO بر روی ویژگیهای پوشش

۳-1-ولتاژ

با افزایش ولتاژ، تعداد حفرات کاهش یافته، اما ابعاد آنها بزرگتر می شود که به دلیل وقوع جرقهای شدیدتر است. عملکرد پوشش PEO تحت تاثیر تعداد و اندازه حفرات است [۲۱]. در این راستا، مطالعات نشان داده است که حفرات تاثیر منفی بر روی مقاومت به خوردگی دارند [۳۱].

۳-۲- فرکانس

کاهش فرکانس در فرآیند PEO سبب افزایش دما میشود که در نتیجهی ورود انرژی پیوسته ًر در مدت زمان بیشتر از منبع تغذیه به سطح الکترود است [۳۳]. بنابراین در فرکانسهای پایین، وقوع تخلیههای الکتریکی شدیدتر سبب افزایش زبری سطح و اندازه حفرات در پوشش میشود (شکل ۵) [۳۳و ۳۴].

۳-۳- دانسیته جریان

دانسیته جریان اعمالی ترکیب فازی پوشش را تحت تاثیر قرار میدهد [۲۳]. همچنین دانسیته جریان بر روی ریزساختار و خواص پوشش نظیر مقاومت به خوردگی [۲۶]، زیست فعالی [۳۵] و مقاومت به سایش [۲۳] تاثیر میگذارد. نتایج مطالعات شیانگ^۴ نشان داده که تحت دانسیته جریانهای بالاتر به دلیل حصول ولتاژ پایانی بالاتر، ضخامت، اندازه حفرات و زبری پوشش حاصل افزایش مییابد [۲۶]. استفاده از جریان الکتریکی دو قطبی^۵ نیز سبب کاهش شدت تخلیههای نوع B شده و در نتیجه پوشش متراکم و سختری به دست میآید [۳۰ و ۲۳].





شكل ۵- تصاویر پوشش PEO در سه فركانس مختلف، جریان^۲ ۳۰mA/cm^۲ و زمان ۳۰ دقیقه [۳۴].

۳-۴- تاثیر مدت زمان پوششدهی

با گذشت زمان، میکرو تخلیههای الکتریکی شدیدتری رخ میدهند که سبب افزایش ضخامت پوشش [۳۶]، اندازه حفرات و زبـری سطح [۳۳و ۲۶] می شود. نتایج آزمون خوردگی در شکل ۶ نشان میدهد که ضخامت بالای به دست آمده در زمان های طولانی تر پوشش دهی، افزایش مقاومت به خوردگی را به دنبال دارد [۳۳].

مقالات يژوهشر

⁴ Xiang ⁵ Bipolar

• ыролаг



شکل ۶- تاثیر مدت زمان فرآیند PEO بر روی مقاومت به خوردگی آلیاژ لیتیم-منیزیم [۳۳].

3-4- تاثير تركيب الكتروليت

مقالات يژوهشى

الکترولیتهای مورد استفاده برای PEO معمولا بر پایه KOH و NaOH همراه با افزودنیهای فسفاتی یا سیلیکاتی هستند [۲۴]. در مقایسه با الکترولیت فسفاتی، پوشش اعمالی از الکترولیت سیلیکاتی چسبندگی بیشتری به زیرلایه دارد [۲۳]. مطالعات سیفوری⁵ و همکاران نشان داده که مطابق شکل ۷ پوشش اعمالی بر روی AZ31 تحت دانسیته جریان ۴۸۰mA/dm از الکترولیت های فسفاتی شامل حفرات بزرگتری نیز است که به دلیل حصول ولتاژ جرقه زنـی و ولتـاژ پایـانی بـالاتر اسـت [۶۳]. همچنین مطابق بررسیهای گان کو^۷ و همکاران، ولتاژ جرقهزنی با لگاریتم عکس رسانایی الکترولیت ارتباط دارد. لـذا بـا افـزایش غلظـت KOH، مقدار ولتاژ جرقهزنی در نتیجه افزایش رسانایی الکترولیت، کاهش میابد که بر روی مورفولـوژی و خـواص پوشـش تـاثیر میگذارد [۳۷].



شکل ۷- پوشش اعمالی از الکترولیت الف) فسفاتی و ب) سیلیکاتی [۳۷].

۴- نتیجهگیری

فصلنامه سراميك أيران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٢٠٠ فصلنامه سراميك أيران دوره ١٧

فرآیند PEO روش مناسبی برای اصلاح سطح ایمپلنتهای فلزی می باشد. در طول PEO، سطح فلزات سبک نظیر آلومینیم، تیتانیم، منیزیم، تانتالیم، زیرکنیم و نیوبیم تبدیل به یک لایه اکسیدی زیست فعال، سخت و مقاوم در برابر سایش، با چسبندگی

⁶ Seyfoori ⁷ Gun Ko مطلوب به زیرلایه می شود. شکست دی الکتریک و تخلیه الکتریکی بخش مهمی از روش PEO را شامل می شوند که امکان جرقهزنی و در نتیجه افزایش موضعی دما و ذوب را بر روی سطح فراهم می کنند. جرقهزنی منجر به رشد و زینترینگ پوشش متخلخل و ورود ترکیبات از الکترولیت به داخل آن می شود. مطالعات انجام شده نشان دادهاند که پارامترهایی نظیر ولتاژ، دانسیته جریان، فرکانس، مدت زمان PEO و ترکیب الکترولیت می توانند ویژگیهای پوشش از جمله مورفولوژی، ترکیب و ضخامت را تحت تاثیر قرار دهند. از آنجاییکه خواص مختلف پوشش وابسته به این ویژگیها است، لذا کنترل پارامترهای فرآیند OPE و بهینه سازی آنها حائز اهمیت است. در این راستا می توان با تغییر پارامترهای پوشش دهی، لایه متراکم تر و ضخیم تری با مقاومت به خوردگی و سایش بهتر بر روی سطح ایجاد کرد.

منابع

- L. Fathyunes, J. Khalil-Allafi, S. O. R. Sheykholeslami, M. Moosavifar, "Biocompatibility assessment of graphene oxide-hydroxyapatite coating applied on TiO₂ nanotubes by ultrasound-assisted pulse electrodeposition", Materials Science and Engineering: C, Vol. 87, 2018, pp. 10-21.
- [2] X. Rao, C. L. Chu, Q. Sun, "Synthesis of porous Ce-doped titania coating containing CaTiO₃ by MAO and its apatite inducing ability", Surface and Coatings Technology, Vol. 302, 2016, pp. 117-125.
- [3] G. Senthilkumar, G. Saravanan Kaliaraj, P. Vignesh, R. Sudharshan Vishwak, T. Nivin Joy, J. Hemanand, "Hydroxyapatite-barium/strontium titanate composite coatings for better mechanical, corrosion and biological performance", Materialstoday, Vol. 44, 2021, pp. 3618-3621.
- [4] M. Kaseem, S. Fatimah, N. Nashrah, Y. Gun Ko, "Recent progress in surface modification of metals coated by plasma electrolytic oxidation: Principle, structure, and performance", Progress in Materials Science, Vol. 117, 2021, pp. 100735.
- [5] W. Lee, SJ. Park, "Porous anodic aluminum oxide: Anodization and templated synthesis of functional nanostructures", Chemical Reviews, Vol. 114, 2014, pp. 7487–556.
- [6] E. Parfenov, L. Parfenova, V. Mukaeva, R. Farrakhov, A. Stotskiy, A. Raab, K. Danilko, N, Rameshbabu, R.Valiev, "Biofunctionalization of PEO coatings on titanium implants with inorganic and organic substances", Surface and Coatings Technology, Vol. 404, 2020, pp. 126486.
- [7] K. Zhou, F. Xie, X. Wu, Sh. Wang, "Fretting wear behavior of nano ZrO₂ doped plasma electrolytic oxidation composite coatings on TC21 titanium alloy", Surface and Coatings Technology, Vol. 421, 2021, pp. 127429.
- [8] O. Yigit, B. Dikici, N. Ozdemir, E. Arslan, "Plasma electrolytic oxidation of Ti-6AI-4V alloys in nHA/GNS containing electrolytes for biomedical applications: The combined effect of the deposition frequency and GNS weight percentage", Surface and Coatings Technology, Vol. 415, 2021, pp. 127139.
- [9] B. L. Pereira, G. Beilner, "Oxide coating containing apatite formed on Ti-25Nb-25Ta alloy treated by Two-Step Plasma Electrolytic Oxidation", Surface and Coatings Technology, Vol. 382, 2020, pp. 125224.
- [10] R. F. Antonio, E. C. Rangel, B. A. Mas, "Growth of hydroxyapatite coatings on tantalum by plasma electrolytic oxidation in a single step", Surface and Coatings Technology, Vol. 357, 2019, pp. 698-705.
- [11] J. M. Cordeiro, B. E. Nagay, "Functionalization of an experimental Ti-Nb-Zr-Ta alloy with a biomimetic coating produced by plasma electrolytic oxidation", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 770, 2019, pp. 1038-1048.
- [12] L. Chen, K. Wei, Y. Qu, T. Li, "Characterization of plasma electrolytic oxidation film on biomedical high niobium-containing β titanium alloy", Surface and Coatings Technology, Vol. 352, 2018, pp. 295-301.
- [13] B. L. Pereira, C. M. Lepienski, I. Mazzaro, "Apatite grown in niobium by two-step plasma electrolytic oxidation", Materials Science and Engineering: C, Vol. 77, 2017, pp. 1235-1241

[۱۴] صفری، م، زارع بیدکی، أو دانش پژوه، ۱،" بررسی تاثیر زمان فرایند اکسیداسیون الکترولیتی پلاسمایی بر رفتار خوردگی آلیاژ

Ti-13Nb-13Zr در محلول رینگر هوازدایی شده"، فرایندهای نوین در مهندسی مواد، شماره ۲، تابستان ۹۶، ص ۱۴۷–۱۵۵.

[15] L. White, Y. Koo, S. Neralla, J. Sankar, Y. Yun, "Enhanced mechanical properties and increased corrosion resistance of a biodegradable magnesium alloy by plasma electrolytic oxidation (PEO)", Materials Science and Engineering: B, Vol. 208, 2016, pp. 39-46.

- [17] W. Y. Tsai, C. J. Yang, J. L. Zeng, F. H. Lu, "Synthesis and characterization of barium titanate films on Ticoated Si substrates by plasma electrolytic oxidation", Surface and Coatings Technology, Vol. 259, 2014, pp. 297-301.
- [18] M. Sandhyarani, N. Rameshbabu, K. Venkateswarlu, D. Sreekanth, Ch. Subrahmanyam "Surface morphology, corrosion resistance and in vitro bioactivity of P containing ZrO₂ films formed on Zr by plasma electrolytic oxidation", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 553, 2013, pp. 324-332.
- [19] M. Khorasanian, A. Dehghan, M. H. Shariat, M. E. Bahrololoom, S. Javadpour, "Microstructure and wear resistance of oxide coatings on Ti–6Al–4V produced by plasma electrolytic oxidation in an inexpensive

مقارات يژوه

electrolyte", Surface and Coatings Technology, Vol. 206, 2011, pp. 1495-1502.

- [20] K. R. Shin, Y. G. Ko, D. H. Shin, "Influence of zirconia on biomimetic apatite formation in pure titanium coated via plasma electrolytic oxidation", Materials Letters, Vol. 64, 2010, pp. 2714-2717.
- [21] A. Fattah-alhosseini, M. Molaei, N. Attarzadeh, K. Babaei, F. Attarzadeh, "On the enhanced antibacterial activity of plasma electrolytic oxidation (PEO) coatings that incorporate particles: A review", Ceramics International, Vol. 46, 2020, pp. 20587-20607.
- [22] X. Rao, C. L. Chu, Q. Sun, "Synthesis of porous Ce-doped titania coating containing CaTiO₃ by MAO and its apatite inducing ability", Surface and Coatings Technology, Vol. 302, 2016, pp. 117-125.
- [23] Gh. Barati Darband, M. Aliofkhazraei, P. Hamghalam, N. Valizade, "Plasma electrolytic oxidation of magnesium and its alloys: Mechanism, properties and applications", Journal of Magnesium and Alloys, Vol. 5, 2017, pp. 74-132.
- [24] V. Dehnavi, W.J. Binns, J.J. Noël, D.W. Shoesmith, B.L. Luan, "Growth behaviour of low-energy plasma electrolytic oxidation coatings on a magnesium alloy", Journal of Magnesium and Alloys, Vol. 6, 2018, pp. 229–237.
- [25] V. Dehnavi, B. L. Luan, D. W. Shoesmith, X. Yang Liu, S. Rohani, "Effect of duty cycle and applied current frequency on plasma electrolytic oxidation (PEO) coating growth behavior", Surface & Coatings Technology, Vol. 226, 2013, pp. 100–107.
- [26] N. Xiang, R. Song, J. Zhuang, R. Song, X. Lu, "Effects of current density on microstructure and properties of plasma electrolytic oxidation ceramic coatings formed on 6063 aluminum alloy", Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Vol. 26, 2016, pp. 806–813.
- [27] F. Jaspard-Mécuson, T. Czerwiec, G. Henrion, T. Belmonte, L. Dujardin, A. Viola, J. Beauvir, "Tailored aluminium oxide layers by bipolar current adjustment in the Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) process", Surface & Coatings Technology, Vol. 201, 2007, pp. 8677–8682.
- [28] A. Fattah-alhosseini, K. Babaei, M. Molaei, "Plasma electrolytic oxidation (PEO) treatment of zinc and its alloys: A review", Surfaces and Interfaces, Vol. 18, 2020, pp. 100441.
- [29] A. L. Yerokhin, L. O. Snizhko, N. L. Gurevina, A. Leyland, A. Pilkington and A. Matthews, "Discharge characterization in plasma electrolytic oxidation of aluminium", J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 36, 2003, pp. 2110–2120.
- [30] R.O. Hussein, X. Nie, D.O. Northwood, "Influence of process parameters on electrolytic plasma discharging behaviour and aluminum oxide coating microstructure", Surface & Coatings Technology, Vol. 205, 2010, pp. 1659–1667.
- [31] R. Chaharmahali, A. Fattah-alhosseini, K. Babaei, "Surface characterization and corrosion behavior of calcium phosphate (Ca-P) base composite layer on Mg and its alloys using plasma electrolytic oxidation (PEO): A review", Journal of Magnesium and Alloys, Vol. 9, 2021, pp. 21-40.
- [32] R.O. Hussein, P. Zhang, D.O. Northwood and X. Nie, "Improving the Corrosion Resistance of Magnesium Alloy AJ62 by a Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) Coating Process", Corrosion and Materials, Vol. 36, 2011, pp. 38-49.
- [33] Z.Yao, Q. Xia, H. Wei, D. Li, Q. Sun and Z. Jiang, "Study on coating growth characteristics during the electrolytic oxidation of a magnesium–lithium alloy by optical emission spectroscopy analysis", RSC Advances, Vol. 5, 2015, pp. 68806–68814.
- [34] P. Bala Srinivasan, J. Liang, R.G. Balajeee, C. Blawert, M. Stormer, W. Dietzel, "Effect of pulse frequency on the microstructure, phase composition and corrosion performance of a phosphate-based plasma electrolytic oxidation coated AM50 magnesium alloy", Applied Surface Science, Vol. 256, 2010, pp. 3928– 3935.
- [35] K. R. Shin, Y. S. Kim, H. W. Yang, Y. G. Ko, D. H. Shin, "In vitro biological response to the oxide layer in pure titanium formed at different current densities by plasma electrolytic oxidation", Applied Surface Science, Vol. 314, 2014, pp. 221–227.
- [36] A. Seyfoori, Sh. Mirdamadi, A. Khavandi, Z. Seyed Rauf, "Biodegradation behavior of micro-arc oxidized AZ31 magnesium alloys formed in two different electrolytes", Applied Surface Science, Vol. 261, 2012, pp. 92-100.
- [37] Y. G. Ko, S. Namgung, D. H. Shin, "Correlation between KOH concentration and surface properties of AZ91 magnesium alloy coated by plasma electrolytic oxidation", Surface & Coatings Technology, Vol. 205, 2010, pp. 2525–2531.



رفتار الكتروشيميايي ماده كاتدى LiNi0.5Co0.2Mn0.3O2 دامیک ایران یوشش داده شده با لیتیم زیر کونات (Li2TO3)

مهدی رستمی*، علیرضا ذاکری

مقارات يژوهش

دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چكيدە: خصوصيات الكتروشيميايي مادە كاتدى (NCM523) LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ با ساختار لايــهاي در ولتاژ قطع بالا کاهش قابل توجهی پیدا می کند. به منظور بهبود پایـداری مـواد کاتـدی در طـول فرآیندهای تغذیه و تخلیه بهبوددهی سطحی میتواند واکنشهای جانبی در فصل مشترک بین ماده فعال و الکترولیت را کاهش دهد. در تحقیق حاضر ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ با استفاده از روش سل – ژل در محیط آبی با ماده لیتیم زیرکونات (Li₂ZrO₃) در مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصد وزنـی پوششدهی شد و از لحاظ عملکرد الکتروشیمیایی مورد مشخصهیابی قرار گرفت. نمونه ماده کاتدی با ۱٪ وزنی ماده پوشش بر اساس آزمونهای تغذیه و تخلیه در سرعتهای تخلیه ۰/۰۵C، ۱C/۰ و ۲/۰ به ترتیب ظرفیتهای ۱۲۵، ۹۱/۳۴ و ۷۹/۳۲ میلی آمپر ساعت بر گرم را از خود نشان داد که نسبت به سایر نمونههای مورد آزمایش بالاترین بود. همچنین بر اساس نتایج آزمون سیکل پذیری، ظرفیت نمونه DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.1.3.4 ماده کاتدی با ۱٪ وزنی ماده پوشش ۴۰ میلی آمپر ساعت بر گرم بعد از ۴۰ سیکل کاری در سرعت دشارژ ۱۲ تعیین شد که این مقدار نیز نسبت به سایر نمونههای مورد آزمایش بالاتر بود. همچنین براساس نتایج آزمون طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی ضریب نفوذ یون لیتـیم در مـاده کاتـدی NCM با ۱٪ وزنی از ماده پوشش به میزان زیادی افزایش پیدا کرد. در مجموع نتایج نشان داد که لایه پوشش لیتیم زیر کونات نقش مهمی را در جلو گیری از آسیب ساختاری به ماده کاتدی NCM بازی مي كند و آن را در طي فرآيند تغذيه و تخليه از تماس با الكتروليت محافظت مي نمايد. كلمات كليدى: : باترى ليتيم-يون، ماده كاتدى ليتيم نيكل كبالت منكَّنز اكسيد، پوشش دهى سطحى،

عملكرد الكتروشيميايي، فرآيند سل-ژل.



نویسنده مسئول: مهندس مهدی *ر*ستمی دانشگاه علم و صنعت ایران نوع مقاله: پژوهشی صفحههای: ۴۳ تا ۶۰ شاپا چاپی: ۳۳۵۱–۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷–۲۷۸۳ زبان نشریه: فارسی دسترسپذیر در نشانی: www.JICERS.ir تاريخ دريافت: تاريخ پذيرش: 14.../.4/.1

۱- مقدمه

مشخصههای مواد الکترودی به عنوان مولفههای مهمی برای ویژگیهای ایمنی و الکتروشیمیایی باتریهای لیتیم یون در نظر گرفته می شوند [1]. در سال های اولیه توسعه باتری های لیتیم یون، ترکیب LiCoO₂ به شکل گستردهای به عنوان ماده کاتدی در باتری های لیتیم یون تجاری مورد استفاده قرار گرفت اما با این وجود ترکیب (NCM) LiNi_{1-xy}Co_xMn_yO₂ به دلیل هزینه پایین و چگالی انرژی نسبتا بالا جایگزین LiCoO₂ شد [۲]. در میان مواد کاتدی با این ترکیب، ماده کاتدی NCM523 یک انتخاب قابل اطمینان برای استفاده تحت ولتاژ کاری بالا است اما با این وجود تحت ولتاژ کاری بالا، واکنش های جانبی بین الکترود و الکترولیت افزایش پیدا می کند و منجر به کاهش قابل توجه ظرفیت می شود [۳]. همچنین موضوع کلیدی دیگر برای ماده کاتدی NCM523 ناپایداری حرارتی بالا به دلیل آزاد سازی اکسیژن در زمانی که تحت ولتاژ بالا (بالای ۴/۶ ولت) تغذیه می شود، است [۴].

بهبوددهی سطحی به عنوان یک روش موثر به منظور کاهش مشکلات ذکر شده در نظر گرفته می شود [۵]. بـه طـور کلـی حضـور پوشش می تواند توده ماده را از الکترولیت جدا و در نتیجه سطح ماده کاتدی را از حمله الکترولیت در طی فرآیند تغذیه و تخلیه مصون نگه دارد [۶]. پوشش دهی ماده کاتدی همچنین تجزیه الکترولیت را کاهش میدهد و پایـداری مـواد الکتـرودی را در طی فرآیندهای تغذیه / تخلیه در دماهای نسبتاً بالا بهبود می بخشد. گزارش شده است که پوشش دهی مقدار اندکی از اکسیدهای فلزی

خنثی از قبیل Al₂O₃، ZnO، ZnO، ZnO، ZnO، و غیره بر روی سطح ماده کاتدی میتواند به طور قابل توجهی عملکرد چرخه کاری را از طریق جلوگیری از واکنشهای ناخواسته در طی فرآیندهای تغذیه / تخلیه بهبود ببخشد [۷]. بعلاوه، مواد پوشش دهی با ترکیبات غیر آلی میتوانند مانع انجام واکنشهای جانبی شوند و همچنین باعث کاهش حل شدن یونهای فلزات انتقالی از ماده فعال به الکترولیت شوند [۸]. ماده پوشش لیتیم زیرکونات (Li₂ZrO₃) یک هادی حالت جامد است که در آن یونهای ⁺ در میان صفحات ZrO قرار میگیرند و یک مسیر سه بعدی برای نفوذ یون لیتیم فراهم میکنند [۹]. همچنین ماده پوشش دو ایکرولیت آلی پایدار میباشد زیرا میتواند گونههای محتوی فلوئور (F) را که از طریق تجزیه الکترولیت تولید میشوند، خنثی کند [۱۰].

در اکثر مطالعات تحقیقاتی انجام شده به منظور بهبود عملکرد مواد کاتدی NCM از طریق پوشش دهی با ماده لیتیم زیر کونات با روش های شیمیایی تَر، از اتانول به عنوان حلال و از نیترات زیر کونیم ۵ آبه (Zr(NO₃)4.5H₂O) به عنوان پیش ماده برای سنتز ماده پوشش استفاده شده است. اما در مطالعه تحقیقاتی حاضر این حلال با آب جایگزین شده و فرآیند پوشش دهی به روش سل-ژل و در محیط آبی انجام گرفته است. همچنین از یک ماده اولیه ارزان تر و قابل انحلال در آب یعنی زیر کونیم اکسی کلراید ۸ آبه (ZrOCl₂.8H₂O) استفاده شده است. مقاله حاضر به بررسی عملکرد الکتروشیمیایی ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ ای انتراک در آب یعنی زیر کونیم اکسی کلراید ۸ در اثر پوشش دهی با ماده لیتیم زیر کونات به روش پیش گفته میپردازد.

۲- فعالیتهای تجربی

در مطالعه تحقیقاتی حاضر به منظور سنتز ماده پوشش لیتیم زیرکونات از ماده اولیه لیتیم استات ۲ آبه (CH3COOLI.2H2O, Sisco Research Laboratories, India, min 99%) و زیرکونیم اکسی کلراید ۸ آبه (CH3COOLI.2H2O, Sisco Research Laboratories, India, min 99.5%) و همچنین نمونه ماده کاتدی تجاری NCM523 استفاده شد. همچنین به منظور بررسی مورفولوژی ذرات نمونههای مورد آزمایش از میکروسکوپ الکترونی عبوری Philips EM 208S با ولتاژ شتاب دهنده ۱۰۰ کیلو ولت استفاده شد.

به منظور پوشش دهی ماده کاتدی تجاری LiNi0.5C00.2Mn0.3O2 با لیتیم زیرکونات، ابتدا با توجه به فرمول شیمیایی ماده پوشش یعنی Li₂ZrO₃ و همچنین با توجه به این که ماده پوشش از ۲ مول لیتیم و ۱ مول زیرکونیم تشکیل شده است، به مقدار استوکیومتری از ماده اولیه لیتیم استات ۲ آبه در آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلیلیتر و همچنین به مقدار استوکیومتری از ماده اولیـه اکسی کلراید زیرکونیم ۸ آبه در آب مقطر به حجم ۵۰ میلیلیتر در دمای محیط مورد انحلال قرار گرفتند. سپس ماده کاتدی به مدت زمان ۱ ساعت در محلول حاوی لیتیم استات در حمام فراصوت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس محلول حاوی ماده کاتدی بر روی همزن مغناطیسی قرار داده شد و محلول حاوی اکسی کلراید زیرکونیم به صورت قطرهای بـ محلـول حاوی ماده کاتدی و لیتیم استات اضافه شد. پس از اتمام این عمل، محلول حاصل به مدت زمان ۳ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت و سپس دما افزایش داده شد. پس از تبخیر کامل حلال، ژل به دست آمده در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد به مدت زمان ۲ ساعت به منظور خشک شدن کامل در آون قرار داده شد و سپس پودر به دست آمده با آب مقطر شست و شو داده شد. پس از شست و شوی کامل، مجدد پودر حاصل در آون به مدت زمان ۲ ساعت قرار داده شد و در نهایت به مـدت زمـان ۵ ساعت در دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد تحت فرآیند کلسیناسیون قرار گرفت. نمونه کلسینه شده پس از اینکه در کوره سرد شد، به منظور جلوگیری از جذب رطوبت در دسیکاتور قرار داده شد. ابتدا به منظور انجام آنالیز باتری بر روی نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با مقادیر ۱ ٪، ۳ ٪ و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات، یک دوغاب برای هر یک از نمونهها آمادهسازی شد. این دوغاب از ۸۰ ٪ وزنی ماده فعال (ماده کاتـدی)، ۱۰ ٪ وزنـی پلـی وینیلیـدن فلوراید و ۱۰ ٪ وزنی کربن سیاه ۲ در حلال N – متیل پیرولیدینون ۳ تشکیل شده است. مقادیر مورد استفاده از مواد ذکر شده برای تشکیل دوغاب برای هر یک از نمونههای مورد آزمایش در جدول ۱ قرار داده شده است.

¹ Poly vinylidenefluoridev-PVDF

² Carbon Black – C65

³ N-pyrrolidinone - NMP

ور و المادی مربوط به مواد مورد نیاز برای تشکیل دوغاب برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و یوشش داده شده با مقادیر ۱ ٪، ۳ ٪ و ۵ ٪ وزنی از ماده یوشش.

کربن سیاہ (g) C65	پلی وینیلیدن فلوراید PVDF (g)	مادہ فعال Active material (g)	نمونههای آزمایش
•/١٢۵	•/١٢۵	١	LiNi _{0.5} Co _{0.2} Mn _{0.3} O ₂ - Bare
•/١٢۵	۰/۱۲۵	١	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2 - 1\% wt Li_2ZrO_3$
•/١٢۵	۰/۱۲۵	١	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2 - 3\% wt Li_2ZrO_3$
٠/١٢۵	۰/۱۲۵	١	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2 - 5\% wt Li_2ZrO_3$

ابتدا به منظور تشکیل دوغاب، به مقدار مورد نیاز از پلی وینیلیدن فلوراید وزن شده و سپس به همراه مقدار کافی از حلال N – متیل پیرولیدینون در یک بشر به صورت جداگانه عملیات حلسازی انجام گرفت. سپس مقادیر مورد نیاز از ماده کاتدی (ماده فعال) و کربن سیاه در یک بشر قرار داده شده و محلول حاوی پلی وینیلیدن فلوراید به آن اضافه شد. دوغاب حاصل به مدت زمان ۳ ساعت بر روی همزن مغناطیسی قرار داده شد و سپس با استفاده از فیلم کش دکتر بلید مجهز به پمپ خلاً و سیستم کنترل دما عملیات پوشش دهی دوغاب بر روی فویل آلومینیوم انجام گرفت.

بعد از انجام فرآیند پوشش دهی، تیغه پوشش دهی از دستگاه خارج و سیستم تنظیم دما با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به منظ ور خشک کردن سطحی مواد پوشش داده شده بر روی فویل آلومینیوم روشن شد. سپس فویل حاوی مواد کاتدی به آون تحت خلاً منتقل و به مدت زمان ۱۲ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد. بعد از گذشت مدت زمان ۱۲ ساعت فویل آلومینیوم حاوی ماده کاتدی از آون خارج و به منظور افزایش چسبندگی ماده کاتدی به فویل آلومینیوم تحت فرآیند نورد قرار داده شد. سپس با استفاده از دستگاه پانچ فویل آلومینیوم حاوی ماده کاتدی به قطر مورد نیاز سوراخکاری شد.

مقادير مربوط به وزن فويل ألومينيوم حاوى ماده كاتدى، وزن فويل ألومينيوم بدون حضور ماده كاتـدى، وزن مـاده كاتـدى و وزن ماده فعال برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با مقادیر ۱ ٪، ۳ ٪ و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات (Li₂ZrO₃) در جدول ۲ قرار داده شده است. به منظور ساخت سل سکهای از فلز لیتیم به عنوان آنـد و ليتيم هگزا فلورو فسفات^۴ به عنوان الكتروليت استفاده شد. اين دو ماده به دليل واكنش پذيري بالا در داخل محـيط گلاوبـاكس^۵ نگهداری شدند. به طور کلی ساخت سل سکهای نیز به دلیل واکنش پذیری بالای لیتیم به عنوان آند و لیتیم هگزا فلورو فسفات به عنوان الکترولیت در داخل محیط گلاوباکس انجام گرفت. ساخت سل سکهای ابتدا از کلاهک آند آغاز شد. ابتدا یک دیسک جدا کننده بر روی کلاهک آند دارای واشر عایق کننده قرار گرفت و سپس فلز لیتیم به عنوان آند بر روی دیسک جدا کننـده قـرار داده شد. ابتدا چند قطره الكتروليت بر روى فلز ليتيم به عنوان آند منتقل شد و سپس جداكننده آند و كاتد كه أغشته به الكتروليت شده است بر روی آند قرار داده شد و مجدد چند قطره الکترولیت بر روی آن منتقل شد. سپس ماده کاتدی بر روی جداکننده قـرار گرفت و مجدد دیسک جدا کننده بر روی ماده کاتدی قرار داده شد و پس از قرارگیری فنر و درپوش کاتـد سـل سـکهای سـاخته شد. به منظور انجام آنالیز باتری در مطالعه تحقیقاتی حاضر دستگاه آنالیز باتری مدل Neware: A211-BTS-35-1U به کار گرفت.ه شد. این دستگاه از ۸ ورودی با ۸ برنامه مختلف آنالیز باتری تشکیل شده است و حداکثر ولتاژ و جریان اعمالی توسط این دستگاه برای سلهای سکهای به ترتیب ۵ ولت و ۱۰ میلی آمپر میباشد. در مطالعه تحقیقاتی حاضر، محدوده ولتاژ اعمالی بـه سـلهـای سکهای محدوده ۴/۳ – ۲/۵ ولت بوده است. سرعت تغذیه / تخلیه نمونههای آزمایش براساس وزن ماده فعال تعریف شده است. در مطالعه تحقیقاتی حاضر با توجه به این که نمونه ماده کاتدی مورد آزمایش نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ است، ظرفیت مبنا برای این ماده ۱۵۰ میلی آمپر ساعت بر گرم تعریف شد (۱۵۰mAh/g). با در نظر گرفتن مقدار ظرفیت

⁴ Lithium hexafluorophosphate – LiPF₆

⁵ Glove box

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٢

مقالات يژوهشى

مبنا، سرعت تغذیه / تخلیه برای نمونههای مورد آزمایش تعیین گردید. آزمون تغذیه / تخلیه در سرعتهای تغذیه / تخلیه م ۰٫۰۵۵ به تعداد ۱ سیکل کاری، C ۰٫۱ به تعداد ۵ سیکل کاری و ۰٫۲ ۲ به تعداد ۵ سیکل کاری کامل تغذیه / تخلیه و همچنین آزمون سیکلپذیری با سرعتهای تغذیه / تخلیه ۰٫۱ C به تعداد ۱ سیکل کاری و C ۲ به تعداد ۴۰ سیکل کاری کامل تغذیه / تخلیه به انجام رسید.

جدول ۲-مقادیر مربوط به وزن فویل آلومینیوم حاوی ماده کاتدی، وزن فویل آلومینیوم بدون حضور ماده کاتدی، وزن ماده کاتدی و وزن ماده فعال برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با مقادیر ۱٪، ۳٪ و ۵٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات (Li₂ZrO₃) به منظور انجام آنالیزهای تغذیه / تخلیه و آنالیز سیکل پذیری.

وزن ماده	وزن ماده	وزن فويل ألومينيوم	وزن فويل	
فوال (گره)	کاترہ (گرہ)	بدون حضور ماده	آلومينيوم حاوى	نمونههای آزمایش
فغال (ترم)	ناندی (نرم)	کاتدی (گرم)	ماده کاتدی (گرم)	
•/••۴۳۲	•/••۵۴	•/••٨٩	•/•14٣	نمونه ماده کاتدی بدون پوشش (تغذیه / تخلیه)
•/••494	•/••۵٨	•/••٨٩	۰/۰۱۴۷	نمونه ماده کاتدی بدون پوشش (سیکلپذیری)
•/••۴1۶	•/••۵۲	۰/۰۰۸۳	۰/۰۱۳۵	نمونه ماده کاتدی با ۱ ٪ وزنی ماده پوشش (تغذیه / تخلیه)
•/••۴	•/••۵	•/••*	۰/۰۱۳۳	نمونه ماده کاتدی با ۱ ٪ وزنی ماده پوشش (سیکل پذیری)
•/••۵۴۴	•/••۶٨	•/••۶۴	•/• ١٣٢	نمونه ماده کاتدی با ۳ ٪ وزنی ماده پوشش (تغذیه / تخلیه)
•/••\$1	۰/۰۰۸۵	•/••۶۴	۰/۰۱۴۹	نمونه ماده کاتدی با ۳ ٪ وزنی ماده پوشش (سیکل پذیری)
./	•/•• • \ \	•/•• • ٧٩	•/• \ ۶۷	نمونه ماده کاتدی با ۵ ٪ وزنی ماده پوشش (تغذیه / تخلیه)
•/••٧۶٨	۰/۰۰۹۶	•/••٧٩	٠/• ١٧۵	نمونه ماده کاتدی با ۵ ٪ وزنی ماده پوشش (سیکلپذیری)

۳-نتایج و بحث

۳-۱-۳ بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری

به منظور بررسی دقیق نمونه پوشش داده شده، در شکل ۱ تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری مربوط به ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات نشان داده شده است. ذرات ماده کاتدی بدون پوشش (شکل ۱–الف) دارای لبهای صاف و بدون حضور هیچ گونه ناهمگنی بر روی سطح میباشند. لایه پوشش ایجاد شده بر روی سطح ذره ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱٪ وزنی از لیتیم زیرکونات (شکل ۱–ب) به صورت پیوسته و نسبتاً یکنواخت به ضخامت تقریبی ۱۵ تا ۲۰ نانومتر به خوبی قابل مشاهده است.





شکل ۱– تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری در مقیاس ۵۰ نانومتر (الف) نمونه ماده کاتدی بدون پوشش و (ب) نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱٪ وزنی ماده پوشش. فملنامه سرامیک ایران دوره ۱۷ شماره ۱ بهار ۲۰۰۰

3-4- بررسی نتایج حاصل از آزمون تغذیه / تخلیه -1-1- بررسي عملكرد الكتروشيميايي نمونههاي مورد آزمايش با سرعت تغذيه/تخليه C 0. در شکل ۲ نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشـش داده شـده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات (Li₂ZrO₃) با سرعت تغذیه C ۰٫۰۵ نشان داده شده است. 5000/0 4500/0 4000/0 3500/0 3000/0



در طي اولين سيكل كاري باتري (تغذيه / تخليه) دو فيلم غيرفعال چندجزئي (آلي و غير آلي) چند لايه در هـر الكتـرود كـه بـه عنوان فصل مشترك الكتروليت جامد (SEI)² يا فصل مشترك كاتد – الكتروليت ^{(V}(CEI) شناخته شده است، تشكيل مىشوند. اين دو فیلم در جلوگیری کردن از الکترولیت برای واکنشهای بیشتر با الکترودها دارای اهمیت میباشند. در طی سیکل کاری، یون های لیتیم از میان الکترولیت هادی یونی به صورت رفت و برگشت بین ساختارهای کریستالی لایهای ماده کاتـدی LiCoO₂ و گرافیت حرکت میکنند و از میان فیلمهای سطحی غیرفعال عبور میکنند. سپس با یک واکنش الکتروشیمیایی معکوس که توسط انتقال الکترون در داخل و خارج از باتری همانطور که در واکنشهای شیمیایی زیر نشان داده شده است، همراه میشوند [۱۱]:

$LiCo^{III} O_2 \rightleftarrows Li_{1-X} Co^{IV} O_2 + xLi^{+1} + xe^{-1}$	0 <x<0.5< th=""><th>E⁰=3.9 V</th><th>معادله ۳–۱</th></x<0.5<>	E ⁰ =3.9 V	معادله ۳–۱
$6C + xLi^{+1} + xe^{-1} \rightleftarrows Li_x C_6$	X=1	E ⁰ =0.2 V	معادله ۳–۲
$6C + LiCo^{III} O_2 \rightleftarrows Li_x C_6 + Li_{1-x} Co^{IV} O_2$		E ⁰ =3.7 V	معادله ۳-۳

یتانسیل E به عنوان تابعی از اکتیویته یونهای لیتیم ۲۱۰۰ بر طبق معادله نرنست تغییر میکند [۱۲]:

 $E = E^0 - RT/nF \ln a_{Li+}$

در معادله ۳–۴ منظور از E پتانسیل سل در شرایط غیر استاندارد، ^E0 پتانسیل سل در شرایط استاندارد، R ثابت جهانی گازها r، تعداد الکترونهای انتقالی در واکنش، F ثابت فارادی (۹۶۵۰۰C/mol) و ⁺aLi کتیویته یون (۹۶۵۰۰C/mol) و T ،λ/۳۱۴ Jmol لیتیم میباشد. با توجه به این که مقدار ⁺a_{Li} عددی بین ۰ و ۱ میباشد، در نتیجه هر چه به عدد ۱ نزدیکتر باشد مقدار پتانسیل E به مقدار پتانسیل استاندارد E⁰ نزدیک می شود. با توجه به رابطه تغییر انـرژی اَزاد گیـبس و پتانسـیل E، هرچـه مقـدار E بیشـتر

⁶Solid electrolyte interface ⁷Cathode-electrolyte interface

44

مقالات يژوهشم





معادله ۳–۴

باشد، مقدار انرژی آزاد گیبس منفیتر شده و در نتیجه واکنش مربوط به فرآیند کار باتری با پایداری بیشتر و صرف انرژی کم تری انجام می گیرد. موانع موجود در مسیر عبور یونهای لیتیم که با گذشت چندین سیکل کاری ایجاد می شوند عامل اصلی در کاهش مقدار پتانسیل E می باشند. همچنین هرچه این موانع در مسیر عبور یونهای لیتیم بیش تر باشد، مقدار ⁺ا a کاهش پیدا می کند و این باعث می شود تا به مرور زمان انجام سیکل کاری باتری با صرف انرژی بیش تری صورت گیرد. لازم به ذکر است روش پوشش دهی کاتد به عنوان یک روش کارآمد به منظور جلوگیری از کاهش مقدار ⁺ا a و همینطور کاهش مقدار پتانسیل E در این مطالعه تحقیقاتی مورد بررسی قرار گرفته است. مقالات يژوهشى

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧

نمونه ی ماده کاتدی تجاری 2O_{2.2}Mn_{0.3}O₂ دون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات در شروع فرآیند سیکل کاری باتری با کمترین سرعت ممکن در شرایط آزمایشگاهی تحت عملیات تغذیه قرار گرفتند. مقادیر مربوط به ظرفیت تغذیه نمونه با سرعت شارژ C ۰٫۰۵ در جدول ۳ قرار داده شده است. مقادیر مربوط به ظرفیت نمونههای مورد آزمایش با توجه به این که دادههای دریافت شده از دستگاه آنالیز باتری به صورت اختلاف پتانسیل با واحد میلی ولت بر حسب ظرفیت با واحد میلی آمپر ساعت می باشد، از تقسیم حداکثر ظرفیت بـر وزن ماده فعال محاسبه شـده است. با توجه به شکل ۳ و جدول ۳، نمونههای پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوش لیتیم زیر کونات دارای ظرفیت بیشتری نسبت به نمونه بدون پوشش می باشند و در بین تمامی نمونهها، نمونه بدون پوشش ظرفیت کـم تری را دریافت کرده است.

جدول ۳– مقادیر مربوط به ظرفیت تغذیه برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱٪ وزنی ، ۳٪ وزنی و ۵٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تغذیه ۰٫۰۵.C

سرعت تغذيه	ظرفيت تغذيه (mAh.g ⁻¹)	نمونه آزمایش
0.05 C	110/44	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-Bare$
0.05 C	۱۸۰/۲۸	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-1\%Wt$
0.05 C	108/70	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-3\%Wt$
0.05C	147/48	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-5\ \%Wt$



41

علت این کاهش ظرفیت تشکیل لایه غیرفعال فصل مشترک الکترولیت جامد یا فصل مشترک کاتد – الکترولیت میباشد. به دلیل آن که این لایه در تماس مستقیم با نمونه بدون پوشش قرار می گیرد و از طرفی غیرفعال میباشد میتواند به عنوان یک مانع عبور یونهای لیتیم را با صرف انرژی بیشتری همراه کند. اما در نمونههای پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات، ماده پوشش به عنوان یک واسط بین ماده کاتدی و الکترولیت قرار می گیرد و تشکیل این لایههای غیرفعال را با تاخیر مواجه می کند.

با توجه به شکل ۳، اگر ولتاژ مصرفی به عنوان انرژی مورد نیاز برای خروج یون لیتیم از ساختار کاتد و وارد شدن آن به ساختار آند در طی مرحله تغذیه در نظر گرفته شود، با توجه به این که منحنی مربوط به نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش در بالای منحنیهای مربوط به نمونههای پوشش داده شده با درصد وزنیهای مختلف از ماده پوشش لیتیم زیرکونات قرار گرفته است و همچنین با توجه به این که لایه غیرفعال فصل مشترک الکترولیت جامد یا فصل مشترک کاتد – الکترولیت در تماس مستقیم با سطح نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش قرار گرفته است می توان نتیجه گرفت بخشی از انرژی مصرفی که باید به منظور عبور یونهای لیتیم از ساختار کاتد به ساختار آند مورد استفاده قرار گیرد

علاوه بر این، با توجه به این که لایه پوشش لیتیم زیر کونات خود هادی یونی می باشد و یک مسیر جدید را برای نفوذ یـون لیتیم ایجاد کرده است در نتیجه برای خروج یون لیتیم از ساختار کاتد نیاز به انرژی کمتری می باشد و همچنین مطابق با شکل ۳ در یک مقدار ظرفیت ثابت ولتاژ مورد نیاز برای رسیدن به آن ظرفیت مشخص در نمونه ماده کاتـدی تجاری LiNi_{0.5}CO_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش نسبت به نمونه های پوشش داده شده بیشتر می باشد. این کاهش میزان ولتاژ مصرفی در تمامی نمونـه های پوشش داده شده نسبت به نمونه های پوشش وجود دارد اما همانطور که طبق نمودار مشخص می باشـد، با افـزایش درصـد وزنـی ماده پوشش لیتیم زیر کونات این مقدار ولتاژ مصرفی مورد نیاز برای رسیدن به یک مقدار ظرفیت مشخص افـزایش پـدا می کنـد بـه طوری که برای رسیدن به یک مقدار ظرفیت ثابت، نمونه ماده کاتـدی تجاری 2_20_Min وزنی از ماده پوشش ولتاژ کمتری را نسبت به نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتـیم زیرکونـات نیـز دارد و همچنـین در همان ظرفیت ثابت نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات ولتاژ کمتری را نسبت به نمونه های پوشـش لیتـیم زیرکونات نیاز دارد و کلیه نمونههای پوشش داده شده برای رسیدن به یک مقدار ظرفیت منـخص افـزایش پـدا می کنـد بـه وزنی از ماده پوشش ولتاژ کمتری را نسبت به نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتـیم زیرکونـات نیـز دارد و همچنـین در همـان ظرفیت ثابت نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتـیم زیرکونـات نیـاز دارد و همچنـین در همـان زیرکونات نیاز دارد و کلیه نمونههای پوشش داده شده برای رسیدن به یک ظرفیت ثابت ولتاژ کمتری را نسبت بـه نمونه با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتـیم زیرکونـات نیـاز دارد و کلیه نمونه بـدون

افزایش مقدار ولتاژ مصرفی مورد نیاز برای رسیدن به یک ظرفیت ثابت با افزایش درصد وزنی ماده پوشش لیتیم زیر کونات به این علت میباشد که حضور مقدار بیش از اندازه از ماده پوشش لیتیم زیر کونات مقاومت انتقال بار را به دلیل اثر ممانعت کننده آن برای انتقال الکترون بین ذرات افزایش خواهد داد. این افزایش مقاومت انتقال بار برای عملکرد الکتروشیمیایی سلها مناسب نمی باشد [۱۳]. بنابراین مطابق با نمودار شکل ۳ میتوان گفت مقدار بهینه از ماده پوشش لیتیم زیر کونات مقاومت انتقال بار که یک نقش مهم در کاهش مقاومت انتقال بار و تسریع مهاجرت یون لیتیم بازی میکند [۱۴].

در شکل ۳ نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تخلیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بـدون پوشـش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تخلیـه ۰٫۰۵ C نشـان داده شـده است.

به طور کلی نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 پوشش داده شده با مقادیر مختلف از ماده پوشش لیتیم زیر کونات یک منحنی با وضعیت ثابت طولانی تر و با سطح ولتاژ تغذیه پایین تر و همچنین یک منحنی با وضعیت ثابت طولانی تر و با سطح ولتاژ تخلیه بالاتر را در مقایسه با نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش نشان می دهد^{*} و این یعنی ماده پوشش لیتیم زیرکونات می تواند به طور موثری میزان دوقطبی شدن و مقاومت داخلی را تا حد قابل توجهی کاهش دهد [۱۳].

پوسس مینیم ریز توان سی تواند به طور موتری میزان توصیحی سدن و معاومت داختی را با حد کاب توجهای کامس دهد [+ 1]. با توجه به شکل ۳، نمونه ماده کاندی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ پوشش داده شده با مقادیر ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی

49

[^]منظور از وضعیت ثابت در منحنیهای تغذیه موقعیتی در منحنی ولتاژ بر حسب ظرفیت میباشد که باتری بیشترین ظرفیت را دریافت میکند. همچنین منظور از وضعیت ثابت در منحنیهای تخلیه موقعیتی در منحنی ولتاژ بر حسب ظرفیت میباشد که باتری بیشترین ظرفیت را تحویل میدهد.



از ماده پوشش لیتیم زیر کونات ظرفیت بیشتری را نسبت به نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش تحویل دادهاند و نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات بیشترین ظرفیت را در مقایسه با دیگر نمونهها تحویل داده است. همچنین مطابق با جدول ۴، نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات دارای بالاترین مقدار بازدهی جریان در بین نمونههای مورد آزمایش میباشد. علاوه بر این، به این دلیل که افزایش درصد وزنی ماده پوشش لیتیم زیرکونات موجب افزایش مقاومت انتقال بار بـه دلیل اثر ممانعـت کننده آن برای انتقال الکترون می شود، بازدهی جریان برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ پوشش داده شده به نمونه بدون پوشش داده یوشش لیتیم زیرکونات دارای بالاترین مقدار بازدهی بریان در بین نمونههای مورد آزمایش مـیباشـد.

به عنوان یک نتیجه کلی می توان گفت، به دلیل افزایش مقاومت انتقال بار در اثر افزایش درصد وزنی ماده پوشش لیتیم زیر کونات دارای ظرفیت و بازدهی جریان زیر کونات، ماده کاتدی تجاری 2Mno.3O با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات دارای ظرفیت و بازدهی جریان بیشتری نسبت به نمونه ماده کاتدی با ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی ماده پوشش می باشد و همچنین نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات دارای ظرفیت و بازدهی جریان بیشتری نسبت به نمونه ماده کاتدی با ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی ماده پوشش می باشد و همچنین نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات دارای ظرفیت و بازدهی جریان بیشتری نسبت به نمونه ماده کاتدی با ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی ماده پوشش می باشد و همچنین نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات نیز دارای ظرفیت بیشتر اما بازدهی جریان کمت در مقایسه با نمونه با ۵ ٪ وزنی ماده پوشش لیتیم زیر کونات می باشد و ممچنین نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات می باشد و می نونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات نیز دارای ظرفیت بیشتر اما بازدهی جریان کمت در مقایسه با نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات نیز دارای ظرفیت بیشتر اما بازدهی جریان کمت در مقایسه با نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات نیز دارای ظرفیت بیشتر اما بازدهی جریان کمت در مقایسه با نمونه با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات می باشد. علت به دست آمدن سطح پایینی از بازدهی جریان در نمونه ماده کاتدی با ۳ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات را می توان اینگونه بیان کرد:

افزایش درصد وزنی ماده پوشش لیتیم زیر کونات باعث افزایش مقاومت انتقال بار می گردد چرا که وقتی لایه پوشش ضخیم تر می شود علاوه بر این که احتمال تماس مستقیم بین سطح ماده کاتدی و الکترولیت کاهش بیشتری پیدا می کند، ماده پوشش نیز خود به عنوان یک مانع در برابر یون لیتیم عمل می کند و ظرفیت بر گشت پذیر را کاهش می دهد. اما چون ماده پوشش لیتیم زیر کونات خود یک هادی یونی می باشد و از طرفی در نمونه ماده کاتدی با ۵ ٪ وزنی ماده پوشش احتمال تماس مستقیم بین ماده کاتدی و الکترولیت کاهش بیشتری نسبت به نمونه با ۳ ٪ وزنی ماده پوشش پیدا کرده است، ظرفیت به می زان بیشتری در نمونه با ۵ ٪ وزنی ماده پوشش نسبت به نمونه با ۳ ٪ وزنی ماده پوشش میدا کرده است، ظرفیت به می زان بیشتری در

· •		, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
بازدہ جریان $CE = rac{C_{Disharge}}{C_{charge}} imes 100$	سرعت تخليه	ظرفیت تخلیه (mAh.g ⁻¹)	نمونه آزمایش
∵. <i>⋝</i> ٧/٩٩	0.05 C	YA/Y	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-Bare$
7. 89/84	0.05 C	170	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-1\%Wt$
7. 81/14	0.05 C	۹۵/۵۸	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-3\%Wt$
% 88/rv	0.05 C	84/48	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-5\ \%Wt$

جدول ۴– مقادیر مربوط به ظرفیت تخلیه و بازدهی جریان برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تخلیه ۰٫۰۵.C

۳-۲-۲- بررسی عملکرد الکتروشیمیایی نمونههای مورد آزمایش با سرعت تغذیه/تخلیه C ۰٫۱ C

در شکل ۴ نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تغذیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بـدون پوشـش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات بـا سـرعت تغذیـه ۰٫۱ C نشـان داده شـده است.





مقادیر مربوط به ظرفیت تغذیه با سرعت تغذیه C ۰٫۱ ، برای نمونه ماده کات دی تجاری LiNio₅Coo₂Mno₃O₂ (یرکونات در جدول ۵ قرار داده شده است. پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات در جدول ۵ قرار داده شده است. به طور کلی با افزایش سرعت شارژ / دشارژ مقدار ظرفیت کاهش پیدا می کند [۱۴]. مطابق با شکل ۴ و جدول ۵، به طور کلی مقادیر ظرفیت به دست آمده برای نمونههای مورد آزمایش کاهش پیدا کرده است و این میزان کاهش ظرفیت برای نمونـه ماده کاتدی تجاری کاهش ظرفیت به دست آمده برای نمونههای مورد آزمایش کاهش پیدا کرده است و این میزان کاهش ظرفیت برای نمونـه ماده بررسی عملکرد الکتروشیمیایی نمونههای مورد آزمایش سرعت فرآیند تغذیه نسبت به مرحله قبل دو برابر شده است و همچنین با آزمایش تشکیل شدهاند، در نمونه های مورد آزمایش سرعت فرآیند تغذیه نسبت به مرحله قبل دو برابر شده است و همچنین با آزمایش تشکیل شدهاند، در نمونه ماده کاتدی تجاری داکترولیت جامد یا فصل مشترک کاتد – الکترولیت در تمامی نمونـه های غیرفعال با الکترودها، یونهای لیتیم در طی فرآیند تغذیه باید از این لایههای غیر فعال مستقیم این لایههای غیرفعال با الکترودها، یونهای لیتیم در طی فرآیند تغذیه باید از این لایههای غیر فعال عبور کنند. با توجه به تماس مستقیم این لایههای جریان تغذیه نسبت به مرحله قبل دو برابر شده است در نتیجه میزان زمان لازم برای انجام فرآیند تغذیه در بازه ولتاژ ۲/۳ ولت نصف شده است. با توجه به کاهش زمان تغذیه در این مرحله و همچنین تماس مستقیم لینهای غیرفعال فصل مشترک ولیت نصف شده است. با توجه به کاهش زمان تغذیه در این مرحله و همچنین تماس مستقیم لایههای غیرفعال فصل مشترک را پیدا نمی کنند و به همین علت میزان ظرفیت در نمونه ماده کاتدی تجاری دیرای میزاری برای عبور از مین الکترودها و همچنین الکترولیت را پیدا نمی کنند و به همین علت میزان ظرفیت در نمونه ماده کاتدی تجاری دیرای مور از مین الکتروه و همچنین الکترولیت نرس تری

,		
سرعت تغذيه	ظرفيت تغذيه (mAh.g ⁻¹)	نمونه آزمايش
0.1C	۵۵/۵۵	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-Bare$
0.1C	۱ • ۳/۳۶	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-1\%Wt$
0.1C	λ •/λλ	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-3\%Wt$
0.1C	V7/44	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-5~\%Wt$

جدول ۵- مقادیر مربوط به ظرفیت تغذیه برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۲ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تغذیه ۰٫۱.C

در شکل ۵ نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تخلیه برای نمونه ماده کاتدی تجـاری LiNi_{0.5}CO_{0.2}Mn_{0.3}O2 بـدون پوشـش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سـرعت تخلیـه ۰٫۱ C نشـان داده شـده است.

مقارات يژوهش





مقادیر مربوط به ظرفیت تخلیه با سرعت تخلیه C، د برای نمونه ماده کاتـدی تجـاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بـدون پوشـش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات در جدول ۶ قرار داده شده است.

جدول ۶- مقادیر مربوط به ظرفیت تخلیه و بازدهی جریان برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تخلیه ۱.۰.C

بازده جریان $CE = rac{C_{Disharge}}{C_{charge}} imes 100$	سرعت تخليه	ظرفیت تخلیه(mAh.g ⁻¹)	نمونه آزمايش
י. גד/דד	0.1C	48/29	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-Bare$
΄. λλ/ΨΥ	0.1C	۹۱/۳۴	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-1\%Wt$
·/. ٨۶/٣۶	0.1C	۶٩/۸۵	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-3\%Wt$
۲. ۲۰/۳۸	0.1C	۵۸/۲۳	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-5\ \%Wt$

با توجه به این که سرعت فرآیند تخلیه در این مرحله دو برابر شده است و زمان لازم برای فرآیند تخلیه نصف شده است و یون های لیتیم در مقادیر درصد وزنی بالا از پوشش لیتیم زیرکونات فرصت لازم برای عبور از میان الکترودها و الکترولیت پیدا نمی کنند، بازدهی جریان برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 پوشش داده شده با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات به دلیل اثر ممانعت کننده ماده پوشش دارای مقدار کمتری نسبت به نمونه بدون پوشش میباشد. زیرا در نمونه پوشش داده شده با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش میان به نمونه ماده کاتدی تجاری عرونی نسبت به نمونه بدون پوشش میباشد. زیرا در نمونه پوشش داده شده با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش دارای مقدار کمتری نسبت به نمونه ماده کاتدی بدون پوشش، موانع پوشش داده شده با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات در مقایسه با نمونه ماده کاتدی بدون پوشش، موانع علاوه بر فیلمهای غیرفعال فصل مشترک الکترولیت جامد و فصل مشترک کاتد – الکترولیت، حضور درصد وزنی بالاتر از مقدار بهینه از ماده پوشش میباشد و این حضور درصد وزنی بالاتر از مقدار بهینه از ماده پوشش به عنوان یک مانع میتواند عبور یون

چنانچه سرعت تغذیه / تخلیه در کل فرآیند تغذیه / تخلیه مقدار ثابتی باشد، افزایش درصد وزنی ماده پوشش لیتیم زیرکونات باعث افزایش مقاومت انتقال بار میگردد حال چنانچه سرعت تغذیه / تخلیه تغییر پیدا کند، حضور موانع در مسیر عبور یونهای لیتیم اهمیت بیشتری پیدا میکنند. چرا که این موانع عبور یونهای لیتیم را با تاخیر مواجه میکنند و به همین علت بازدهی

جریان کاهش پیدا می کند. با توجه به این که در نمونه ماده کاتدی تجاری LiNio.5Co.2Mn.3O2 با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات ضخامت پوشش نسبت به سایر نمونهها بیشتر میباشد، در نتیجه عبور یونهای لیتیم با تاخیر بیشتری صورت می گیرد و با توجه به کاهش زمان تخلیه، بازدهی جریان در نمونه با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش نسبت به سایر نمونهها در سطح پایینتری قرار می گیرد. لازم به ذکر است نمونههای مورد آزمایش به جز در سرعت تغذیه / تخلیه C ، در هر سرعت تغذیه / تخلیه تعداد ۵ سیکل کاری را انجام دادهاند و سپس سرعت تغذیه / تخلیه آنها افزایش پیدا کرده است. درنتیجه ایـن نمونهها بخشی از ظرفیت خود را در سیکل های انجام شده در یک سرعت تغذیه / تخلیه آنها افزایش پیدا کرده است. درنتیجه ایـن نمونهها میزان افت ظرفیت برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNio.5Co.2Mn.3O2 با تخلیه ثابت از دست دادهاند. با توجه به شکل ۳–۵، تمامی نمونههای پوشش داده شده با لیتیم زیرکونات افت ظرفیت کمتری را نسبت به نمونه پوشش داده شـده نشان دادهاند و کمترین افت ظرفیت نیز مربوط به نمونه ماده کاتدی تجاری LiNio.5Co.2Mn.3O2 با ۲ ٪ وزنی از ماده پوشش نسبت به دیگر نمونهها بیشتر میباشد و تمامی نمونههای پوشش داده شده با لیتیم زیرکونات افت ظرفیت کمتری را نسبت به نمونه پوشش داده شـده نشان دادهاند و کمترین افت ظرفیت نیز مربوط به نمونه ماده کاتدی تجاری LiNio.5Co.2Mn

-۲-۳- بررسی عملکرد الکتروشیمیایی نمونههای مورد آزمایش با سرعت تغذیه/تخلیه C ۰٫۲ C

در شکل ۶ نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تغذیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تغذیـه ۰٫۲ C نشـان داده شـده است.



۱ شکل ۶- نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تغذیه نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تغذیه C ۰٫۲ C

مقادیر مربوط به ظرفیت تغذیه با سرعت تغذیه C ۲٫۲ ۲٫۲ مرای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات در جدول ۷ قرار داده شده است. مطابق با شکل ۶ و جدول ۷، به طور کلی مقادیر ظرفیت به دست آمده به دلیل دو برابر شدن سرعت تغذیه/ تخلیه باری نمونه های مورد آزمایش کاهش پیدا کرده است و این میزان کاهش ظرفیت باری نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و بدون پوشش داده منده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات در جدول ۷ قرار داده شده است.

سرعت تغذيه	ظرفيت تغذيه (mAh.g ⁻¹)	نمونه آزمایش			
0.2C	346/12	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-Bare$			
0.2C	V9/87	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-1\%Wt$			
0.2C	۴۷/۷۹	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-3\%Wt$			
0.2C	۶۱/•V	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-5~\%Wt$			

جدول ۷ – مقادیر مربوط به ظرفیت تغذیه برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده یوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تغذیه ۲.۲.

با توجه به این که در این مرحله از بررسی عملکرد الکتروشیمیایی نمونههای مورد آزمایش سرعت فرآیند شارژ نسبت به مرحله قبل دو برابر شده است و همچنین با توجه به این که لایههای غیرفعال فصل مشترک الکترولیت جامد یا فصل مشترک کاتـد – الکترولیت در تمامی نمونههای مورد آزمایش ضخیمتر شدهاند، در نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بـدون پوشش با توجه به تماس مستقیم این لایههای غیرفعال با الکترودها، یونهای لیتیم در طی فرآیند تغذیه باید از این لایههای غیر فعال عبور کنند. با توجه به این که میزان جریان تغذیه نسبت به مرحله قبل دو برابر شده است در نتیجه میزان زمان لازم بـرای انجـام فرآیند شارژ در بازه ولتاژ ۳/۳ – ۲/۵ ولت نصف شده است. در ایـن مرحلـه از بررسـی عملکـرد الکتروشـیمیایی نمونـههای مورد آزمایش، با توجه به این که لایههای غیرفعال فصل مشترک الکترولیت جامد یا فصل مشترک کاتد – الکترولیت ضخیم^{*}تر شدهانـ و همچنین زمان لازم برای انجام فرآیند شارژ نسبت به مرحله قبل یک دوم و نسبت به مرحلـه اول یـک چهـارم شـده است، در نتیجه ظرفیت به میزان بیشتری کاهش پیدا کرده است. در ایـن مرحلـه از بررسـی عملکـرد الکتروشـیمیایی نمونـه هـای مـورد آزمایش، با توجه به این که لایههای غیرفعال فصل مشترک الکترولیت جامد یا فصل مشترک کاتد – الکترولیت ضخیم^{*}تر شدهانـد و همچنین زمان لازم برای انجام فرآیند شارژ نسبت به مرحله قبل یک دوم و نسبت به مرحلـه اول یـک چهـارم شـده است، در

علاوه بر این با توجه به شکل ۶ شیب نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش نسبت به نمونههای پوشش داده شده بیشتر میباشد و این یعنی میزان انرژی مصرفی برای انجام فرآیند تغذیه در این نمونه بر روی عبور یونهای لیتیم از موانعی چون لایههای غیرفعال فصل مشترک الکترولیت جامد یا فصل مشترک کاتد – الکترولیت متمرکز شده است. لازم به ذکر است، موانع ذکر شده در تمامی نمونههای مورد آزمایش وجود دارند اما در نمونههای پوشش داده شده چون این موانع تماس مستقیم با ماده کاتدی ندارند و همچنین به دلیل این که ماده پوشش لیتیم زیر کونات هادی یونی میباشد، نسبت به نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بر روی عبور یونهای لیتیم از موانع موجود در مسیر متمرکز میگردد. در شکل ۷ نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تخلیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری 20ونی و ۵ بر روی از ماده کاتدی ندارند و همچنین به دلیل این که ماده پوشش لیتیم زیر کونات یونهای لیتیم از موانع موجود در مسیر متمرکز میگردد. در شکل ۷ نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تخلیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری 20 میران مونه ماده کاتدی تباری داره کاتر و دسب ظرفیت در فرآیند تخلیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری 20 میران انرژی کمتری از ماده با ۱۰ بر وی مود رولتاژ بر حسب ظرفیت در فرآیند تخلیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری 20 میران از ماده شده است.





مقادیر مربوط به ظرفیت تخلیه با سرعت تخلیه C, ۲ C برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات در جدول ۸ قرار داده شده است.

بازده جریان 60 <i>CE = ^CDisharge</i> 70 <i>CE = Ccharge</i>	سرعت تخليه	ظرفیت تخلیه (mAhg ⁻¹)	نمونه أزمايش
7/ 93/71	0.2 C	۳۲/۴	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-Bare$
7. ٩٠/٩١	0.2 C	Y7/11	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-1\%Wt$
% XX/44	0.2 C	47/27	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-3\%Wt$
'/. VF/FT	0.2 C	40/40	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-5\%Wt$

جدول ۸ – مقادیر مربوط به ظرفیت تخلیه برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۲ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تخلیه ۲.C.

با توجه به مقادیر به دست آمده در جدول ۸ و نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در شکل ۷، نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ دiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش کمترین میزان ظرفیت را تحویل داده است و نمونههای پوشش داده شده با مقادیر ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات ظرفیت های بیشتری را تحویل دادهاند. ظرفیت تخلیه نمونه ماده کاتدی بدون پوشش در مقایسه با نمونههای پوشش داده شده با مقادیر ۲ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات ظرفیتهای بیشتری را تحویل دادهاند. ظرفیت تخلیه نمونه ماده کاتدی بدون پوشش در مقایسه با نمونههای پوشش داده شده بسیار پایین میباشد و همچنین مطابق با نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در شکل ۷، نمونه بدون پوشش داده شده بسیار پایین میباشد و همچنین مطابق با نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در منکل ۷، نمونه بدون پوشش داده شده میباشد و وضعیت ثابت یعنی موقعیتی در منحنی ولتاژ بر حسب ظرفیت در منحنی مونه مای پوشش داده شده بیشتری نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در منحنی موابق با نمودار ولتاژ بر حسب ظرفیت در منحن می بردون پوشش دارای شیب بیشتری نسبت به نمونه مای پوشش داده شده میباشد و وضعیت ثابت یعنی موقعیتی در منحنی ولتاژ بر حسب ظرفیت در اعرفیت در اعویل میدون پوشش داده شده میباشد و منحنی مولت ماده کان دی در منحنی ولتاژ بر حسب ظرفیت دو سخانی بیم دری پوشش داده شده میباشد و صنحنی داده است و ساختار ماده کاتدی در این مرحله از بررسی عملکرد الکتروشیمیایی به میزان زیادی دچار تغییر شده است و ضخامت لایه می غیرف ال فصل مشترک الکترولیت جامد یا فصل مشترک در الکترولیت جامد یا فصل مشترک دان در الکترولیت به میزان زیادی دیار زیادی افزایش پیدا کرده است.

در شکل ۸ نمودار ظرفیت تخلیه بر حسب تعداد سیکل کاری باتری برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات نشان داده شده است.



شکل ۸– نمودار ظرفیت تخلیه بر حسب تعداد سیکل کاری باتری برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش.

مطابق با نمودار ظرفیت تخلیه بر حسب تعداد سیکل کاری باتری در شکل ۸، بعد از انجام پنجمین سیکل کاری باتری با سرعت تغذیه / تخلیه C،، C، نمونه ماده کاتدی تجاری LiNio.5Coo.2Mno.3O2 پوشش داده شده با ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات ظرفیت تخلیه بالاتری را نسبت به نمونه با ۳ ٪ وزنی ماده پوشش نشان میدهد.

همچنین نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات بالاترین میزان ظرفیت تخلیه را در بین تمامی نمونهها نشان میدهد و در نتیجه مقدار ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش به عنوان درصد وزنی بهینه از ماده پوشش لیتیم زیرکونات انتخاب میگردد.

۳-۳- بررسی عملکرد الکتروشیمیایی نمونههای مورد آزمایش در آزمون سیکلپذیری

به منظور بررسی عملکرد سیکل پذیری نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات، نمونههای آزمایش ابتدا در سرعت تغذیه/ تخلیـه ۲,۱ C بـه تعـداد ۱ سیکل کاری و سپس در سرعت تغذیه/ تخلیه ۲ ۱ به تعداد ۴۰ سیکل کاری تحت فرآیند تغذیه/ تخلیه قرار گرفتند. در شکل ۹ نمودار ظرفیت تخلیه بر حسب تعداد سیکل کاری باتری برای نمونه ماده کاتدی تجـاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بـدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات نشان داده شده است.



شکل ۹– نمودار ظرفیت تخلیه برحسب تعداد سیکل کاری برای نمونه ماده کاتدی LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات با سرعت تخلیه C ۱.

کلیه نمونههای مورد آزمایش در سیکل کاری اول، با سرعت ۰٫۱ C تحت عملیات تغذیه/ تخلیه قرار گرفتند و سپس سرعت تغذیه/ تخلیه به میزان ۱۰ برابر افزایش پیدا کرد و کلیه نمونههای مورد آزمایش به تعداد ۴۰ سیکل کاری در سرعت ۲ C تحت عملیات تغذیه/ تخلیه به میزان ۱۰ برابر افزایش پیدا کرد و کلیه نمونههای مورد آزمایش به تعداد ۴۰ سیکل کاری در سرعت ۲ C تحت عملیات تغذیه/ تخلیه قرار گرفتند. مطابق با نمودار ظرفیت تخلیه بر حسب تعداد سیکل کاری در شکل ۹، نمونه ماده کاتدی عملیات تغذیه/ تخلیه قرار گرفتند و سپس سرعت ۲ C تحت عملیات تغذیه/ تخلیه به میزان ۱۰ برابر افزایش پیدا کرد و کلیه نمونههای مورد آزمایش به تعداد ۴۰ سیکل کاری در سرعت ۲ C تحت عملیات تغذیه/ تخلیه قرار گرفتند. مطابق با نمودار ظرفیت تخلیه بر حسب تعداد سیکل کاری در شکل ۹، نمونه ماده کاتدی تجاری 20 تعدی تجاری 20 ماده کاتدی به مورد آزمایش و نمونه ماده کاتدی به ماده کاتدی به تعداد میکل کاری در شکل ۹ ماده کاتدی به تعداد یوش و نمونه و نمونه و نمونه و نمونه ماده کاتدی به ماده کاتدی به مورد آزمایش و نمونه و نمونه و نمون د مانه ماده کاتدی به ماده کاتدی به مورد آزمایش و نمونه و نمونه ماده کاتدی به ماده کاتدی به مونه ماده کاتدی به موش و نمونه های پوشش داده شده با مقادیر ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات، ظرفیت بالایی را هم در سیکل کاری اول و هم در سیکل کاری چهلم تحویل داده است.

مقادیر مربوط به ظرفیت به دست آمده برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}CO_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با مقادیر ۱ ٪ وزنی، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات در سیکل کاری اول و سیکل کاری چهلـم در جـدول ۹ قرار داده شده است.

		0 ,, , 0 ,, 0		
حفظ ظرفيت	ظرفيت تخليه	ظرفيت تخليه	ظرفيت تغذيه	
$C_{40} \times 100$	$(mAh.g^{-1})$	$(mAh.g^{-1})$	$(mAh.g^{-1})$	نمونه آزمايش
$%CR = \frac{1}{C_2} \times 100$	سیکل کاری چهلم	سیکل کاری دوم	سيکل کاری اول	
7. YY/YY	24/42	41/41	VT/TV	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-Bare$
7. 77/77	۴.	۵۵	11.	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-1\%Wt$
7. 81/48	۳۰/۸۸	۵۰	1.4/41	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-3\%Wt$
7. 89/91	۳۶/۴۵	۵۲/۰۸	٩٨/٩۵	$LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2-5~\%Wt$

جدول ۹-مقادیر مربوط به ظرفیت تخلیه در سه سیکل اول، دوم و چهلم در آزمون سیکل پذیری برای نمونه ماده کاتدی LiNi0.5C00.2Mn0.3O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ، ۳ ٪ وزنی و ۵ ٪ وزنی از ماده پوشش.

مطابق با جدول ۹، میزان حفظ ظرفیت در نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات و همچنین نمونه ماده کاتدی بدون پوشش یکسان میباشد اما مقدار ظرفیت در سیکل کاری اول در نمونه پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ماده پوشش به میزان ۵۰/۲ ٪ بیشتر از نمونه ماده کاتدی بدون پوشش میباشد. با توجه به این که سرعت تغذیه/ تخلیه به میزان ۱۰ برابر افزایش پیدا کرده است و زمان تغذیه/ تخلیه به میزان یک دهم شده است و همچنین با توجه به این که م نمونههای ماده کاتدی پوشش داده شده موانع در مسیر عبور یون لیتیم علاوه بر موانع موجود در نمونه ماده کاتدی بدون پوشش د حضور ماده پوشش میباشد، میزان حفظ ظرفیت در نمونههای پوشش داده شده کمتر از نمونه بدون پوشش میباشد. البته در رابطه با نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش میتوان گفت، چون مقدار درصد وزنی ماده پوشش در رابطه با نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش میتوان گفت، چون مقدار درصد وزنی ماده پوشش بر رابطه با نمونه علاوه بر تحویل ظرفیت بالا در سیکل کاری اول باتری نسبت به دیگر نمونههای دارای پوشش مورد آزمایش به علت این نمونه یک مقدار بهینه میباشد و اثر افزایش مقاومت انتقال بار در این مقدار درصد وزنی ماده پوشش مورد آزمایش به علت این نمونه یک مقدار دیکس می وشش حفظ ظرفیت مشایهی با نمونه ماده کاتدی بدون پوشش دارای پوشش مورد آزمایش به علت این نمونه یک مقدار بهینه میباشد و اثر افزایش مقاومت انتقال بار در این مقدار درصد وزنی ماده پوشش مورد آزمایش به علت این نمونه یک مقدار بهینه میباشد و اثر افزایش مقاومت انتقال بار در این مقدار در یونی ماده پوشش مورد آزمایش به علت این نمونه ماده پوشش ماده پوشش حفظ ظرفیت مشایهی با نمونه ماده کاتدی بدون پوشش داشته است. نمودار ظرفیت تخلیه بر در میون ماده پوشش ولا باعث افزایش ظرفیت میشایه می توان به مقدار ۱ ٪ وزنی بر روی ماده کاتدی با توجه به هادی نودن ماده پوشش اولا باعث افزایش ظرفیت میشود و ثنیا به علت قطع تماس مستقیم بین ماده کاتدی و الکترولیت باعث حفظ ظرفیت میشود که البته در تعداد ۴۰ سیکل کاری تنها میتوان به نبود افزایش مقاومت انتقال بار در اثر اعمال این مقدار پوشش

3-4- بررسی نتایج حاصل از آنالیز طیفسنجی امپدانس الکتروشیمیایی

در شکل ۱۰ نمودار مقدار امپدانس واقعی بر حسب معکوس ریشه دوم فرکانس در محدوده فرکانس ۱۰۰ میلی هرتز تا ۱۰۰ کیلـو هرتز برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 بدون پوشش و پوشش داده شـده بـا ۱٪ وزنـی مـاده پوشـش لیتـیم زیرکونات رسم شده است.

مطابق با شکل ۱۰، در یک فرکانس ثابت، مقدار امپدانس واقعی برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNio.5Coo.2Mno.3O2 بدون پوشش بیش از نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱٪ وزنی ماده پوشش لیتیم زیرکونات میباشد و در نتیجه میتوان گفت حضور ماده پوشش لیتیم زیرکونات به مقدار ۱٪ وزنی به طور قابل توجهی از افزایش مقاومت الکتروشیمیایی در طی فرآیند تغذیه/ تخلیه ممانعت به عمل آورده است. به منظور بررسی کمی و با استفاده از داده های نمودار ۱۰ ضریب نفوذ یون لیتیم با

با برازش یک نمودار خطی بر دادههای مربوط به نمونه ماده کاتدی بدون پوشش، معادله خط برازش شده به شکل زیر بـه دسـت میآید:

y=791.43x+1175 R²=0.9857 ۵-۳ معادله ۳

همچنین با برازش یک نمودار خطی بر دادههای مربوط به نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱٪ وزنی مـاده پوشـش، معادلـه

خط برازش شده به شکل زیر به دست می اید:

معادله ۳–۶

مقالات يژوهشر

حال با استفاده از معادله زیر ضریب نفوذ یون لیتیم برای دو نمونه بدون پوشش و پوشش داده شده بــا ۱٪ وزنــی از مـاده پوشـش ليتيم زيركونات قابل محاسبه ميباشد. لازم به ذكر است اين معادله در محدوده با فركانس پايين قابل استفاده ميباشد. R^2T^2 $D = \frac{1}{2A^2n^4F^4C^2\sigma_W^2}$

 $R^2 = 0.9955$

معادله ۳–۷

معادله ۳–۸

در این معادله منظور از R ثابت جهانی گازها ۸٬۳۱۴Jmol⁻¹K⁻¹ منظور از T دمای مطلق (۲۹۸ کلوین)، منظور از n تعـداد الکتـرون ها به ازای هر مولکول در طی فرآیند اکسایش و کاهش (در موضوع تحقیقاتی حاضر این عدد ۱ در نظر گرفته شده است)، منظور از A سطح مقطع الکترود ۱cm²، منظور از C غلظت یون لیتیمی که در طی فرآیند تغذیه/ تخلیه جا به جا می شود ^{3-m}mol.cm^{-r} ۲۰×۹٫۶۹، منظور از F ثابت فارادی ۲۰۹۴۸۶ C.mol و منظور از می فاکتور واربرگ^۹ میباشد که طبق معادله زیر رابطه مستقیم با امپدانس واقعی دارد [۱۵] و [۱۶]:

 $Z = R^e + R^{ct} + \sigma_w \omega^{-1/2}$

y=428.58x+191.36

با توجه به معادله خطوط به دست آمده از شکل ۳–۱۰، میتوان از شیب خط نمودار امپدانس واقعی بر حسب معکوس ریشه دوم فرکانس مقدار فاکتور واربرگ را محاسبه نمود. مقادیر مربوط به ضرایب نفوذ نمونه ماده کاتدی بدون پوشش و پوشـش داده شـده با ۱٪ وزنی ماده پوشش لیتیم زیرکونات به ترتیب ۹٬۵۶×۱۰^{-۱۶}cm²/s و ۳٬۲۶×۳٬۲۶×۳٬۲۶ محاسبه شد. با مقایسه مقادیر به دست آمده برای ضرایب نفوذ ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱٪ وزنی ماده پوشش لیتیم زیرکونات مشخص میباشد که حضور ماده پوشش لیتیم زیرکونات با قابلیت رسانایی یـونی مقـدار انـرژی اکتیواسـیون (سـد انرژی نفوذ) را کاهش داده است و در نتیجه موجب تسهیل حرکت یون لیتیم شده است.



شکل ۱۰-نمودار امپدانس واقعی بر حسب معکوس ریشه دوم فرکانس برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 و پوشش داده شده با ۱٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات

۴- نتیجهگیری

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧

در بررسی نتایج حاصل از آزمونهای تغذیه/ تخلیه برای نمونه ماده کاتدی تجاری LiNi0.5C00.2Mn0.3O2 بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱٪ وزنی، ۳٪ وزنی و ۵٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات، نمونه ماده کاتا دی تجاری LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O2 پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات بالاترین میزان ظرفیت تخلیه را در بین تمامی نمونهها نشان داده

⁹ Warburg Factor

است یعنی در سرعتهای تخلیه C ۰۰٫۰۵ C و C ۰٫۰۵ و LiNio.5Coo.2Mno.3O و ۷۹/۳۲ و ۷۹/۳۲ میلی آمپر ساعت بر گرم را تحویل داده است که نسبت به نمونه ماده کاتدی تجاری LiNio.5Coo.2Mno.3O2 بدون پوشش با مقادیر ظرفیت ۷۹/۷۱، ۴۶/۲۹ و ۳۴/۷۲ میلی آمپر ساعت بر گرم در سرعتهای تخلیه مشابه به مقدار قابل توجهی بالا میباشد. به همین علت مقدار ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش به عنوان درصد وزنی بهینه از ماده پوشش لیتیم زیرکونات انتخاب شده است.

در بررسی نتایج حاصل از آزمون سیکل پذیری، میزان حفظ ظرفیت در نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیر کونات و همچنین نمونه ماده کاتدی بدون پوشش یکسان بوده است اما مقدار ظرفیت در سیکل کاری اول در نمونه پوشش داده شده با ۱ ٪ وزنی ماده پوشش به میزان ۵۰/۱۲ ٪ بیشتر از نمونه ماده کاتدی بدون پوشش بوده است. با توجه به این که سرعت تغذیه/ تخلیه به میزان ۱۰ برابر افزایش پیدا کرده است و زمان تغذیه/ تخلیه به میزان یک ده. م براب ر شده است و همچنین با توجه به این که در نمونههای ماده کاتدی پوشش داده شده موانع در مسیر عبور یـون لیتـیم علاوه بـر موانـع موجود در نمونه ماده کاتدی بدون پوشش حضور ماده پوشش می باشد، میزان حفظ ظرفیت در نمونههای پوشش داده شده کم تر از نمونه بدون پوشش بوده است. البته در رابطه با نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده موانع در مسیر عبور یـون لیتـیم عـلاوه بـر موانـع چون مقدار درصد وزنی ماده پوشش در این نمونه یک مقدار بهینه می باشد و اثر افزایش مقاومت انتقال بار در ایـن مقدار درصـد وزنی ماده پوشش قابل مشاهده نمی باشد، این نمونه یک مقدار بهینه می باشد و اثر افزایش مقاومت انتقال بار در ایـن مقدار درصـد وزنی ماده پوشش قابل مشاهده نمی باشد، این نمونه یک مقدار بهینه می باشد و اثر افزایش مقاومت انتقال بار در ایـن مقدار درصـد وزنی ماده پوشش قابل مشاهده نمی باشد، این نمونه یک مقدار بهینه می باشد و اثر افزایش مقاومت انتقال میار در ایـن مقدار درصـد وزنی ماده پوشش قابل مشاهده نمی باشد، این نمونه یک مقدار بهینه می باشد و اثر افزایش مقاومت انتقال بار در ایـن مقدار درصـد وزنی ماده پوشش قابل مشاهده نمی باشد، این نمونه علاوه بر تحویل ظرفیت بالا در سیکل کاری اول باتری نسـبت بـه دیگر بدون پوشش دارای پوشش مورد آزمایش به علت دارا بودن هدایت یونی ماده پوشش حفظ ظرفیت مشابهی بـا نمونـه ماده کاتـدی

در بررسی نتایج حاصل از آنالیز طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی بر روی نمونه ماده کاتدی بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات، در یک فرکانس ثابت، مقدار امپدانس واقعی برای نمونه ماده کاتدی بدون پوشش بیش از نمونه ماده کاتدی پوشش داده شده با ۱٪ وزنی ماده پوشش لیتیم زیرکونات به دست آمد که میتوان نتیجه گرفت حضور ماده پوشش لیتیم زیرکونات به مقدار ۱٪ وزنی به طور قابل توجهی از افزایش مقاومت الکتروشیمیایی در طی فرآیند تغذیه/ تخلیه ممانعت به عمل آورده است. همچنین با مقایسه دو مقدار ای^۱ دست ۵۰ (و ا^۲-۱۰×۹۰۶ (و ۲۵-۱۰×۹۰ به ضریب نفوذ یون لیتیم در نمونه ماده کاتدی بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱٪ وزنی از ماده پوشش لیتیم زیرکونات می باشد، مشخص است که حضور ماده پوشش لیتیم زیرکونات با قابلیت رسانایی یونی مقدار انرژی اکتیواسیون (سد انـرژی نفـوذ) را

به طور کلی می توان گفت، اعمال ماده پوشش به مقدار ۱ ٪ وزنی بر روی ماده کاتدی با توجه به هادی بودن ماده پوشش اولا باعث افزایش ظرفیت می شود و ثانیا به علت قطع تماس مستقیم بین ماده کاتدی و الکترولیت باعث حفظ ظرفیت می شود که البته در تعداد ۴۰ سیکل کاری تنها می توان به نبود افزایش مقاومت انتقال بار در اثر اعمال این مقدار پوشش اشاره کرد.

مراجع

- [1] Ehsan Allahyari, Milad Ghorbanzadeh, Reza Riahifar and S M M Hadavi, Electrochemical performance of NCM/LFP/Al composite cathode materials for lithium-ion batteries. Materials Research Express, 2018. 5(5): p. 055503.
- [2] Yong-Hun Cho, Donghyuk Jang, Jeongbae Yoon, Hyunchul Kim, Tae Kyu Ahn, Kyung-Wan Nam, Yung-Eun Sung, Woo-Seong Kim, Yun-Sung Lee, Xiao-Qing Yang and Won-Sub Yoon, Thermal stability of charged LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode for Li-ion batteries investigated by synchrotron based in situ X-ray diffraction. Journal of alloys and compounds, 2013. 562: p. 219-223.
- [3] Ding Wang, Xinhai Li, Zhixing Wang, Huajun Guo, Yan Xu and Yulei Fan, Co-modification of LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode materials with zirconium substitution and surface polypyrrole coating: towards superior high voltage electrochemical performances for lithium ion batteries. Electrochimica Acta, 2016. 196: p. 101-109.
- [4] Ding Wang, Xinhai Li, Zhixing Wang, Huajun Guo, Yan Xu, Yulei Fan and Juanjian Ru, Role of zirconium dopant on the structure and high voltage electrochemical performances of LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode materials for lithium ion batteries. Electrochimica Acta, 2016. 188: p. 48-56.
- [5] Yulin He, Ying Li, Chaoxiang Xu, Mingyuan Zhu and Wenxian Li, Improvement in the cycling stability and rate capability of $LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$ cathode material via the use of a Ta_2O_5 coating. Ceramics International, 2020. 46(10): p. 14931-14939.

29

- مقالات پژوهشی
- [6] Ding Wang, Xinhai Li, Wanlin Wang, Zhixing Wang, Huajun Guo and Juanjian Ru, Improvement of high voltage electrochemical performance of LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode materials via Li₂ZrO₃ coating. Ceramics International, 2015. 41(5): p. 6663-6667.
- [7] Huixian Xie, Ziyang Liang, Dong Luo, Yaping Zhang, Xiaokai Ding, Jiaxiang Cui, Zuhao Zhang and Zhan Lin, A general route of fluoride coating on the cyclability regularity of high-voltage NCM cathodes. Chemical Communications, 2020. 56(80): p. 12009-12012.
- [8] Lei Wang and Yung Hang Hu, Surface modification of LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode materials with Li₂O-B₂O₃-LiBr for lithium-ion batteries. International Journal of Energy Research, 2019. 43(9): p. 4644-4651.
- [9] Zhaoxin Guo, Tengfei Ma, Ting Ting Xu, Yan Chen, Gang Yang and Yuhong Li, Amorphous Li₂ZrO₃ nanoparticles coating Li[Li_{0.17}Mn_{0.58}Ni_{0.25}] O₂ cathode material for enhanced rate and cyclic performance in lithium ion storage. Materials Chemistry and Physics, 2020. 255: p. 123593.
- [10] Xiaowei Miao, Huan Ni, Han Zhang, Chunguang Wang, Jianhui Fang and Gang Yang, Li₂ZrO₃-coated 0.4 Li₂MnO₃ 0.6 LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂ for high performance cathode material in lithium-ion battery. Journal of Power Sources, 2014. 264: p. 147-154.
- [11] Timothy R.Cook, Dilek K.Dogutan, Steven Y.Reece, Yogesh Surendranath, Thomas S.Teets and Daniel G.Nocera, Solar Energy Supply and Storage for the Legacy and Nonlegacy Worlds. Chemical Reviews, 2010. 110(11): p. 6474-6502.
- [12] Yaser Abu-Lebdeh and Isobel Davidson, Nanotechnology for lithium-ion batteries. 2012: Springer Science & Business Media.
- [13] Ding Wang, Xinhai Li, Zhixing Wang, Huajun Guo, Zhenjun Huang, Lingkun Kong and Juanjian Ru, Improved high voltage electrochemical performance of Li₂ZrO₃-coated LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode material. Journal of Alloys and Compounds, 2015. 647: p. 612-619.
- [14] Yue Xu, Yang Liu, Zhongpei Lu, Haiying Wang, Deqin Sun and Gang Yang, The preparation and role of Li₂ZrO₃ surface coating LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ as cathode for lithium-ion batteries. Applied Surface Science, 2016. 361: p. 150-156.
- [15] Ali Reza Madram, Reza Daneshtalab and Mohammad Reza Sovizi, Effect of Na⁺ and K⁺ co-doping on the structure and electrochemical behaviors of LiFePO₄/C cathode material for lithium-ion batteries. RSC advances, 2016. 6(103): p. 101477-101484.
- [16] S.J.Shi, Y.J.Mai, Y.Y.Tang, C.D.Gu, X.L.Wang and J.P.Tu, Preparation and electrochemical performance of ball-like LiMn_{0.4}Ni_{0.4}Co_{0.2}O₂ cathode materials. Electrochimica acta, 2012. 77: p. 39-46.

ارائه مدل به منظور تخمین طول عمر مقره سرامیکی در **رامیک ایرانی** آلودگیهای مختلف براساس استقامت الکتریکی و حرارتی

منیرہ تقوایی'، نسیم نایبپاشایی'، مصطفی صدیقیزادہ'

^۱ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه شهید بهشتی ^۲ پژوهشکده فناوری و مهندسی، پژوهشگاه استاندارد

چکیدہ: مقرہهای سرامیکی از جمله مقرہهای به کار رفته در صنعت برق مےباشےند کے کارایی و ویژگیهای آنها در مقایسه با سایر مقرهها ازجمله مقرههای پلیمری، محبوبیت این مقرهها را افـزایش داده است. مهمترین نکته در رابطه با مقرههای سرامیکی عملکرد آنها در شرایط محیطی آلوده است که به علت آبدوست بودن سطح مقرههای سرامیکی وقوع تخلیه الکتریکی بیشتری را در مقایسه بــا ســایر مقرهها تجربه می کنند. همین امر باعث کاهش استقامت الکتریکی مقرههای یاد شده در شرایط محیطی سخت، می شود. امروزه استفاده از پوشش و ناپوشش های بر پایهی پلیمر به عنوان راهکاری به منظـور بهبود عملکرد و در نتیجه جلوگیری از پیرشدگی و فرسودگی مقرههای پلیمری مورد استفاده قرار می گیرد. در این مقاله سعی شده است تا با بهره گیری از مدل تخمین طول عمر چند معیاره پیشــنهادی و براساس دادههای تجربی، طول عمر مقرههای سرامیکی پوشش داده شده و بدون پوشش را در شـرایط محیطی با آلودگی مختلف با یکدیگر مقایسه کرده و تاثیر پوشش و آلـودگی بـر روی طـول عمـر تخمینی پیشنهادی بررسی شود. با بهره گیری از مدل پیشنهادی و مقایسه طول عمر دو مقره سـرامیکی بدون پوشش و پوشش داده شده مشخص شد طول عمر مقره پوشش داده شده با پوشش سیلیکون رابر در شرایط محیطی آلوده بهبود چشمگیری داشته است که در نتیجه بهبود عملکرد تخلیـه الکتریکـی حاصل شده است. مدل چندپارامتری پیشنهادی و دادههای تجربی این تحقیق معیارهای عددی را بدست خواهد داد که در تحلیل های قابلیت اطمینان محور شبکه قدرت و مدلسازی روش تعمیر و نگهداری خطوط با توجه به شرایط محیطی(شدت آلودگی و میزان درجه حرارت محـیط) مـورد اسـتفاده قـرار خواهد گرفت.

كلمات كليدى: مقره پرسلانى، نانوذرات، پوشش سيليكون رابرى، ولتاژ تخليه الكتريكى، تخمين طول

۱- مقدمه

مقرههای فشار قوی به منظور جداسازی سطوح مختلف ولتاژ از یکدیگر استفاده می شود. به مرور زمان آلـودگی برسـطح مقرههـا نشسته و تحت تاثیر شرایط جوی و محیطی مانند رطوبت یا نزولات جوی، لایه الکترولیت برسطح آن ها تشکیل می شود. ایـن لايه الكتروليت باگذشت زمان گسترش يافته ودرصورت نامناسب بودن طراحي ايزولاسيون منجر به شكست الكتريكي و خاموشي درسیستم قدرت می گردد. از این رو طراحی صحیح ایزولاسیون در بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه نقش موثری دارد. نقـش ایـن طراحی به خصوص در مناطقی که دارای ألودگی محیطی بالایی میباشند، بسیار چشم گیر است، بهطوری که بر اساس أمار موجود حدود ۷۰ درصد خطاهای خطوط فشار قوی بر اثر عملکرد نامناسب ایزولاسیون می باشد [۱،۲].

از جمله مهمترين ويژگيهاي مقردهاي الكتريكي عبارتند از: ۱– مقاومت الكتريكي كه ازجمله مهمترين وظايف مقردها، ايجاد مقاومت الکتریکی در راستای ایزوله کردن هادی از بدنه کنسول و پایهی دکلها میباشد. ۲- مقاومت مکانیکی که عبارت است از توانایی تحمل نیروهای حاصل از وزن سیمها و هادیها و نیروی اعمالی ناشی از باد، برف و یخ، خاصیت الاستیک خوب برای

مقالات يروهشه

نویسنده مسئول: دكتر نسيم نايبياشايي نوع مقاله: پژوهشی صفحههای: ۶۱ تا ۷۱ شاپا چاپی: ۳۳۵۱–۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷–۲۷۸۳ زبان نشریه: ف<mark>ارسی</mark> دسترسپذیر در نشانی: www.JICERS.ir تاريخ دريافت: 14.../.4/.9 تاريخ پذيرش:

DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.1.4.5

14../.0/.0

تحمل تنشهای خمشی وکششی و مقاومت در برابر فشار. ۳- مقاومت و خواص فیزیکی که به عنوان مقاومت در برابر عوامل جوی و تابش آفتاب، زنگ نزدن و اکسید نشدن، دارا بودن ضریب انبساط کم، حفظ خواص در برابر سرما وگرما. ۴- خواص ساختمانی و شیمیایی که به صورت فشردگی کامل و نداشتن خلل و فرج، عدم ترکیب با اکثر مواد، اتصال کامل الکترونها و یونها، عدم امکان تعویض یونی در ساختار آنها. مقالات يژوهشر

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٩٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧

مقرههای سرامیکی که متداول ترین نوع مقرههای موجود میباشند، از ترکیبات آلکالین و سیلیکات آلومینیوم ساخته میشود، جهت بالا بردن استقامت مکانیکی چینی به آن اکسیدآلومینیوم اضافه میکنند. مقرههای چینی هم به صورت بشقابی و هم به صورت یکپارچه ساخته میشوند. مقرههای پرسلانی (سرامیکی) به علت ویژگیهای خوبی که دارند مانند مقاومت حرارتی مناسب و مقاومت مکانیکی خوب و مقاومت به خوردگی بالا به عنوان پر کاربردترین مواد عایقی در مهندسی برق استفاده میشوند. و سابقهی استفاده از آنها به ۲۰۰ سال میرسد [۳، ۴].

در میان خواص اشاره شده برای مقرههای سرامیکی، مقاومت الکتریکی این مقرهها در ألودگیهای مختلف تاثیر زیادی در فرسودگی و کاهش طول عمر آنها دارد [۵، ۶]. دلایل بروز خطا و از بین رفتن ویژگیهای عایقی در مقرههای سرامیکی و به طور کلی تمامی مقرهها را میتوان به دو دسته ی کلی تقسیمبندی کرد: دلایل محیطی و پیرامونی غیرقابل پیشبینی و دیگری از بین رفتن ویژگیهای مواد عایقی به کار رفته و ساختار مواد مانند استقامت الکتریکی و مکانیکی و حرارتی [۷، ۸].

تخمین طول عمر و در نتیجه آن قابلیت اطمینان ایزولاتورهای شبکه قدرت با در نظر گرفتن آلودگی های مختلف امری است که کمتر بدان پرداخته شده است و دستیابی به معیاری عددی به منظور مقایسه عملکردی این مقرها، آن هم در حضور درجات مختلف آلودگی گامی مهم در برآوردهای قابلیت اطمینان و برنامهریزی شبکه قدرت است. در واقع مدل پیشنهادی علاوه بر تایید این حقیقت که طول عمر و عملکرد مقرههای پوشش داده شده در مقایسه با پوشش داده نشدهها (به ویژه در محیطی با آلـودگی متوسط و زیاد) ارتقا پیدا می کند، معیاری از رابطه میزان شدت آلودگی و میزان بهبود طول عمر را در اختیار می گذارد که کاربران این تجهیزات با توجه به طول عمر و بهبود آن و همچنین هزینه استفاده از ایـن پوشـشهاد ر رابطـه بـا انتخـاب روش تعمیـر و نگهداری مناسب تصمیمگیری می کند، و همچنین استفاده از دادههای تجربی در شرایط یکسان آزمایش نتـایج را قابـل قبـول تر کرده است. مدل چندپارامتری پیشنهادی و دادههای تجربی بدست آمده در این تحقیق معیارهای عددی را بهدست خواهد داد که در تحلیلهای قابلیت اطمینان محور شبکه قدرت و مدانی روش تعمیر و نگهداری خطوط با توجه به شرایط محیطی را قابـل قبـول تر کرده است. مدل چندپارامتری پیشنهادی و دادههای تجربی بدست آمده در این تحقیق معیارهای عددی را بهدست خواهد داد که در تحلیلهای قابلیت اطمینان محور شبکه قدرت و مدل سازی روش تعمیر و نگهداری خطوط با توجه به شرایط محیطی (میـزان باشد و با توجه به کم بودن سابقه استفاده، مطالعه و بررسی مدل های تخیر است که در حـال مطالعه و بررسی می منظور بهبود عملکرد مقرههای سرامیکی به ویژه در محیط با آلودگی مختلف موضوعی است که در حـال مطالعه و بررسی می نظور ریو با اهمیت است. [۹ ۱۰، ۱۱، ۱۲].

بنابراین در این مقاله نخست با آنالیز ریزساختاری سرامیک و پوشش RTV سیلیکون رابر مورد استفاده برای پوشش دهی به منظور افزایش استقامت الکتریکی سرامیک در شرایط محیطی آلوده، از ساختار ماده و ویژگیهای مورد نظر اطمینان پیدا کرده و در ادامه با صرف نظر از استقامت مکانیکی مقره سرامیک پوشش داده شده و بدون پوشش به علت ویژگی سرامیک به کار رفته، با استفاده از دو معیار استقامت حرارتی و الکتریکی طول عمر مقرههای سرامیکی بدون پوشش و با پوشش در شرایط حرارتی و آلودگی یکسان با یکدیگر مقایسه شده است. در این راستا مقره سرامیکی بدون پوشش و با پوشش در شرایط حرارتی و مصنوعی قرار داده شده و با اعمال ولتاژ در شرایط یکسان میزان ولتاژ آستانه تخلیه الکتریکی آنها با یکدیگر مقایسه شده و ازسوی دیگر با توجه به اینکه در رابطه با پوشش پلیمری پایان طول عمر پوشش به نوعی ادامه کار مقره پوشش داده شده را به علت تغییر ساختار و ویژگیهای عایق ماده ناممکن میکند و حرارت عامل مهم در تعیین طول عمر پلیمرها میباشد، از مدل آرنیوس و محاسبه انرژی اکتیواسیون به منظور تعیین پایان عمر مقره پوشش داده شده است. در ادامه مواد و روش

¹ Room temperature vulcanized silicon rubber

94

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- مواد

مواد به کار رفته در بخش تجربی این مطالعه، به منظور بهدست آوردن نتایج عملیاتی و آزمایشگاهی عبارتند از: پوشش سیلیکون رابر (RTV) ساخت شرکت واکر آلمان، مقره سرامیکی مورد استفاده مقره سرامیکی ۴۰ نیوتن ساخت شرکت مانه است. به منظور مقایسه مقرههای سرامیکی بدون پوشش و پوششدار از منظر استقامت الکتریکی و حرارتی، دو نمونه به شرحی که در ادامه آورده شده است آماده و مورد آزمایش قرار گرفتهاند.

- نمونه اول: مقره سرامیکی بدون پوشش است با فاصله خزشی ۱۹ سانتی متر مطابق شکل (۱).
 - نمونه دوم: مقره سرامیکی پوشش داده شده با پوشش سیلیکون رابر (RTV).





وزن مقره	قطر مقره	بار مکانیکی ویژہ	فاصله خزشي اسمي
74 gr	ινα ΜΜ	۴۰KN	۱۹۰ MM

شکل ۱- مقرههای به کار رفته در مطالعات تجربی , و مشخصات فنی

۲-۲-مطالعات ریزساختاری

به منظور بررسی ساختار سرامیک و RTV و تایید آنها، مواد مورد استفاده، با استفاده از روشهای آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) ، و آنالیز فلورسانس اشعه ایکس(XRF) مورد مطالعه قرار گرفتند.

آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD): مطالعات پراش اشعه ایکس به منظور مشاهده ساختار کریستالی مواد انجام شد. مطالعات XRD با استفاده از دستگاه مدل Philips PW1730 با اشعه مشخصه Cu Ka (۰۱۵۴۰۵۶ نانومتر) در فواصل ۰/۰۵ درجه و فواصل زمانی یک ثانیه به ازای زوایای 20 در محدوده ۱۰ تا ۸۰ درجه انجام شد.

آنالیز فلورسانس اشعه ایکس(XRF): به منظور تعیین درصد عناصر تشکیلدهنده نمونه در بازه سدیم تا اورانیوم صورت می گیرد. مطالعات XRF با استفاده از دستگاه مدل PW1410 Philips انجام شده است.

آنالیز توزین حرارتی (TGA): آنالیز توزین حرارتی TGA در این مطالعه به منظور تعیین میزان انرژی اکتیواسیون در مدل تخمین عمر پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است. دستگاه مورد استفاده، مدلTA Q600 میباشد.

۲-3- اندازهگیری ولتاژ آستانه تخلیه الکتریکی

ألودگي وشرايط ترشوندگي، عملكرد تخليه الكتريكي مقرههاي سراميكي را تعيين مينمايد. بخاطرخاصيت أبگريزي، پوششها تر

عقالات يژوهشر

شدن کامل سطح را اجازه نداده و در نتیجه عملکرد تخلیه الکتریکی مقرههای پوشش دار به میزان زیادی بهبود مییابد. در این مطالعه ولتاژ تخلیه الکتریکی مقره پوشش دار نسبت به مقره بدون پوشش در شرایطی که دو نمونه به صورت مصنوعی مطابق روش توضیح داده شده در استاندارد IEC60507 [۱۳] آلوده شدهاند و در ۵ سطح مختلف آلوده شده و مورد آزمایش ومقایسه قرار گرفتهاند. مطابق آنچه در استاندارد مذکور شرح داده شده است ملاک TESDD و NSDD شاخصهای بررسی میزان آلودگی در نظر گرفته می شوند.

۲-4- محاسبات انرژی اکتیواسیون

انرژی اکتیواسیون کمینه انرژی مورد نیاز به منظور شروع واکنش است و در تعیین روند تخریب مواد و همچنین تخمین طول عمر مواد کاربرد دارد. یکی از روشهای مهم به منظور محاسبه میزان انرژی اکتیواسیون، روش ۴۰۶۳ است، که از نتایج آنالیز TGA بدین منظور استفاده میکند. در [۱۵، ۱۴] روند بدست آوردن انرژی اکتیواسیون و توضیح کامل این روش آورده شدهاست. در واقع پس از خطیسازی رابطه بین (β) nl و 1/۲ برای هر میزان پیشرفت واکنش، میزان انرژی اکتیواسیون مربوط به هر سطح از پیشرفت واکنش از شیب این خطوط مطابق رابطه (۱) قابل محاسبه است. که در این رابطه β نرخ حرارتدهی، T دمای حرارت دهی بر حسب کلوین و Σa و α به ترتیب میزان انرژی اکتیواسیون و اکنش را نشان میدهند. R ثابت گاز با مقدار۸۳۱۴ J/mol که میراند. در واقع با استفاده از دادههای TGA که شامل دما و میزان وزن ماده باقیمانده نسبت به ماده اولیه مقدار۸۳۱۴ J/mol که میران و یو میزان پیشرفت واکنش را نشان میدهند. R ثابت گاز با مقدار۸۳۱۴ J/mol که میران و یشرفت واکنش (۵) است، و همچنین نرخ حرارتدهی β نمودارهای خطی برای هر میزان پیشرفت واکنش را نشان میدهند. R مقدار۸۳۱۴ J/mol که می از میران و یو میزان پیشرفت واکنش را نشان میدهند. R ثابت کاز با

£)

$\ln(\beta) = constant - 1.0516(\frac{E_{\alpha}}{R.T})$

۲-۵- مدل تخمین طول عمر چندپارامتری

معادله ۱:

معادله ۲:

معادله ۳:

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٤٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧

به منظور محاسبه طول عمر تجهیزات مختلف الکتریکی و احتمال خرابی آنها در مقالات مختلف، مدلهایی تک معیاره و چند معیاره پیشنهاد شده است. در این مقاله به منظور مقایسه طول عمر مقرههای پیشنهادی در حضور آلودگیهای مختلف از مدل پیشنهادی در [۱۶، ۱۷] استفاده شده است. در این مدل طول عمر یک تجهیز الکتریکی براساس سه پارامتر مهم تنش الکتریکی و مکانیکی و الکتریکی مدلسازی شده است. روابط (۲) و (۳) میزان طول عمر تخمین زده شده بر حسب سال را تحت تنشهای الکتریکی و مکانیکی و حرارتی مختلف نشان میدهد.

$$L = L_0 (E/E_S)^{-(n-bT)} \times (M/M_S)^{-m} \times \exp(-\varphi v)$$
$$v = 1/\theta - 1/\theta_0$$

که در آن M و E میزان تنش مکانیکی و الکتریکی وارد بر تجهیز و $_{s}^{s}$ و $_{s}^{s}$ میزان آستانه تنش مکانیکی والکتریکی را نشان می دهد. پارامتر LD بیان کننده میزان طول عمر تجهیز بدون در نظر گرفتن تنشهای ذکر شدهاست. $_{0}^{0}$ و $_{0}^{0}$ در این معادله به ترتیب مربوط به دمای مبنای T۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفت شده مربوط به دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفت شده مربوط به دمای میان T۵ درجه سانتیگراد و محیط است که در این مطالعه دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفت شده مربوط به دمای مبنای T۵ درجه سانتیگراد و محیط است که در این مطالعه دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفت شده مربوط به دمای میان T۵ درجه سانتیگراد و محیط است که در این مطالعه دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفت به شده مربوط به مناور مدان $(p_{s}^{2} - p_{s}^{2})$ بارامترهای n و است. پارامتر $(p_{s}^{2} - p_{s}^{2})$ بارامترهای n و m و d به منظور مدل کردن تاثیر همزمان تنشهای یاد شده در این رابطه استفاده می شوند و دارای مقادیر به ترتیب Y و T/۳ و m و d به منظور مدل کردن تاثیر همزمان تنشهای یاد شده در این رابطه استفاده می شوند و دارای مقادیر به ترتیب Y و T/۳ و T۰۰ می باشد (T1). در این مقاله با استفاده از مدل ذکر شده و با جایگذاری میزان تنش الکتریکی متغیر با آلودگیهای مختل که در نتیجه آزمایشات تجربی حاصل شده است در $_{s}$ طول عمر هر نمونه به عنوان یکی از معیارهای قابلیت اطمینان تجهیز تحمین زده شده و در آلودگیهای مختل می در نتیجه آزمایشات تجربی حاصل شده است در $_{s}$ طول عمر هر نمونه به عنوان یکی از معیارهای قابلیت اطمینان تجهیز تحمین زده شده و در آلودگیهای مختلف بررسی و مقایسه شده است.

² Equivalent salt deposit density

³Non soluble deposit density

⁴ Ozawa–Flynn–Wall

در این بخش، نخست نتایج مربوط مطالعات زیرساختاری مقره سرامیکی و پوشش پلیمری مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات XRD و XRF اطلاعات ارزشمندی در رابطه با فاز و ساختار کریستالی مواد ارائه میدهند. به همین منظور آنالیز XRF مربوط به سرامیک و لعاب سرامیک در جدول ۱ و آنالیز XRD مربوطه نیـز در شـکلهای ۲ و ۳ آورده شـده اسـت. همچنـین آنـالیز XRD یوشش RTV به همراه پیکهای مشاهده شده در شکل ۴ نشان داده شده است. با بررسی پیکهای حاصل در طیف بدست آمـده تایید می شود که ماده مورد نظر با طیف مربوط به AI(OH) تطابق دارد که از مواد اصلی و سازنده پوشش RTV می باشد. با توجه به نتایج حاصل، تمامی آنالیزهای انجام شده تاییدکننده ساختار مواد مورد استفاده در مطالعه پیشرو میباشد. همانطور که در شکل ۲ و شکل ۳ مشخص است مقره سرامیکی از کانیهای مولایت (۳۸۱٬۲۵٬۵۵۵)، کوارتز (SiO2) و کروندوم (Al2O3) تشکیل شده است و عنصر غالب در لعاب مقره سرامیکی با توجه به پیک مشخص شده سیلیس میباشد. از أنجا که ماده اصلی تشکیل دهنده پوشش RTV، ماده سیلیکونی PDMS^۵ و فیلر AI(OH)۵ می باشد در پاسخ آزمون پراش اشعه ایکس موارد ذکر شده

به خوبی قابل تشخیص هستند. موارد ذکر شده تایید کننده مواد مورد استفاده در آزمونهای عملیاتی میباشند. براساس مطالعات انجام شده میزان Al₂O₃ بهینه به منظور افزایش استقامت حرارتی و خواص عایقی سرامیک میزان تقریبی ۳۰ درصد است. [۱۸] میزان این ماده در نمونه استفاده شده نزدیک به مقدار مشخص شده است.

عناصر تشكيل دهنده	واحد	سرامیک	لعاب
SiO ₂	%	65.919	66.043
Al ₂ O ₃	%	25.301	15.95
Fe ₂ O ₃	%	1.696	4.211
CaO	%	0.496	3.792
Na ₂ O	%	0.569	1.805
K ₂ O	%	1.546	2.848
MgO	%	0.135	1.991
MnO	%	0.012	0.042
TiO ₂	%	0.549	0.297
P_2O_5	%	0.066	0.195

н.**ĩ**



90

⁵ polydimethylsiloxane

فصلنامه سراميك أيران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠ فصلنامه سراميك أيران دوره ١٧



میزان آستانه ولتاژ تخلیه الکتریکی را در برابر میزان آلودگی در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات موجود در [۱۷] و [۱۸]، رابطه بین ولتـاژ آستانه تخلیه الکتریکی که در ارزیابی مقادیر استقامت الکتریکی قابل استفاده میباشـند و میـزان سـطح آلودگی (ESDD) در محیط مرطوب به صورت رابطه کلی (۴) قابل تعریف است.

مقارات پژوهشی

معادله ۴:

$E_s = \lambda (ESDD)^{-\mu}$

مقالات يژوهشى

که در این رابطه E_s میزان استقامت الکتریکی بر حسب (Kv/cm)، ۸ و µ پارامترهایی هستند که به مشخصههایی از مقره مانند جنس ماده به کار گرفته شده و شکل مقره مرتبط هستند [۱۹]. با استفاده از نتایج تجربی بدست آمده از آزمون اندازه گیری ولتاژ آستانه تخلیه الکتریکی در سطوح مختلف آلودگی مصنوعی ایجاد شده (طبق آنچه که در [۲۰] به منظور ایجاد آلودگی پیشنهاد شده است.) در اتاقک مه تمیز و استفاده از برازش منحنی برای نتایج حاصل طبق معادله ۴، مقادیر این پارامترها برای هر دو مقره مورد نظر محاسبه شده است. همانطور که از نتایج موجود در شکل ۵ برمی آید پارامترهای مرتبط با مقره دارای پوشش در مقایسه با پارامترهای مربوط به مقره پوشش داده نشده مقادیر بالاتری را نشان میدهند.



شکل ۵– نتیجه آزمون تخلیه الکتریکی مقره سرامیکی بدون پوشش و با پوشش در آلودگیهای مختلف

به منظور تکمیل اطلاعات مورد نیاز در مدل تخمین طول عمر، میزان انرژی اکتیواسیون پوشش RTV با بهره گیری از روش OFW که در [۲۱]شرح داده شده است، محاسبه شده است. برای این منظور نیاز به نتایج آزمون TGA در چندین نرخ حرارتدهی مختلف است که در این مطالعه سه نرخ (۲۱)°۵ ما و ۲۰ در نظر گرفته شده است. نتیجه مربوط و در شکل ۶ نشان داده شده است.

تمودارهای خطی شده بر اساس نتایج آنالیز TGA و توضیحات بخش (۴–۲) در سه نرخ مختلف حرارتدهی برای پوشش VTX در شکل ۷ آورده شده است. براساس این نتایج میزان انرژی اکتیواسیون محاسبه شده برای هـ ر سطح از پیشرفت واکـنش و تخریب ماده در جدول ۲ آورده شده است. درصد پیشرفت واکنش به عنوان معیاری به منظور تعیین تخریب ماده و از دست دادن خواص اصلی در نظر گرفته می شود. در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۶ و ۲/۷ به عنوان معیاری به منظور تعیین تخریب ماده و از دست دادن خواص اصلی در نظر گرفته می شود. در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۶ و ۲/۷ به عنوان معیاری به منظور تعین تخریب ماده و از دست دادن مواص اصلی در نظر گرفته می شود. در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۶ و ۲/۷ به عنوان معیاری به منظور تخریب ماده و از دست دادن ماده در نظر گرفته می شود. در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۶ و ۲/۷ به عنوان معیاری به منظ ور تخریب ماده ماده در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۵ و ۲/۷ به عنوان معیاری به منظ ور تخریب ماده ماده در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۵ و ۲/۷ به عنوان معیاری به منظ ور تخریب ماده ماده در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۵ و ۲/۷ به عنوان معیاری به منظ ور تخریب ماده و از دست دادن ماده در این ماده در این مقاله سرعت تخریب (α) بین ۶/۵ و ۲/۵ به عنوان معیاری به منظ ور تخریب ماده و تخریب ماده و در نتیجه میزان انرژی اکتیواسیون متناظر برای این درجه پیشرفت واکنش در فرمول (ϕ =Ea/R) اعمال می شود. α میزان انرژی اکتیواسیون در سرعت واکنش مشخص α است. α میزان خطای رگرسیون خطی را نشان می دهد که با می شود. α مقادیر بالای ۲/۹ مشخص است که دقت محاسبات و آزمایش ها قابل قبول بوده است.

در این بخش با توجه به مدل تخمین طول عمر توصیف شده در بخش (۵–۲) و روابط (۲) و (۳) که سه پارامتر تنش الکتریکی، مکانیکی و حرارتی را به منظور پیشبینی طول عمر تجهیز در نظر می گیرد [۱۴] به تخمین طول عمر نمونه مقرههای پیشنهادی پرداخته می شود. به منظور مدلسای اثر استفاده از پوشش و همچنین شرایط محیطی از جمله آلودگی در مدل پیشنهادی از دادههای بهدست آمده در بخش تجربی استفاده می شود. میزان پارامتر φ در رابطه (۲) که متناسب با میزان انرژی اکتیواسیون [۲1] است. دمای ۳۰ درجه سانتیگراد با توجه میانگین دمای فصل بهار و تابستان و به منظور در نظر گرفتن شرایط محیطی حرارتی یکسان و متعارف برای نمونهها فرض شده و نسبت به دمای مرجع ۲۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است.



ج) نرخ حرارتدهی (C/min°) ۲۰

91

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠ فصلنامه

الت بثوهشى



جدول ۲ -نتایج انرژی اکتیواسیون					
RTV					
α	E_{α}	R ²			
0/1	10/588	0/94022			
0/2	15/09	0/9706			
0/3	24/106	0/9947			
0/4	36/781	0/9947			
0/5	56/49	0/9090			
0/6	91	0/9297			
0/7	115/3	0/9714			
0/8	63	0/9867			
0/9	43	0/8676			
ميانگين	50/595	0/9518			

بدیهی است افزایش دما در مدل پیشنهادی میزان سرعت تخریب پوشش را بیشتر می کند. با توجه به مدل چند پارامتری به کار رفته در [۶۶]، تاثیر تنش حرارتی به صورت جداگانه در پیری پوشش دیده می شود و میزان استقامت حرارتی سرامیک بسیار بیشتر از پوشش سیلیکونی به کار رفته است. بنابر موارد بالا، این فرض ساده شونده در نظر گرفته شده است که زوال حرارتی تنها مختص پوشش به کار رفته است و انرژی اکتیواسیون مقره سرامیکی و در نتیجه تخریب حرارتی مقره بدون پوشش بسیار بالا در نظر گرفته شده است.

مقالات يژوهشى

99

براساس نتایج تجربی بخش تجربی برای پوشش (K) RTV و برای سرامیک مقدار بسیار بالا با توجه به مقاومت حرارتی بالای آن در نظر گرفته می شود. همانطور که پیشتر توضیح داده شد، با توجه به استقامت حرارتی بالای سرامیک، می توان فرض کرد که پیری حرارتی مقرههای مورد بحث با در نظر گرفتن پیری حرارتی پوشش ها معادل است و میزان انرژی اکتیواسیون مربوط به مقره سرامیکی بسیار بالا فرض شده است. از سوی دیگر رابطه آستانه تنش الکتریکی در برابر میزان شدت آلودگی که از بخش تجربی برای هر نمونه مقره بدست آمده است، در پارامتر Es در روابط مذکور جایگذاری می شوند.

شکل ۸ نتایج مقایسه ای تخمین طول عمر محاسبه شده بر اساس مدل پیشنهاد برای مقره بدون پوشش و پوشش داده شده را نشان میدهد. میزان طول عمر تخمینی محاسبه شده برای تمامی نمونه ها با افزایش میزان آلودگی کاهش پیدا میکند [۹]. با این حال طول عمر نمونه پوشش دار در مقایسه با نمونه بدون پوشش در آلودگی های محیطی مختلف بیشتر است.



شکل ۸- نتایج مقایسهای تخمین طول عمر محاسبه شده بر اساس مدل پیشنهاد برای مقره بدون پوشش و نمونه پوشش داده شده

۴- نتیجهگیری

از جمله تجهیزات مهم که در سیستم انتقال مورد استفاده قرار میگیرند مقرهها هستند. تعداد بسیار زیاد مقرههای استفاده شده در سراسر شبکه قدرت، با وجود ارزش نسبتاً کم مقره در مقایسه با سایر تجهیزات به کار رفته در خطوط انتقال، لـزوم بررسی این تجهیز در محاسبات قابلیت اطمینان و همچنین برآورد اقتصادی شبکه انتقال را نشان میدهد. با توجه به موارد ذکر شده، بررسی همه جانبه و جامع در این حوزه، نیازمند بهرهگیری از مطالعات تجربی و دادههای آماری و استفاده از روش مدلسازی کـارا است. همه جانبه و جامع در این حوزه، نیازمند بهرهگیری از مطالعات تجربی و دادههای آماری و استفاده از روش مدلسازی کـارا است. با استفاده از نتایج آزمایشهای عملی، تاثیر استفاده از پوشش پلیمری و دو نـوع نانوپوش س بهبـود یافتـه، بـرروی ولتـاژ تخلیـه الکتریکی به عنوان شاخص بهبود استقامت الکتریکی و در نتیجه قابلیت اطمینان مقرههای پوشش داده شده و بدون پوشش مورد نظر درحضور درجات مختلف آلودگی مصنوعی مورد بررسی قرار داده شد. به منظور بررسی و اعمال زوال حرارتی پوشش پلیمری، براساس آزمون TGA میزان انرژی اکتیواسیون پوشش محال داده شد. به منظور بررسی و اعمال زوال حرارتی پوشش مورد براساس آزمون قاودگی مصنوعی مورد بررسی قرار داده شد. به منظور بررسی و اعمال زوال حرارتی پوشش پلیمری، براساس آزمون TGA میزان انرژی اکتیواسیون پوشش محاسه شد و نتایج حاصل در بخش مدل سازی با بهرهگیری از مدل چنـد معراه مال ارتی تعمین میزان قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. به طور خاص بهبود طول عمر بود می توش مام استقامت حرارتی، الکتریکی و مکانیکی است مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به نتایج معلی میزان قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. به طور خاص بهبود طول عمر تخمینـی در موله عی با آلودگی متوسط و کـم میزان قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. این درحالی میزان قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. به طور خاص بهبود طول میزان ۵ برابر کاهش پیدا کرده است. این درحالی مدوس است که این میزان بهبود در موله می وشش داده شده در مایسه با میزان ۵ برابر بهبود پیدا کرده است. این درحالی میزان قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. این درحالی می وست می و میزان ۵ برابر بهبود در مولی می وران در این میزان ۵ برابر کرده است. استفاده از این مدر در ارزیابی طول عمر و مقایسه بین مقرههای پوشش داده شده توسط انواع پوششهای پیمری و بدون پوشش می وران در درمایی
- مراجع
- [1] J. L. Goudie, "Silicones for outdoor insulator maintenance," in Conference Record of the the 2002 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (Cat. No.02CH37316), 2002, pp. 256-259
- [2] Sanyal S, Kim T, Yi J, Koo J-B, Son J-A, Choi I-H. Failure Trends of High-Voltage Porcelain Insulators Depending on the Constituents of the Porcelain. Applied Sciences. 2020; 10(2):694. https://doi.org/10.3390/app10020694
- [3] S. M. Gubanski, "Outdoor high voltage insulation [Editorial]," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 17, no. 2, pp. 325-325, 2010.
- [4] Sanyal, S., Aslam, F., Kim, T., Jeon, S., Lee, Y. J., Yi, J., & Koo, J. B. (2020). Deterioration of porcelain insulators utilized in overhead transmission lines: A review. Transactions on Electrical and Electronic Materials, 21(1), 16-21.
- [5] Kuffel, J., & Kuffel, P. (2000). High voltage engineering fundamentals. Elsevier.
- [6] Salem, A. A., Abd-Rahman, R., Al-Gailani, S. A., Kamarudin, M. S., Ahmad, H., & Salam, Z. (2020). The leakage current components as a diagnostic tool to estimate contamination level on high voltage insulators. IEEE Access, 8, 92514-92528.
- [7] Kim, T., Lee, Y. J., Sanyal, S., Woo, J. W., Choi, I. H., & Yi, J. (2020). Mechanism of Corrosion in Porcelain Insulators and Its Effect on the Lifetime. Applied Sciences, 10(1), 423.
- [8] A. Froger, M. Gendreau, J. E. Mendoza, É. Pinson, and L.-M. Rousseau, "Maintenance scheduling in the electricity industry: A literature review," European Journal of Operational Research, vol. 251, no. 3, pp. 695-706, 2016/06/16/ 2016.
- [9] Taghvaei, M., Sedighizadeh, M., NayebPashaee, N., & Fini, A. S. (2020). Thermal stability of nano RTV vs. RTV coatings in porcelain insulators. Thermal Science and Engineering Progress, 20, 100696.
- [10] Choi IH, Koo JB, Son JA, Yi JS, Yoon YG, Oh TK. Development of Equipment and Application of Machine Learning Techniques Using Frequency Response Data for Cap Damage Detection of Porcelain Insulators. Applied Sciences. 2020; 10(8):2820
- [11] Taghvaei, M., Sedighizadeh, M., NayebPashaee, N., & Fini, A. S. (2021). Reliability assessment of RTV and nano-RTV-coated insulators concerning contamination severity. Electric Power Systems Research, 191, 106892
- [12] Zhang, Z., Qiao, X., Xiang, Y., & Jiang, X. (2019). Comparison of surface pollution flashover characteristics of RTV (room temperature vulcanizing) coated insulators under different coating damage modes. IEEE Access, 7, 40904-40912.
- [13] IEC 60507, 3rd Edition, December 2013 ARTIFICIAL POLLUTION TESTS ON HIGH-VOLTAGE CERAMIC AND GLASS INSULATORS TO BE USED ON A.C. SYSTEMS
- [14] A. Khawam and D. R. Flanagan, "Role of isoconversional methods in varying activation energies of solidstate kinetics: II. Nonisothermal kinetic studies," Thermochimica Acta, vol. 436, no. 1, pp. 101-112, 2005/10/01/ 2005.
- [15] Bhatti, Muhammad Mubashir, et al. "Study of activation energy on the movement of gyrotactic microorganism in a magnetized nanofluids past a porous plate." Processes 8.3 (2020): 328.
- [16] M. M. A. El Aziz, D. K. Ibrahim, and H. A. Kamel, "Estimation of the lifetime of electrical components in distribution networks," The Online Journal on Electronics and Electrical Engineering (OJEEE), 2010
- [17] A. Venkatesh, R. K N, and V. N, Experimental Study on Aging of Polymeric Insulators by Dip Method. 2019 ,
- [18] Sanyal, S., Kim, T., Koo, J. B., Son, J. A., Choi, I. H., & Yi, J. (2021). Probabilistic analysis of the failure of high-voltage insulators based on compositional analysis. Electric Power Systems Research, 195, 107184.
- [19] M. reza Ahmadi-veshki, M. Mirzaie, and R. Sobhani, "Reliability assessment of aged SiR insulators under humidity and pollution conditions," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 117, 105679, 2020/05/01/ 2020.
- [20] R. Hackam, "Outdoor high voltage polymeric insulators," in Proceedings of 1998 International Symposium on Electrical Insulating Materials. 1998 Asian International Conference on Dielectrics and Electrical Insulation. 30th Symposium on Electrical Insulating Ma, 1998, pp. 1-16: IEEE.
- [21] Ijaz, M., Yousaf, M., & El Shafey, A. M. (2021). Arrhenius activation energy and Joule heating for Walter-B fluid with Cattaneo–Christov double-diffusion model. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 143(5), 3687-3698.

14

مقارات يث



مقارات يژوهشم

اثر افزودن روی بر ریزساختار و خواص آنتی باکتریال نانوذرات **رامیک ایرانی** اکسید آهن تولید شده به روش تخلیه الکتریکی در محیط مایع

فرشته شهبازی'، رضا احمدی'*، محمد نوغانی'، غلامرضا کریمی'

۲ گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین ^۲ گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بینالملل امام خمینی (ره)، قروین

چکیده: اخیرا به سبب ایجاد مقاومت سویههای باکتری در برابر آنتی باکتریالهای آلی، نانوذرات اکسید فلزی به عنوان عوامل ضدباکتری مورد توجه محققان قرار گرفتهاند. نانوذرات اکسید آهـن و اکسید روی در عین سادگی سنتز و مقرون به صرفه بودن، خاصیت ضدباکتری بالایی در برابر انـواع باکتریهای گرم مثبت و گرم منفی دارند. در این پژوهش نانوذرات اکسید آهن و اکسیدآهن- اکسید روی به روش تخلیه الکتریکی در مایع سنتز شدند. جهت بررسیهای ریزساختاری از روشهای پراش اشعه ایکس و طیفسنجی مرئی استفاده شد که نتایج حاکی از تشکیل فازهای Fe₃O₄ و Fe در نمونه اکسید آهن و ZnO و ZnFe₂O4 در نمونه اکسید آهـن⊣کسید روی اسـت و انـدازه بلورکهـا بـه ترتیب ۸ m و ۱۸/۴nm به دست آمد. آنالیزهای میکروسکوپ الکترونی روبشمی و میکروسکوپ الکترونی عبوری ، وجود ساختار کروی و یکنواخت هسته-یوسته را تایید کرد. آنالیزهای ضدباکتری به دو روش حداقل غلظت مهار کنندگی و چگالی نوری انجام شد که خاصیت ضدباکتری نانوذرات در هر دو روش تایید شد. نانوذرات اکسیدآهن⊣کسید روی نسبت به نانوذرات اکسید آهن بـهخاطر فعال شدن سازو کارهای بیشتر و خاصیت همافزایی کاتیونهای +Fe³⁺ ،Fe²⁺ و Zn²⁺ عملکرد بهتری نشان دادند.

کلمات کلیدی: نانوذرہ، آنتی باکتریال، باکتری گرم مثبت، باکتری گرم منفی، تخلیے الکتریکے در مايع.

1- مقدمه

یکی از شاخههای مهم فناوری نانو، نانوبیوتکنولوژی است. میان فناوری نانو و پزشکی از دو جهت تعامل وجود دارد. اول اینکه ساختارهایی که با فناوری نانو ایجاد شدهاند می توانند به عنوان دستگاهها یا مواد بسیار پیشرفته در زیستشناسی و پزشکی مورد استفاده قرار گیرند. دوم اینکه می توان از مولکولهای بیولوژیکی برای جمع آوری ساختارهای نـانو اسـتفاده کـرد. فنـاوری نـانو در داروسازی و دارورسانی، تشخیص و بررسی بیماری، مواد کاشتنی و سازگار با بدن، جراحی و ابزار پزشکی به کار میرود [۲, ۲]. عوامل ضدباکتری نقش عمدهای در بخش بهداشت در مبارزه با عوامل بیماریزای باکتریایی دارند و همچنین در صنایع غذایی، صنايع نساجي و به عنوان ضدعفوني كننده آب به همان اندازه مفيد هستند [٣]. تاكنون، بيشتر تركيبات آلي بـه عنـوان ضـدعفوني کننده اصلی در برابر عوامل بیماریزای باکتریایی استفاده میشدند، اما استفاده از این ترکیبات آلی به دلیـل تکامـل بـاکتریهـای مقاوم در برابر چند دارو به شدت مورد چالش قرار گرفته است [۴]. علاوه براین، این ترکیبات آلی برای سلول های سالم انسان سمی هستند و همچنین به تغییرات شیمیایی و فیزیکی مانند pH، درجه حرارت بـالا و فشـار مـورد نیـاز در فرآینـدهای مختلـف صنعتی بسیار حساس هستند [۵]. به همین سبب اخیرا نانوذرات به عنوان عوامل ضدمیکروبی مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده

27

نویسنده مسئول: آقای دکتر رضا احمدی دانشگاه بینالمللی امام خمینی نوع مقاله: پژوهشی صفحههای: ۷۲ تا ۸۰ شاپا چاپی: ۳۳۵۱–۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷–۲۷۸۳ زبان نشریه: فارسی دسترسیذیر در نشانی: www.JICERS.ir تاريخ دريافت: 14../.0/17 تاريخ پذيرش: 14../.8/14

DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.1.6.7

از نانوذرات اکسید فلزات مختلف همانند اکسیدآهن، روی، مس، منیزیم، قلع وغیره در این مورد کاربردی است [۱]. مگنتیت، Fe₃O4، یک اکسید آهن مغناطیسی با ساختار شبکهFCC است که ساختار اسپینل معکوس مکعبی با اکسیژن دارد، به طوریکه کاتیونهای آهن دو و سه ظرفیتی مکانهای چهار و هشت وجهی را اشغال میکنند [۶]. نانوذره اکسید روی، ZnO، یک افزودنی غذایی مورد تأیید FDA است و به طور کلی در غلظتهای کم به عنوان ماده بی ⊂خطر و غیرسمی شناخته میشود [۷] روشهای مختلفی جهت سنتز نانوذرات وجود دارد، ازجمله روش سارژل^۰، همرسوبی^۲، سونوشیمی^۳، هیدروترمال^۴، میکروامولوسیون^۵ و روشهایی که مبتنی بر نیروهای مکانیکی هستند همانند آسیاکاری^{*}، روشهای مبتنی بر تبخیر ماده اولیه و تخلیه الکتریکی^۷. از میان این روشها، روش تخلیه الکتریکی مزایایی از جمله اقتصادی بودن، سازگاری با محیط زیست و تولید نانوذرات با خلوص بسیار بالا را دارد. در صورت بهینه کردن روش، تهیه نانو ذرات به این روش قابلیت صنعتی شدن را دارد. در این پژوهش از روش تخلیه الکتریکی در مایع به سبب سادگی و مقرون به صرفه بودن برای تهیه نانوذرات اکسیدآور اکسید و اکسید

آهن– اکسید روی استفاده شده است [۸]. سپس نانوذرات سنتز شده از لحاظ مورفولوژی، سـاختار و خـواص آنتـیباکتریـال مـورد مطالعه قرار گرفتند.

۲- مواد و روش تحقیق:

۲-۱-سنتز نانوذرات و بررسیهای ریزساختاری:

جهت سنتز نانوذرات اکسید آهن– اکسید روی از سیمهای آهنی کـم کـربن (مفتول ST37، چگالی ۸۷۴۵ kg/m³، قطر اولیه ا سنتز نانوذرات اکسید آهن– اکسید روی از سیمهای آهنی کـم کـربن (مفتول ST37، چگالی ۸۷۴۵ kg/m³) و آب مقطر به عنوان مواد اولیه استفاده شد. جهت دستیابی به مفتول قطر mm //۰، مفتول ST37 با قطر mm /۰ در داخل اسـید HCl بـه مـدت زمـان مشـخص قـرار داده شد. سیمهای با قطر mm /۰۲ به الکترودهای آند و کاتد در سیستم تخلیه الکتریکی متصل شدند و تخلیـه قـوس الکتریکی در یک ظرف پلاستیکی حاوی آب مقطر با ۲=HP و شدت جریان ۵۰۰۸ انجام گرفت. تعدادی از سـیمهای بـا قطر mm /۰ در داخل مذاب روی فرو برده شدند تا پوششی از فلز روی بر روی سیم نشانده شود. این سیمها با قطر نهایی mm ۲۰/۱ ± ۲۰/۰ در شدت جریان ۵۰۰۸ سنتز شدند.

۲-۲-بررسیهای ضدباکتری:

بررسی های ضد باکتری مطابق با استاندارد (CLSI M07-A8) انجام شدند. باکتری های مورد بررسی از نوع گرممنفی Escherichia coli از نوع HD5 و گرم مثبت Bacillus subtilis بودند.

¹ Sol-gel

- ⁴ Hydrothermal ⁵ Microemulsion
- ⁶ Milling

² Co-precipitation

³ Sonochemistry

⁷ Electrical discharge

۲-۲-۱- بررسی خواص ضدباکتری به روش حداقل غلظت بازدارندگی(MIC):

محیط کشت مایع از پودرمولر هینتون براث^۸ MHB کیولب ایتالیا تهیه گردید. سپس سوسپانسیون باکتری معادل با استاندارد نیم مک فارلند^۹ تهیه شد. از محیط کشت تازه تهیه شده مقدار Lu ۱۰۰ در هر چاهک پلیت ۹۶ خانه ریخته شد. سپس مقدار Lu ۱۰۰ ا از سوسپانسیون نانوذره در چاهکهای ردیف اول ریخته شده و رقیقسازی در کل چاهکها انجام شد. سپس مقدار Lu ۱۰۰ از سوسپانسیون باکتری به هر چاهک اضافه شد. برای هر نمونه دو تکرار، کنترل مثبت و کنترل منفی قرار داده شد. پلیتها با پارافیلم پوشانده و به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه انکوباتور –شیکر در دمای ^O⁰ ۳۷ قرار داده شدند. بعد از انکوباسیون به هریک از چاهک ها Lu ۴۰ نمک تترازولیوم ^{۱۰} (MTT) با غلظت ۱۳۵/۱۰ اضافه و در دمای ^{O⁰} قرار داده شدند. بعد از انکوباسیون به هریک از باکتریها در چاهکها با ظاهر شدن رنگ بنفش نمایان شد، کمترین غلظت نانوذره در چاهک که مانع از رشد باکتریها بود، بدون رنگ مشخص شد که به عنوان مقدار MTT در نظر گرفته شد. در نهایت پلیت با دستگاه الایزا ریـدر با طـول مـوج ۶۰۰ سرد.

۲-۲-۲ بررسی خواص ضدباکتری به روش چگالی نوری:

محیط کشت مایع، از پودرال بی براث (LB) تهیه شد. سپس سوسپانسیون باکتری معادل استاندارد نیم مک از هر کدام از باکتریها تهیه گردید. سپس با افزودن مقادیر مساوی از سوسپانسیون باکتری و افزودن مقادیرمختلف نانوذره به محیط کشت مایع، ۴ نمونه با غلظت ۱۵۶، ۳۱۲، ۶۲۵ و ۱۲۵۰ تهیه شد. مخلوط حاصل در دستگاه انکوباتر – شیکر با دمای ۵۰۷۳ قرار داده شد و بعد از هر بازه زمانی ۲ ساعته چگالی نوری در طول موج ۶۰۰ nm به وسیله دستگاه اکترال VIS مدل UVD-3200 اندازه گیری شد تا نرخ رشد باکتری هر کدام از نمونهها تعیین شود. از هر غلظت یک نمونه، به عنوان نمونه شاهد جهت کالیبراسیون دستگاه دردمای ۲۵ قرار داده شد. برای هر غلظت از نمونه ها ۳ تکرار در نظر گرفته شد تا تکرارپذیری آزمایشها اثبات شود و میانگین اعداد حاصل گزارش شد.

3-نتایج و بحث:

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧

مقالات يژوهشر

۳-۱-بررسیهای ریزساختاری:

۲−۱−۱− آنالیز XRD:

شکل ۱ طرح پراش اشعه ایکس نمونههای پودری اکسید آهن و اکسیدآهن – اکسید روی را نشان میدهد. نمودار آبی مربوط به نانوذرات اکسید آهن است که پیک های مشخص شده مطابق با شماره کارت ۲۵۱۵–۰۸۸–۰۱ و ۲۰–۷۲۲۰–۷۲۲۲ به ترتیب نشانگر وجود مگنتیت (Fe₃O4) و آهن خالص (Fe) با ساختار مکعبی است [۹, ۱۰]. نمودار قرمز در شکل ۱ مربوط به نانوذرات اکسید آهن – اکسید روی است. پیکهای مشخص شده مطابق با شماره کارت ۲۰۵۵–۱۰۹ و ۱۰۱۰–۱۰۹۹ به تانوذرات نشانگر وجود اکسید روی (ICD) با ساختار هگزاگونال و اکسید آهن–روی (ZnFe₂O4) با ساختار مکعبی است [۱۰، ۱۲]. متوسط اندازه بلورکها با استفاده از فرمول دبای–شرر محاسبه شده و در جدول ۱ آمده است.

نمونه	نام اختصاری	متوسط اندازه بلورک (XRD) (nm)	متوسط اندازه ذرات (nm) (SEM)
Fe	S1	٨	۱۰/٣
Fe-Zn	S2	۱۸/۴	۳۰/۹

جدول ۱-مشخصات نمونههای سنتز شده و متوسط اندازه بلورکها و اندازه ذرات.

8 Mueller-Hinton Broth

^۹ غلظت باکتری معادل 10⁵ cfu/ml در طول موج ۶۰۰ نانومتر

- ¹⁰ Methyl thiazolyl diphenyl-tetrazolium bromide
- 11 LB Broth

24



۲−۱−۳ آنالیز UV_VISIBLE:

شکل ۲ نمودارهای طیف جذبی نانوذرات سنتز شده را نمایش میدهد. همانطور که مشاهده می شود نانوذرات اکسید آهان در محدوده ۲۰۰ nm و نانوذرات اکسید روی در محدوده ۳۶۰ nm دارای پیک جذبی می باشند [۱۴, ۱۴].



شکل ۲- .طيف جذبي نانوذرات سنتز شده الف) نمونه S1 و ب) نمونه S2.

FESEM -۳-۱-۳ آنالیز

تصویر FESEM نمونه S1 و S2 به ترتیب در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. میانگین اندازه ذرات نمونـه S1 سال ۱۰/۳ م. وده ومورفولوژی ذرات کاملا کروی هستند زیرا سنتز نانوذرات در محیط آب مقطر نسبت به محیط گازی موجب تولید ذرات همگـن و یکنواخت کروی میشود که در رابطه مستقیم با نرخ سرد شدن و ضریب حرارتی محیط است [۱۵]. در مـورد نمونـهS2، میـانگین اندازه ذرات m ۲۰/۹ nm (شکل۴). علت درشت شدن ذرات نسبت به آهن خالص در شدت جریان و قطر یکسان، تشکیل ذرات اکسید روی است که به طور ذاتی نانوذرات اکسید روی دارای مورفولوژی میله ای بـوده (فلـش قرمـز) و درنتیجـه در انـدازه ذرات

مقارات يژوهشى

۷۵

تاثیر بسزایی داشته است [۱۶].

مقارات پژوهشر



شکل ۳- تصویر FESEM ونمودار توزیع فراوانی اندازه ذرات و تصویر EDS مربوط به نمونهS1.



شكل ۴- تصوير FESEM ونمودار توزيع فراوانى اندازه ذرات و تصوير EDS مربوط به نمونهS2.

۳-۱-۴- آنالیز TEM:

شکل۵ تصویر TEM از نمونههای سنتز شده را نشان می دهد. نمونهS1 دارای مورفولوژی کروی و یکنواخت میباشد. اندازه ذرات در محدوده ۱۱/۲ مرار دارد. تصاویر گویای تشکیل ساختار هسته-پوسته است که هسته دارای ترکیب آهـن خـالص و پوسـته دارای ترکیب اکسید آهن است. درمورد نمونه S2 به سبب وجود اکسید روی ساختار نانوذرات بـه شـکل میلـهای دیـده مـیشـود. متوسط اندازه ذرات در محدوده ۲۰ nm است. ساختار هسته-پوسته نیز به وضوح در تصاویر مشاهده میشود [۱۸, ۱۸].

۳-1-۳-بررسیهای ضد باکتری: ۳-1-1- آنالیز MIC:

شکلهای ۶ و ۷ نمودارها و نتایج عددی مربوط به آنالیز MIC را نمایش میدهد. همانطور که مشاهده می شود نمونه S1 در برابر باکتری گرم منفی E.coli عملکرد بهتری نشان داده است. در غلظتهای بالاتر از ۶۲۵ µg/ml ۶۲۵ برای E.coli و ۲۵۰ µg/ml برای B.Subtilis باکتریها به طور کامل مهار شدهاند. نمونه S2 در برابر باکتری گرم مثبت B.Subtilis عملکرد بهتری را نشان دادهاست و در غلظتهای بالاتر از ۱۵۶/۲ µg/ml برای B.Subtilis و ۳۱۲/۵ µg/ml ۲۱۲/۵ برای از کرم در به ساخری به طور کامل متوقف شده است. به طور کلی در برابر هر دو باکتری، برای نمونه S2 عملکرد بهتری به سبب فعال شدن سازوکارهای ضد



شکل ۵− الف) تصویر TEM و نمودار توزیع اندازه ذرات مربوط به نمونهS1، ب) تصویر TEM و نمودار توزیع اندازه ذرات مربوط به نمونه S2.



شکل ۶- نمودار و نتایج مربوط به خاصیت ضد باکتری نانوذرات سنتز شده در برابر باکتری E.coli.

YY

فطلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠

مقالات پژوهشی



شکل ۷- نمودار و نتایج مربوط به خاصیت ضد باکتری نانوذرات سنتز شده در برابر باکتری B.Subtilis.

۳-۱-۲- آنالیز چگالی نوری:

شکل ۸ و ۹ نتایج نموداری آنالیز چگالی نوری را نمایش میدهند. همانطور که در شکل ۹ قابل مشاهده است نمونه S2 خاصیت ضدباکتری بالایی نسبت به هردو باکتری از خود نشان داده است. این نتایج به دلیل اثر همافزایی حضور اکسید آهن و اکسید روی به طور همزمان و در نتیجه فعال شدن سازوکارهای ضدباکتری هردو نانوذره است. سازوکار اثر نانوذرات اکسید آهن تعامل الکترواستاتیک بین نانوذرات و باکتری و همچنین تولید گونههای اکسیژن واکنشی است. سازوکارهای موثر در مورد اکسید روی را میتوان به صورت تعامل الکترواستاتیک بین نانوذرات و باکتری، تولید گونههای اکسیژن واکنشی و آزادسازی یون بیان کرد [۱۹].



شکل A- نمودارهای چگالی نوری مربوط به نمونه S1.

Y۸

مقالات يژوهشى



شکل ۹- نمودارهای چگالی نوری مربوط به نمونهS2.

۴-نتیجهگیری

در این مطالعه نانوذرات اکسید آهن و اکسیدآهن – اکسید روی به روش تخلیه الکتریکی در مایع در جریان و pH ثابت سنتز شدند. حضور روی سبب افزایش میانگین اندازه ذرات از حدود ۱۰/۳ به ۳۰/۹ نانومتر شد. آنالیزهای ساختاری XRD و UV_VISIBLE حاکی از تشکیل فازهای Ge و Fe در نمونه S1 و فازهای JTFe₂O4 و CnC در نمونه S2 است که با تحقیقات پیشین همخوانی دارد. همچنین آنالیزهای Fe_SEM و FE فازهای JTFe₂O4 و CnC در نمونه S2 است که با تحقیقات هسته-پوسته است و ساختار نمونه S2 به صورت کروی –میله ای و هسته-پوسته است. آنالیزهای ضد باکتری خاصیت باکتری کشی نانوذرات سنتز شده را تایید کرد؛ نمونه S2 به سبب فعال شدن همزمان سازوکارهای مربوط به هردو نانوذره خاصیت هر افزایی داشته و عملکرد ضد باکتری بالاتری نشان دادند. طبق پژوهشهای پیشین، سازوکار اثر نانوذرات اکسید آهـن تعامـل

مراجع

- [1] Parak, W.J., Gerion, D., Pellegrino, T., Zanchet, D., Micheel, C., Williams, S.C., Boudreau, R., Gros, M., Larabell, C. and Alivisatos, A.P., Biological applications of colloidal nanocrystals. Nanotechnology, 2003. 14(7): p. R15-R27.
- [2] Emerich, D.F. and C.G. Thanos, Nanotechnology and medicine. Expert Opinion on Biological Therapy, 2003. 3(4): p. 655-663.
- [3] Lewis, K., Platforms for antibiotic discovery. Nature Reviews Drug Discovery, 2013. 12(5): p. 371-387.
- [4] Mikolay, A., Hugget, S. and Tikana, L., Survival of bacteria on metallic copper surfaces in a hospital trial. Appl Microbiol Biotechnol, 2010. 87(5): p. 1875-9.
- [5] Zhang, L., Jiang, Y., Ding, Y., Povey, M. and York, D., Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids). Journal of Nanoparticle Research, 2007. 9(3): p. 479-489.
- [6] Gupta, A.K. and M. Gupta, Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications. Biomaterials, 2005. 26(18): p. 3995-4021.
- [7] Cotton, G.C., Lagesse, N.R., Parke, L.S. and Meledandri, C.J., 3.04 Antibacterial Nanoparticles, in Comprehensive Nanoscience and Nanotechnology (Second Edition), D.L. Andrews, R.H. Lipson, and T. Nann, Editors. 2019, Academic Press: Oxford. p. 65-82.
- [8] Tseng, K.-H., Chou, C.J., Liu, T.C., Huang, U.H. and Chung, M.Y., Preparation of Ag-Cu Composite Nanoparticles by the Submerged Arc Discharge Method in Aqueous Media. MATERIALS TRANSACTIONS, 2016. 57(3): p. 294-301.
- [9] Wasfi, A.S., H.R. Humud, and N.K. Fadhil, Synthesis of core-shell Fe₃O₄-Au nanoparticles by electrical exploding wire technique combined with laser pulse shooting. Optics & Laser Technology, 2019. 111: p. 720-726.
- [10] Zhang, W., Shi, X., Huang, J., Zhang, Y., Wu, Z. and Xian, Y., Bacitracin-conjugated superparamagnetic

44

مقالات يژوهش

iron oxide nanoparticles: synthesis, characterization and antibacterial activity. Chemphyschem, 2012. 13(14): p. 3388-96.

- [11] Bhushan, M., Kumar, Y., Periyasami, L. and Viswanath, A.K., Facile synthesis of Fe/Zn oxide nanocomposites and study of their structural, magnetic, thermal, antibacterial and cytotoxic properties. Materials Chemistry and Physics, 2018. 209: p. 233-248.
- [12] Farbod, M., A. Movahed, and I. Kazeminezhad, An investigation of structural phase transformation of monosize γ-Fe₂O₃ nanoparticles fabricated by arc discharge method. Materials Letters, 2012. 89: p. 140-142.
- [13] Sathya, K., R. Saravanathamizhan, and G. Baskar, Ultrasound assisted phytosynthesis of iron oxide nanoparticle. Ultrasonics Sonochemistry, 2017. 39: p. 446-451.
- [14] Talam, S., S.R. Karumuri, and N. Gunnam, Synthesis, Characterization, and Spectroscopic Properties of ZnO Nanoparticles. ISRN Nanotechnology, 2012. 2012: p. 372505.
- [15] Buazar, F., A. Cheshmehkani, and M.Z. Kassaee, Nanosteel synthesis via arc discharge: media and current effects. Journal of the Iranian Chemical Society, 2012. 9(2): p. 151-156.
- [16] Mičová, J., et al., Synthesis, optical properties and crystal quality of zinc oxide nanostructures. Applied Surface Science, 2018. 461.
- [17] Lari, L., S. Steinhauer, and V.K. Lazarov, In situ TEM oxidation study of Fe thin-film transformation to single-crystal magnetite nanoparticles. Journal of Materials Science, 2020. 55(27): p. 12897-12905.
- [18] Predescu, A., Matei, E., Pantilimon, M.C. and Berbecaru, A., Synthesis and characterization of dextrancoated iron oxide nanoparticles. Royal Society Open Science, 2018. 5:p. 171525.
- [19] Hajipour, M.J., Fromm, K.M., Ashkarran, A.A., Aberasturi, D.J., Larramendi I.R., Rojo, T., Serpooshan, V., Parak, W.J. and Mahmoudi, M., Antibacterial properties of nanoparticles. Trends in Biotechnology, 2012. 30(10): p. 499-511.
- [20] Rajabi, S.K. and S. Sohrabnezhad, Fabrication and characteristic of Fe₃O₄@MOR@CuO core-shell for investigation antibacterial properties. Journal of Fluorine Chemistry, 2018. 206: p. 36-42.

رشد نانوساختارهای دیسولفیدمولیبدن روی فوم کربن به دامیک ایران روش هیدروترمال

محمدعلى هدايتي، مهدى ملكي*، هاجر قنبري

دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده: دیسولفیدمولیبدن با توجه به خواص نوری و الکتریکی مطلوب، یکی از مهمترین ترکیبات دی کالکوژنیدهای فلزات انتقالی است. هدایت الکتریکی پایین، پایداری الکتروشیمیایی و سطح ویـژه کم از چالشهای استفاده از دیسولفیدمولیبدن است. در ایـن پـژوهش، بـرای حـل ایـن چالشهـا کامپوزیتی از نانوذرات دیسولفیدمولیبدن/فوم کربن با استفاده از رسوب دیسولفیدمولیبدن بـه روش هیدروترمال روی فوم کربن انعطاف پذیر ساخته شد. فوم کربن انعطاف پذیر از پیرولیز فوم ملامین در دمای C^oC سنتز شد و رسوب دیسولفیدمولیبدن روی فـوم کـربن، بـا اسـتفاده از پیشمادههـای سدیممولیبدات آبدار و گوگرد و حرارتدهی در دماهای ۲۰۰، ۲۲۰ و C^o۲۴۰ صورت گرفت. بـرای بررسی فازی، شناسایی محصولات و بررسی مورفولوژی، آنالیزهای پـراش اشـعه ایکـس (XRD)، طیفسنجی رامان و تصویربرداری به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) صورت گرفت. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشاندهنده تشکیل فاز بلوری H2 با ساختار بلوری هگزاگونال در تمامی نمونههاست. در هر سه نمونه، دیسولفیدمولیبدن با مورفولوژی میکروکرههای گلشکل تشکیل شدهاست. علاوهبراین، مشاهده شد که در دماهای ۲۰۰، ۲۲۰ و ۲۴۰°۲۴، ضـخامت رشـتههای فـوم بـه ترتیب برابر ۵–۸/۵، ۷–۵/۵ و Αμπ–۶/۵ است که نشاندهنده افزایش میزان رسوب دی سولفیدمولیبدن روی فوم کربن با افزایش دماست.

كلمات كليدى: كامپوزيت دىسولفيدموليبدن/فوم كربن، دىسولفيدموليبدن، فوم ملامين، هيدروترمال.



نویسنده مسئول: دکتر مهدی ملکی

- دانشگاه علم و صنعت ایران
 - نوع مقاله: پژوهشی

صفحههای: ۸۱ تا ۸۶ شاپا چاپی: ۲۳۵۱–۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷–۲۷۸۳ زبان نشریه: ف<mark>ار</mark>سی دسترسپذیر در نشانی: www.JICERS.ir تاريخ دريافت: 14../.4/14 تاريخ پذيرش:

JOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.1.5.6

1- مقدمه

14../.8/.4

دی کالکوژنیدهای فلزات انتقالی با فرمول کلی MX₂ ("M" مربوط به فلز انتقالی مانند ۷، Wo ،Ta ،W و Ni و "X" مربوط به عنصر کالکوژن مانند Se ،Te و S) به دلیل ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی منحصربهفرد خود مورد استقبال گسترده قـرار گرفتهانـد [۱]. دیسولفیدمولیبدن یکی از ترکیبات گروه دیکالکوژنیدهای فلزات انتقالی است که در هر لایه آن، اتمهای مولیبدن و گوگرد با پیوند یونی در کنار هم قرار گرفتهاند. هرکدام از لایهها، مشابه ساختار گرافن، بـه کمـک پیونـد واندروالسـی ضـعیف بـه یکـدیگر متصل شدهاند و فاصله این لایهها از یکدیگر تقریباً برابر ۰/۶۵ nm ۰/۶۵ است. از فازهای بلوری MoS₂ می توان به فازهای ۱۲، ۱۲، ۲۲ و ۳۲ اشاره کرد که بهترتیب دارای ساختارهای بلوری هگزاگونال، تری گونال، هگزاگونال و رومبوهدرال هستند [۲, ۲].

دی سولفیدمولیبدن، برخلاف گرافن که گاف انرژی برابر صفر دارد، دارای گاف انرژی بزرگتر از یک است که باعث ایجاد ویژگی های نوری و الکتریکی خاصی در این ماده شدهاست. دیسولفیدمولیبدن دارای گاف انرژی I/A eV است و با کاهش تعداد لايههاي أن به تكلايه، گاف انرژي أن به ١/٣ eV كاهش مي يابد [٢].

هدایت الکتریکی و یونی پایین، سطح ویژه و پایداری الکتروشیمیایی کم دیسولفیدمولیبدن و تجمع ذرات آن در حین فرآینـدهای کاربردی مانند فرآیندهای ذخیرهسازی انرژی سبب ایجاد محدودیت در کاربردهای این ماده شدهاست که باری رفع چناین

مقارات يژوهش

چالشهایی باید از کامپوزیت کردن این ماده با مواد دیگر مانند مواد رسانا و یا مواد با سطح ویژه بالا بهره گرفت [۳]. کامپوزیتهایی مانند اکسیدتیتانیوم/دیسولفیدمولیبدن [۴]، کامپوزیت 2/MS2/MoS/گرافن [۵]، کامپوزیتهای پایه کربنی دیسولفیدمولیبدن و … برای رفع این چالشها معرفی شدهاند.

مواد پایه کربنی مانند نانولولههای کربنی [۶]، گرافن [۷] و منسوجات کربنی [۸] از جمله موادی هستند که برای کامپوزیـتسـازی با دیسولفیدمولیبدن مورد استفاده قرار گرفتهاند و در کاربردهایی نظیـر بـاتری لیتمـی [۹]، واکنشهـای تکامـل هیـدورژن [۱۰]، ابرخازنها [۱۱]، حسگرهای کرنشی [۱۲] و ... مورد استفاده قرار گرفتهاند.

به عنوان مثال، هانگ و همکارانش [۱۳] به منظور افزایش رسانایی و جلوگیری از تجمع نانوورقههای دیسولفیدمولیبدن از کامپوزیت دیسولفیدمولیبدن/گرافن استفاده کرد. استفاده از کامپوزیت دیسولفیدمولیبدن در ابرخازن باعث افزایش طول عمر و افزایش ظرفیت آن میشود. افزونبراین، مااو و همکارنش [۱۴]، کامپوزیت پارچه کربنی/دیسولفیدمولیبدن را برای استفاده به عنوان کاتالیزر در واکنشهای تکامل هیدروژن سنتز کرد.

فومهای کربنی نیز از جمله مواد پایه کربنی هستند که به منظور بهبود ویژگیهای دیسولفیدمولیبدن مورد استفاده قرار گرفتهاند. استفاده از فومهای کربنی که قابلیت تولید در مقیاس بالا را داشته باشند و همچنین دارای صرفه اقتصادی باشند، میتواند به توسعه استفاده از این کامپوزیتها کمک کند [۱۵, ۱۶]. فومهای کربنی انعطاف پذیر که از پیرولیز فوم ملامین تجاری به دست میآید، علاوه بر صرفه اقتصادی، دارای ساختار سهبعدی و بهم پیوسته، هدایت الکتریکی مطلوب، سطح ویژه بالا، ویژگی انعطاف پذیری، آب گریزی و رنگ مشکی هستند [۱۷, ۱۸]. مجموعه این ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مناسب، می توانند فومهای کربنی منعطف را به عنوان یک عامل کامپوزیت کننده مناسب با دیسولفیدمولیبدن مطرح نمایند. افزون براین، این دسته از فومهای کربنی منعطف را به عنوان یک عامل کامپوزیت کننده مناسب با دیسولفیدمولیبدن مطرح نمایند. افزون براین، این کم 200 را برطرف نمایند [۱۹].

روشهای مختلفی مانند روش رسوب شیمیایی فاز بخار، روش هیدروترمال و سولوترمال بـرای رسـوب دیسـولفیدمولیبدن روی ماده زمینه و کامپوزیتسازی آن با مواد پایه کربنی مورد بررسی قـرار گرفتهاسـت. روش هیـدروترمال روشـی آسـان بـرای سـنتز MOS₂ است که قابلیت کامپوزیت سازی با مواد دیگر را نیز داراست [۲۰, ۲۱].

به این ترتیب، در این پژوهش برای رفع چالشهای MoS₂، از فومهای منعطف کربنی با حفرات سهبعدی متصل بـه هـم اسـتفاده شد. با توجه به اثرگذاری ماده زمینه در شرایط رشد MoS₂، اثر دمای واکـنش هیـدورترمال بـر نحـوه رسـوبدهی، مورفولـوژی و فازهای بلوری در کامپوزیت دیسولفیدمولیبدن/فوم کربن مورد بررسی قرار گرفت. دیسولفیدمولیبدن رسوب داده شده روی فـوم کربن منعطف به روش هیدروترمال دارای ساختار بلوری ۲H و مورفولوژی میکروکرههای گلشکل است.

۲- فعالیتهای تجربی

۲-1- مواد مورد استفاده

در این پژوهش از فوم ملامین تجاری با فرمول شیمیایی C₃H₆N₆، سدیممولیبدات آبدار با فرمول شیمیایی NaMoO4.2H₂O و خلوص ۹۹ درصد) (ساخت شرکت Merck و خلوص ۹۹/۵ درصد) و گوگرد با فرمول شیمیایی S (ساخت شرکت AppliChem و خلوص ۹۹ درصد) استفاده شدهاست.

۲-۲-سنتز کامپوزیت دیسولفیدمولیبدن/فوم کربن

۲-۲-۱- سنتز فوم کربن

به منظور سنتز کامپوزیت 2MoSمفوم کربن، ابتدا فوم کربن، به عنوان ماده زمینه، سنتز میشود و سپس روی آن، دیسولفیدمولیبدن به روش هیدروترمال رسوب داده میشود. فوم کربن از پیرولیز فوم ملامین تجاری سنتز شد. برای این منظور، فوم ملامین پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۸۰۰^oC به مدت یک ساعت تحت اتمسفر نیتروژن در داخل کوره تیوبی حرارت داده شد تا فوم کربن حاصل گردد. مقالات

ۦۑڗٛۅۿۺٮ

مقالات پژوهشی

۲-۲-۲ رسوب دیسولفیدمولیبدن روی فوم کربن

برای رسوب دی سولفیدمولیبدن روی فوم کربن، ابتدا پیشمادههای سدیممولیبدات آبدار و گوگرد با نسبت مولی مولیبدن به گوگرد ۱:۴ توزین و در ۳۱ ۶۰ آب مقطر ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی قرار گرفت و به همراه فوم کربن به داخل اتوکلاو از جنس استیل ضدزنگ و محفظه تفلونی با حجم ۳۱ ۸۰ منتقل شد. اتوکلاو به مدت ۱۲ ساعت در دماهای ۲۰۰، ۲۲۰ و ۲°۲۰۰ در داخل خشککن تحت عملیات حرارتی قرار گرفت. فوم حاصل پس از خروج از اتوکلاو و شستشو با آب مقطر و اتانول، در داخل خشککن و در دمای ۲۰۵ خشک شد. فومهای به دست آمده در دماهای ۲۰۰ و ۲۰۰ تروی رو ۲۰

۲-۳- تجهیزات و آزمونهای صورت گرفته

به منظور بررسی فازهای تشکیل شده در نمونه، آنالیز پراش اشعه ایکس به کمک دستگاه XRD ساخت شرکتBRUKER آلمان مدل D8 ADVANCE صورت گرفت و به منظور انجام آنالیز طیفسنجی رامان از دستگاه رامان مدل Takram ساخت شرکتTeksan با طول موج لیزر ¹-۵۲۳ nm و بازه رامان شیفت ۱۰۰ تا ¹-۶۰۰ ۴۶۰۰ استفاده شد. برای انجام آنالیز میکروسکوپ الکترونی برای بررسی مورفولوژی نمونهها، از دستگاه SEM مدل TESCAN VEGA//XMU استفاده شد. همچنین دستگاه کندوپاش طلا مجهز به سهکاتد مدل DSR1 برای پوششدهی نمونهها استفاده شد.

3-نتایج و بحث

الگوی XRD نمونههای MoS₂-200، 220-MoS₂ و MoS₂-240 در شکل ۱–الف نمایش داده شدهاست. در هر سه نمونه پیکهایی در حوالی زوایای °۱۴، °۳۳، °۳۹ و °۵۸/۵ تشکیل شدهاست که با توجه به پیکهای استاندارد می توان آن ها را به تر تیب به صفحات بلوری (۰۰۲)، (۱۰۰)، (۱۰۳) و (۱۱۰) در ساختار دی سولفیدمولیبدن هگزاگونال (JCPDS card no. 65-1951) نسبت داد. علاوهبراین، پیکی در حوالی زاویه °۶۸/۵ در نمونههای 220-MoS2 و MoS2-240 و در زاویه °۷۰ در نمونه MoS2-240 تشکیل شدهاست که به ترتیب مربوط به صفحات (۱۰۵) و (۲۰۰) در دی سولفیدمولیبدن هگزاگونال است [۲۲].



شکل ۱– (الف) الگوهای XRD و (ب) طیفهای رامان نمونههای MoS₂-200، MoS₂-240 و MoS₂-240 (از پایین به بالا).

افزونبراین، در نمونه 200-MoS2 پیکی اضافی در زاویه °۹/۹۵ تشکیل شدهاست. ظهور این پیک، افزایش فاصله بین صفحات (۰۰۲) دیسولفیدمولیبدن را نسبت به نمونه مرجع که پیک (۰۰۲) آن در زاویه °۱۴/۴ تشکیل شدهاست، نشان میدهـد. تشـکیل این پیک توسط سایر پژوهشگران نیز مشاهده شدهاست که علـت آن، قـرار گـرفتن یونهـا و ملکولهـا در بـین صفحات دی سولفیدمولیبدن است [۲۱].

در نمونههای MoS2-200 و MoS2-240، علاوهبر پیکهای مربوط به دیسولفیدمولیبدن، یک شانه در حدود ۲۶[°] تشکیل شدهاست که این شانه پهن مربوط به کربن به عنوان ماده زمینه است.

24

اندازه بلورک نمونهها به کمک رابطه دبای شرر اندازه گیری شد [۲۳]. اندازه بلورک نمونههای MoS2-220 MoS2-200 و MoS2-240 به ترتیب برابر ۱۳، ۱۵ و ۶۰ nm است که افزایش اندازه بلورک را با افزایش دمای انجام واکنش از ۲۲۰ به ۲۴۰°C نشان میدهد، در حالی که اندازه بلورک از ۲۰۰ تا ۲۰°۲۲ تفاوت معناداری نیافته است.

نسبت شدت پیک صفحه (۰۰۲) به شدت پیک صفحه (۱۰۰) در نمونههای MoS₂-200 و MoS₂-220 تغییر محسوسی نکردهاست؛ اگرچه در نمونه MoS₂-240 این نسبت افزایش پیدا کردهاست که این امر به دلیل رشد ترجیحی صفحه (۰۰۲) با افزایش دمای انجام واکنش است (نسبت شدت پیک (۰۰۲) به شدت پیک (۱۰۰) یا (۱۰۰₎/۱_(۱۰۰) در نمونه MoS₂-240 برابر ۱/۳ در نمونههای MoS₂-220 و MoS₂-200 برابر ۱ است).

شـکل ۱-ب طیفهـای رامـان نمونـههای 200-MoS2-202 و MoS2-200 را نشـان مـیدهـد. در طیـف رامـان نمونـه MoS2-200، پیکهای مربوط به دیسولفیدمولیبدن مشاهده نمیشود. ظـاهر شـدن پیک در ۳۷۹ و ¹ ۴۰۴ در نمونـههای MoS2-220 و MoS2-240 نشاندهنده تشکیل MoS2 با فاز بلوری ۲۲ روی فوم کربنی است. این پیکها را میتوان به ترتیـب بـه حالات E¹2 و A₁g است داد. پیک E¹₂₀ مربوط به ارتعاشات اتمها در داخـل صفحات دیسولفیدمولیبدن و نیـروی برشـی بـین اتمهای مولیبدن و گوگرد و پیک A₁g مربوط به نیروی فشاری بین اتمهای گوگرد در امتداد محور c است [۲۰].

نسبت شدت پیک A₁₉ به شدت پیک E¹₂₉، در نمونـه MoS₂-240 بیشـتر از نمونـه MoS₂-220 اسـت. ایـن نسـبت بـرای نمونـه MoS₂-220 تقریباً برابر ۱/۲۵ و برای نمونه MoS₂-240 تقریبا برابر ۱/۳۳ است. افزایش نسبت شدت پیـک A₁₉ بـه شـدت پیـک E¹₂₉ در طیفسنجی رامان برای دیسولفیدمولیبدن نشاندهنده افزایش چگـالی عیـوب در سـاختار اسـت [۷]. بـهاین ترتیـب، بـا افزایش دمای انجام واکنش از ۲۲۰ به ۲۰[°]۲۴۰، چگالی عیوب در ساختار افزایش یافت.

نتایج مربوط به SEM نمونههای 200-MoS2-220 و MoS2-240 در شکل ۲ آورده شدهاست که نشان دهنده ساختار سهبعدی و بهم پیوسته کامپوزیت سنتز شده و رسوب یکنواخت دی سولفیدمولیبدن روی فوم کربن است. دی سولفیدمولیبدن در هر سه نمونه متشکل از میکروکرههای گلشکل است [۲۱].

توزیع اندازه حفرات فوم به صورت نامنظم و برابر ۲۰ تا ۲۰۰ µm ۲۰۰ است که این امر به علـت تجـاری بـودن فـوم ملامینـی مـورد استفاده برای سنتز فوم کربن به عنوان ماده زمینه است.

با افزایش دمای انجام واکنش، میزان دی سولفیدمولیبدن تشکیل شده روی رشته های فوم افزایش مییابد، بدین شکل که ضخامت میانگین رشته های فوم در نمونه MoS2-200 برابر μm ۵– ۳/۵، در نمونه MoS2-220 برابر μm ۷–۵/۵ و در نمونه MoS2-240 برابر μm ۸–۶/۵ اندازه گیری شد.



شکل ۲- نتایج SEM به ترتیب از راست به چپ برای نمونههای MoS₂-200، MoS₂-240 و MoS₂-240.

مقالات يروهشر

ضخامت دیوارههای دیسولفیدمولیبدن برای نمونههای MOS₂-220 و MOS₂-240 به کمک نرمافزار، اندازهگیری و روی تصاویر SEM در شکل ۲ مشخص شد. ضخامت دیوارههای دیسولفیدمولیبدن برای نمونههای سنتز شده در دماهای ۲۲۰ و ۲۴۰^oC حدودا به ترتیب برابر ۱۰±۳۰ و ۲۰۱۰±۲۰ است. با توجه به اعداد به دست آمده از ضخامت دیوارههای دیسولفیدمولیبدن، میتوان بیان کرد که نانوساختارهای گلشکل MOS₂ روی فوم کربن رسوب کردهاست. همچنین، مشاهده شد که با افزایش دمای انجام واکنش، ضخامت دیوارههای دیMoS₂ افزایش یافتهاست.

۴-نتیجهگیری

در این پژوهش، دیسولفیدمولیبدن روی فوم کربن انعطافپذیر به روش هیدروترمال با پیشمادههای سدیممولبیدات آبدار و گوگرد در دماهای ۲۰۰، ۲۲۰ و ۲۴۰° رسوب داده شد. نتایج حاصل از بررسی الگوهای پراش اشعه X و طیفهای رامان سه نمونه سنتز شده در دماهای ۲۰۰، ۲۰۰ و ۲۴۰°، بیان میکند که دیسولفیدمولیبدن سنتز شده دارای فاز بلوری 2H- MoS₂ است و با توجه به تصاویر به دست آمده از SEM میتوان بیان کرد که مورفولوژی در همه نمونهها میکروکرههای گلشکل است. افزونبراین، مشاهده شد با افزایش دمای انجام واکنش، میزان دیسولفیدمولیبدن رسوب کرده روی فوم کربن افزایش مییابد.

۵- مراجع

- [1] Li, X., Zhu, H., "Two-dimensional MoS₂: Properties, Preparation, and Applications", Journal of Materiomics, Vol. 1, No. 1, (2015), 33-44. https://doi.org/10.1016/j.jmat.2015.03.003
- [2] Wang, H., Li, C., Fang, P., Zhang, Z., Zhang, J. Z., "Synthesis, Properties, and Optoelectronic Applications of Two-dimensional MoS₂ and MoS₂-based Heterostructures", Chemical Society Reviews, Vol. 47, No. 16, (2018), 6101-6127. https://doi.org/10.1039/C8CS00314A
- [3] Park, S.-K., Chung, D. Y., Ko, D., Sung, Y.-E., Piao, Y., "Three-dimensional Carbon Foam/N-doped Graphene@MoS₂ Hybrid Nanostructures as Effective Electrocatalysts for The Hydrogen Evolution Reaction", Journal of Materials Chemistry A, Vol. 4, No. 33, (2016), 12720-12725. https://doi.org/10.1039/C6TA03458F
- [4] He, S., Zhang, Y., Ren, J., Wang, B., Zhang, Z., Zhang, M., "Facile Synthesis of TiO₂@MoS₂ Hollow Microtubes for Removal of Organic Pollutants in Water Treatment", Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 600, No. 2, (2020), 124900. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124900
- [5] Lonkar, S. P., Pillai, V. V., Alhassan, S. M., "Three Dimensional (3D) Nanostructured Assembly of MoS₂-WS₂/Graphene as High Performance Electrocatalysts", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 45, No. 17, (2020), 10475-10485 https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.195
- Yuan, H., Li, J., Yuan, C., He, Z., "Facile Synthesis of MoS₂@CNT as An Effective Catalyst for Hydrogen Production in Microbial Electrolysis Cells", ChemElectroChem, Vol. 1, No. 11, (2014), 1828-1833. https://doi.org/10.1002/celc.201402150
- [7] Naz, R., Imtiaz, M., Liu, Q., Yao, L., Abbas, W., Li, T., Zada, I., Yuan, Y., Chen, W., Gu, J., "Highly Defective 1T-MoS₂ Nanosheets on 3D Reduced Graphene Oxide Networks for Supercapacitors", Carbon, Vol. 152, No. 2, (2019), 697-703. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.06.009
- [8] Wang, L., Chenhui, Z., "1T-Phase MoS₂ with Large Layer Spacing Supported on Carbon Cloth for Highperformance Na⁺ Storage", Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 116, No. 2, (2017), 285-294. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.09.055
- [9] Ren, J., Ren, R.-P., Lv, Y.-K., "A Flexible 3D Graphene@CNT@MoS₂ Hybrid Foam Anode for Highperformance Lithium-ion Battery", Chemical Engineering Journal, Vol. 353, No. 2, (2018), 419-424. https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.07.139
- [10] Huang, J., Chen, M., Zhang, X., Liu, W., Liu, Y., "P-doped 3D Graphene Network Supporting Uniformly Vertical MoS₂ Nanosheets for Enhanced Hydrogen Evolution Reaction", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 45, No. 7, (2020), 4043-4053. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.014
- [11] Masikhwa, T.M., Madito, M.J., Bello, A., Dangbegnon, J.K., "High Performance Asymmetric Supercapacitor Based on Molybdenum Disulphide/graphene Foam and Activated Carbon from Expanded Graphite", Colloid Journal of and Interface Science, Vol. 488, No. 2. (2017). 155-165. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.10.095
- [12] Kim, S. J., Mondal, S., Min, B. K., Choi, C.-G., "Highly Sensitive and Flexible Strain-pressure Sensors with Cracked Paddy-shaped MoS₂/Graphene Foam/Ecoflex Hybrid Nanostructures", ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 10, No. 42, (2018), 36377-36384. https://doi.org/10.1021/acsami.8b11233
- [13] Huang, K.-J., Wang, L., Liu, Y.-J., Liu, Y.-M., Wang, H.-B., Gan, T., Wang, L.-L., "Layered MoS₂– Graphene Composites for Supercapacitor Applications with Enhanced Capacitive Performance", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 38, No. 32, (2013), 14027-14034.

80

https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.08.112

- [14] Mao, B., Wang, B., Yu, F., Zhang, K., Zhang, Z., Hao, J., Zhong, J., Liu, Y., Shi, W., "Hierarchical MoS₂ Nanoflowers on Carbon Cloth as An Efficient Cathode Electrode for Hydrogen Evolution Under All pH Values", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 43, No. 24, (2018), 11038-11046. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.04.226
- [15] Li, W., Chen, J.-w., Xiao, Z.-I., Xing, J.-b., Yang, C., Qi, X.-p., "MoS₂/Graphene/Carbonized Melamine Foam Composite Catalysts for The Hydrogen Evolution Reaction", New Carbon Materials, Vol. 35, No. 5, (2020), 540-546. https://doi.org/10.1016/S1872-5805(20)60507-8
- [16] Ma, H., Du, S., Tao, H., Li, T., Zhang, Y., "Three-dimensionally Integrated Carbon Tubes/MoS₂ with Reduced Graphene Oxide Foam as a Binder-free Anode for Lithium Ion Battery", Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol. 823, No. 2, (2018), 307-314. https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2018.06.033
- [17] Chen, S., He, G., Hu, H., Jin, S., Zhou, Y., He, Y., He, S., Zhao, F., Hou, H., "Elastic Carbon Foam via Direct Carbonization of Polymer Foam for Flexible Electrodes And Organic Chemical Absorption", Energy & Environmental Science, Vol. 6, No. 8, (2013), 2435-2439. https://doi.org/10.1039/C3EE41436A
- [18] Maleki M., Imani, A., Ahmadi, R., Banna Motejadded Emrooz, H., Beitollahi, A., "Low-cost Carbon Foam as A Practical Support for Organic Phase Change Materials in Thermal Management", Applied Energy, Vol. 258, No. 2, (2020), 114108. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114108
- [19] Zhao, H., Wu, J., Li, J., Wu, H., Zhang, Y., Liu, H., "A Flexible Three-dimensional MoS₂/Carbon Architecture Derived From Melamine Foam as Free-standing Anode For High Performance Lithium-ion Batteries", Applied Surface Science, Vol. 462, No. 2, (2018), 337-343. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.08.110
- [20] Lei, Z., Zhan, J., Tang, L., Zhang, Y., Wang, Y., "Recent Development of Metallic (1T) Phase of Molybdenum Disulfide for Energy Conversion and Storage", Advanced Energy Materials, Vol. 8, No. 2, (2018), 1703482. https://doi.org/10.1002/aenm.201703482
- [21] Miao, H., Hu, X., Sun, Q., Hao, Y., Wu, H., Zhang, D., Bai, J., Liu, E., Fan, J., Hou, X., "Hydrothermal Synthesis of MoS₂ Nanosheets Films: Microstructure and Formation Mechanism Research", Materials Letters, Vol. 166, No. 2, (2016), 121-124. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.12.010
- [22] Zhang, X., Tang, H., Xue, M., Li, C., "Facile Synthesis and Characterization of Ultrathin MoS₂ Nanosheets", Materials Letters, Vol. 130, No. 2, (2014), 83-86. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.05.078
- [23] Yi, M, Zhang, C., "The Synthesis of MoS₂ Particles with Different Morphologies for Tribological Applications", Tribology International, Vol. 116, No. 2, (2017), 285-294. https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.06.045

فصلنامه سرامیک ایران دوره ۱۷ شماره ۱ بهار ۲۰۰۰

اعضاي حقوقي انجمن سراميك ايران

اعضاي حقوقي ممتاز انجمن سراميك ايران

مجتمع تولیدی چینی مقصود مدیر عامل: مهندس ایمانی آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از پارک ساعی، نبش کوچه ۲۴، پلاک ۱۱۵۹، طبقه دوم تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۶۹۸۵ نشانی سایت: www.maghsoudporcelain.com	شرکت سپیده جام توس مدیرعامل: مهندس محمدحسین کوثر آدرس: مشهد، شهرک صنعتی توس، فاز ۱، بلوار کوشش شمالی، گروه کارخانجات مقصود، شرکت سپیده جام توس تلفن دفتر مرکزی: ٥١٣۵١٥٢
شرکت سارگل شرق م دیرعامل: مهندس مجید بهاریفرد آدرس: مشهد، شهرک صنعتی توس، فاز ۱، بلوار کوشش شمالی، گروه کارخانجات مقصود، شرکت سارگل شرق تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳۵۱۵۲	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: ۸۸۰۴۴۷۴۴ - ۲۱ نشانی سایت: www.setarehtile.com
صنایع کاشی و سرامیک سینا	شرکت آماد فیدار ونداد
مدیرعامل: مهندس عزیزیان	مدیرعامل: مهندس فرشید رحمتی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد، بعد	آدرس: بخشی مرکزی شهر تهران،
از میدان مادر، پلاک ۲۳	محله ورد آورد، خیابان ۶۳، بن بست اول،
تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۲۷۲۳۰۱–۲۲۱	پلاک ۴، طبقه همکف
نشانی سایت: www.Sinatile.ir	تلفن دفتر مرکزی: ۲۱۴۴۹۸۸۹۹۰
کاشی کسری	شرکت آصانسوز (آرمان صنعت آذرمهر)
مدیر عامل: مهندس روشنفکر	مدیر عامل: مهندس سرمد اسلامی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان آفریقا،	آدرس دفتر مرکزی: تهران، شهرک غرب،
خیابان ناهید شرقی، پلاک ۱۲، طبقه ۳ و ۵	خیابان زرافشان شمالی، کوچه دانشور، پلاک۱۱،
تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۰۱۰۱۴۰–۲۲۱	واحد۷
نشانی سایت: www.kasratileco.com	تلفن دفتر مرکزی: ۳–۲۱۲۲۳۷۶۵۹۱
فرآوردههای نسوز آذر	<mark>شرکت لیمون چینی آراد</mark>
مدیر عامل: مهندس سلیمانیفرد	مدیر عامل : مهندس مسعود ایمانی
آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از پارک ساعی،	آدرس کارخانه : مشهد، شهرک صنعتی توس، فاز یک، بلوار صنعت، نبش
کوچه ساعی ۲، روبروی مدرسه پسرانه هاتف، پلاک ۳۱، واحد منفی ۱	صنعت ۷

٨Y

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱–۸۸۸۸۲۰۹۵ نشانی سایت: www.azarref.ir

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳۵۴۱۲۴۲۴ نشانی سایت: www.lemonporcelainarad.ir

فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٩٠٠

تازمها

تازمها

شرکت سازه سرامیک و مواد ایرانیان

روكاسرام يزد

مديرعامل: مهندس بهزاد نصيري اول، پلاک ۴، طبقه اول تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱۴۴۹۸۸۹۹۰

شركت صنايع يافتههاي سراميكي پيشرفته مدير عامل: مهندس اميراحسان ظهيري **آدرس:** بخش مرکزی شهر تهران، محله وردآورد، خیابان ۶۳، بن بست **آدرس:** مشهد، خیابان جانباز، برج اداری پاژ شماره ۲، طبقه ۹، واحد ٩٠١ تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۳۷۰۵۷۳۷۲



مدير عامل: مهندس خياط **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان شهید بهشتی، خیابان سرافراز، کوچه دوازدهم، پلاک ۱۶ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱۴۱۰۵۱۰۰۰ نشانی سایت: www.rokaceram.com

اعضاي حقوقي عادي انجمن سراميك ايران

<u>آریا تهران سرام</u> مدیر عامل: محمد علی سلیمانی آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیرازی جنوبی، خیابان اتحاد، پلاک ۴، واحد ۱ تلفن دفتر مرکزی: ۸۰۵۹۶۹۱۰–۰۲۱	آپادانا سرام مدیر عامل: مهندس بابایی آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، روبروی بیمارستان بقیهالله، کوچه گلدشت، گلدشت یکم، پلاک ۸ تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۰۰۸-۲۲۱ نشانی سایت: www.apadanaceram.com
ایران آیمدی مدیر عامل: مهندس مطلب لو آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان شـیراز شـمالی، نـبش کوچـه شـهریار، ساختمان ۲۳، واحد ۱۲ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۰۴۲۰۲۱–۲۲۱ نشانی سایت: www.imdco.net	اشکان پارت آفرین مدیر عامل: دکتر غفاری آدرس دفتر مرکزی: کرچ، گلشهر ویلا رودکی غربی، پلاک ۲۷۱ تلفن دفتر مرکزی: ۳۶۶۶۰۸۳۶–۲۶۶
پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ مدیریت: دکتر رنجبر آدرس: بزرگراه صیاد شیرازی شمالی، خروجی لویزان، میدان حسین آباد، خیابان وفامنش، نبش کوچه شمس، پلاک ۵۹ تلفن: ۲۲۹۴۴۱۸۴–۲۲۱ نشانی سایت: www.icrc.ac.ir	پارس کائولن مدیر عامل: مهندس صمدی آدرس دفتر مرکزی: طبس، نرسیده به جو خواه، معدن کائولن پارس تلفن دفتر مرکزی: ۸۰۷۵۵۷۳–۲۱۰ نشانی سایت: www.parskaolin.com

٨٨

فطلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٩٠٠

پژوهشگاه مواد و انرژی

مديريت: دكتر صالحي **آدرس:** تهران، میدان آرژانتین، انتهای خیابان الوند، کوچه جوین، پلاک ۱۶ تلفن دفتر مرکزی:۲۷–۸۸۷۷۱۶۲۶-۰۲۱ نشانی سایت: www.merc.ac.ir



پيشرو ذوب أتور مدير عامل: مهندس ملايي دارياني **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان احمد قصير، کوچه یکم، پلاک ۶، واحد ۱۰ تلفن دفتر مركزى: ٨٨٥٢٩٨٨٢-٢١ نشانی سایت: www.pishrozob.com

> تولیدی و صنعتی سامان کاشی مدیر عامل: مهندس سیدمحسنی

نفت و مدرس، شماره ۲۳۷، طبقه ۱

مديرعامل: مهندس زارعي

تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۲۵۸۸۲۱-۰۲۱

نشانی سایت: www.samantile.com

تهیه و تولید خاک نسوز استقلال آباده

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد، بین



າເລັ່ມໄດ້ເປັນ

SAMAN TILE

پیشگامان سرامیک برسام

مدير عامل: مهندس سرجهاني آدرس دفتر مرکزی: شیراز، بلوار امیر کبیر، برج صنعت، ورودى٣، طبقه ۴، واحد ۴۱۷ تلفن دفتر مرکزی: ۳۸۳۸۵۴۴۴–۰۷۱ نشانی سایت: www.barsamceram.com

تولیدی و مهندسی نسوزین

مدير عامل: مهندس زرعيان



آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان آرژانتین، خیابان بیهقی، خیابان دوازدهم شرقی، پلاک ۲، طبقه ۳، شماره ۶ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۵۰۴۵۹۱-۰۲۱ نشانی سایت: www.nasoozin.com

تهیه و تولید مواد اولیه آریاکانی اسپادانا

مديرعامل: دكتر پويامهر **آدرس دفتر مرکزی:** اصفهان، خیابان ملاصدرا، خیابان پانزدهم، یلاک ۳۴، واحد ۳ تلفن دفتر مرکزی: ۸-۶۶۱۷۵۳۷-۰۳۱۳

> چینی اصفهان مدير عامل: مهندس جهانباني تحجمع توليدي چينی اصفهان **آدرس:** اصفهان، جـاده دولـتآبـاد، خيابان بهارستان، اولين فرعي سمت چپ، خيابان خبوشاني

تلفن دفتر مرکزی: ۴۵۸۳۶۲۰۰-۰۳۱

چینی زرین ایران مدير عامل: مهندس قصاعي **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، میدان ونک، خیابان ونک، ساختمان شماره ۲۵ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۷۷۰۰۴۴-۰۲۱ نشانی سایت: www.zariniran.com

مرسام شرحد پیشکاماد سرامید

آدرس دفتر مرکزی:

آباده، چهارراه جوادیه تلفن دفتر مرکزی: ۴۴۳۳۷۹۹۷-۰۷۱

تهیه و تولید مواد نسوز کشور مدير عامل: مهندس باقرى **آدرس دفتر مرکزی**: تهران، یوسف آباد، خیابان اب____ن س___ینا، ن____بش خیاب___ان ۳۱، شماره ۸۲ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۷۱۲۵۶۲-۰۲۱



نشانی سایت: www.irrep.com

چینی بهداشتی ارس

مدير عامل: مهندس حسين يور



Anas

آدرس دفتر مركزى: تهران، خيابان ملاصدرا، خیابان شیخ بهایی، میدان شیخ بهایی، برج صدف، طبقه ۴، واحد ۶۴

تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۶۰۶۵۰۸ -۰۲۱ نشانی سایت: www.arasind.com

خاک چینی ایران مدير عامل: دکتر رستمي **آدرس دفتر مرکزی:** خیابان ولیعصر، نرسیده به پل پارک وی، کوچه خاکزاد، پلاک ۲۱، طبقه اول تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۰۱۸۱۰۷–۲۲۰



فصلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ٥٠٠٠ فصلنامه سراميك ايران دوره ١٢

Carinitan

دانشگاه ملایر

مديريت: دكتر عليرضا سورى () **آدرس:** دانشگاه ملایر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشكاه ملاير گروه مهندسی مواد تلفن: ۳۲۳۵۵۴۶۵ ۳۲۳۵-۱۸۱ نشانی سایت: www.malayeru.ac.ir

رنگدانههای سرامیکی گهرفام

مدير عامل: مهندس مهيني

GOBARFAM CERAMIC PIGMENTS CO.

آدرس دفتر مرکـزی: یـزد، شـهرک صنعتى خضرآباد، بلوار اقاقيا، خيابان زيتون تلفن دفتر مرکزی: ۳۷۲۷۲۴۴۸-۰۳۵

سارا لعاب ميبد

مديرعامل: مهندس جعفری پور ميبدی **آدرس دفتر مرکزی:** میبد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار نسترن شمالی صنعت ۵ کدیستی: ۸۹۶۵۱۳۶۴۹۳ تلفن دفتر مرکزی: ۲۷۷۷۲۲۲۸-۰۳۵ نشانی سایت: www.saralaab.com

سرامیکهای صنعتی اردکان

مديرعامل: مهندس برهاني **آدرس دفتر مرکزی:** اصفهان، میدان آزادی، ابتدای خیابان سعادت آباد، پلاک ۱، طبقه ۴، واحد ۸ تلفن دفتر مركزي: ۳۶۶۸۷۷۷۲-۰۳۱ نشانی سایت: www.aic.ir

درسا سرام ایساتیس مدير عامل: مهندس ندافيان **آدرس دفتر مرکزی:** سعادت آباد، بلوار فرهنگ، نبش خیابان ۲۰ شرقی، پلاک ۲، طبقه ۴ شمالی تلفن: ۲۲۳۸۳۱۶۰-۲۱ نشانی سایت: www.Doramic.com

> سارا کاشی سپاهان مديرعامل: مهندس باطني أدرس دفتر مركزى: اصفهان، خيابان سجاد، ابتدای خیابان ارباب، جنب بانک صادرات، مجتمع کسری، واحد ۱ تلفن دفتر مرکزی: ۳۶۶۲۷۱۱۷-۰۳۱ نشانی سایت: www.saratile.co<u>m</u>

آدرس دفتر مرکزی: مرند، کیلومتر ۵ جاده قدیم جلفا، شہرک صنعتی سرامیکی

تلفن دفتر مرکزی: ۴۲۲۲۲۳۸۲–۰۴۱ نشانی سایت: www.saggarmfg.com

فراوردههای نسوز ایران

ساگار و قطعات نسوز

مديرعامل: مهندس معرفتی

مدير عامل: مهندس تدين **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان بهار شیراز، خیابان سلیمان خاطر، بعد از ملایری پور، پلاک ۵۱، واحد ۳ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۳۴۳۴۰۸-۰۲۱ نشانی سایت: www.irefco.ir



فصلنامه سراميك أيران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠ فصلنامه سراميك أيران دوره ١٧









a Loab Maybod.co

شرکت صنایع سرام آرا مديرعامل: مهندس آهنيها **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان سيهبد قرني، بالاتر از چهارراه طالقاني، خیابان شاداب غربی، پلاک ۳۳، طبقه ۶ تلفن دفتر مركزي: ٨٨٨٩١٠۴٥-نشانی سایت: www.ceramara.ir

شرکت مهندسی بازرگانی درداران سریر

مديرعامل: مهندس طهماسبي **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان وليعصر، خيابان فتحى شقاقي، ميدان سلماس، يلاک ٣، طبقه ٣ تلفن دفتر مرکزی: ۸-۸۸۳۳۷۳۶۶ -۰۲۱ نشانی سایت: www.sarirco.com

صنايع كاشي نيلوفر

مدير عامل: مهندس نوربخش **آدرس دفتر مرکزی**: مشهد، بلوار فردوسی، مجتمع تجارى اسكان، طبقه ١، واحد ٢ تلفن دفتر مركزي: ۳۷۶۲۳۳۶-۰۵۱ نشانی سایت: www.niloofartile.com

📕 سىرامارا

کاشی گرانیت و کاشی لعاب زهره

مديرعامل: دكتر مجيد روستايي فيروزآباد **آدرس دفتر مرکزی:** خراسان رضوی، کاشمر، کیلومتر ۱۲ محور کاشمر به مشهد، جنب شهرک صنعتی، شرکت کاشی زهره کاشمر تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۵۵۳۸۳۵۹۱ نشانی سایت: www.zohrehtile.com

فرأوردههای نسوز أذر شهاب تبریز

مدير عامل: مهندس صديقى ښېښ آذر 🄔 باب تېريز آدرس دفتر مركزى: تبريز، خيابان راه آهن، ایستگاه سرچشمه، مجتمع تجاری میلاد، طبقه ۳، واحد ۳۰۵ تلفن دفتر مرکزی: ۳۵۵۱۸۴۴۱-۰۴۱ نشانی سایت: www.azarshahab.com

شركت فيبرونا

مدير عامل: مهندس شاهپورى **أدرس دفتر مركزى:** تهران، خيابان میرزای شیرازی، نبش استاد مطهری، شماره 211 تلفن دفتر مركزي: ٨٨٧٢٣٣٥٥-٢١

IBERONA berona Co. Ltd.

نشانی سایت: www.fiberona.com

صنایع کاشی زرین خراسان

مدير عامل: مهندس عميد متشرع **آدرس دفتر مرکزی**: تهران، خیابان ملاصدرا، خيابان شيراز جنوبي، پلاک ٩٩، طبقه اول تلفن دفتر مركزي: ٨٨٠۶٧۶٨١-٥٢١ نشانی سایت: www.zarrintile.com

صنایع کاشی و سرامیک الوند مدير عامل: مهندس هوشيارى

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان آفریقا، بالاتر از چهارراه اسفندیار، کوچـه شهید سعیدی، پلاک ۲۳ تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۰۵۷۸۱۱–۲۲۰ نشانی سایت: www.alvancer.com

صنعت سرام

کاشی **لوند** ALVANDTILE ک

مديرعامل: مهندس غفارى **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان فرجام، بين چهارراه خاور و وليعصر، پلاک ۶۲۰ واحد ۱۱ تلفن دفتر مركزى: ٧٧٧٢٣٥٨٩-٢١



فرأوردههای نسوز پارس مدير عامل: مهندس حيدرپور **آدرس دفتر مرکزی**: تهران، میدان ونک، خیابان ونک، برج آیین ونک، طبقه ۷، واحد ۷۱ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۷۸۶۶۹۲–۰۲۱ نشانی سایت: www.pars-ref.ir

کائولین و خاکهای نسوز خراسان

تا ز *م*ها

مدير عامل: مهندس زيارت نيا **آدرس دفتر مرکزی:** مشهد، بلوار فلسطين، فلسطين ١۴، پلاک ۲٨



کی کرد

تلفن دفتر مرکزی: ۵-۳۷۶۷۳۰۳۴ د۵۱ نشانی سایت: www.kaolin-co.com

شايراد تجارت پارس

مدير عامل: مهندس اتحادى أدرس: تهران، خيابان أفريقا، خیابان فرزان غربی، پلاک ۸۰، واحد ١١

تلفن: ٨٨۶۴٨٣١٠-٢١ نشانی سایت: www.shyrad.com

کاشی کرد

مدير عامل: مهندس چنگيزي آدرس دفتر مرکزی: تهران، سهروردی شمالی، هویزه شرقی، پلاک ۳۴ تلفن دفتر مرکزی: ۸۳۵۲۳۳۳۳–۰۲۱ نشانی سایت: www.cordgroup.com

Masoud Tile Co. کاشی مسعود ایران مدير عامل: مهندس فرشاديور **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان آفریقای شمالی، ساختمان مرکز تجارت ایران، طبقه ۹، واحد۶ تلفن دفتر مرکزی: ۳۷–۲۶۲۱۲۶۳۵–۰۲۱ نشانی سایت: www.masoudtile.com

كاشي فيروزه مشهد

مدير عامل: مهندس مسعود فولادكار **آدرس دفتر مرکزی:** مشهد، بلوار سجاد، خیابان بیستون ۲، مجتمع تجاری طوس، طبقه ۵ و ۶ صندوق پستی: ۴۴۳۷–۹۱۳۷۵ تلفن دفتر مرکزی: ۷۶۷۰۰۰۱–۷۵۱۳ www.firoozehtile.com

کاشی تیما

کاشی طوس

كاشى نوأوران

گلسار فارس

مدير عامل: مهندس تيرانداز

مدير عامل: دكتر ناصري **آدرس دفتر مرکزی:** مشهد، شهرک صنعتی توس، فاز ۲، اندیشه ۲، انتهای دانش ۲ تلفن دفتر مركزى: ٣٥٤١٣٩٩٠-٥٥١ نشانی سایت: www.tima-tile.com



کاشی طوس 🜔

مدیرعامل: مهندس توکلیفرد آدرس دفتر مركزى: مشهد، خيابان سناباد، جنب داروخانه سناباد، ساختمان ۴۶۵، طبقه ۳ تلفن دفتر مرکزی: ۳۸۴۱۶۴۱۸–۰۵۱ نشانی سایت: www.toostileco.com

کاشی مرجان مدير عامل: مهندس معصومي **آدرس دفتر مرکزی:** اصفهان، خیابان چهار باغ بالا، کوچه کاویان، پلاک ۴۱ تلفن دفتر مرکزی: ۳۶۲۴۸۰۱۹-۰۳۱ نشانی سایت: www.marjantileco.com



مدير عامل: مهندس طباطبايي آدرس دفتر مرکزی: یزد، میبد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار مریم تلفن: ۲۳۷۲۱۹۳-۳۵۳ نشانی سایت: www.noavaranceramics.ir

CERAMICS

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان سپهبد قرنی، خیابان برادران شاداب،

يلاك ٣٣، طبقه ٢ تلفن دفتر مرکزی: ۸۹۰۸۰۴۴–۰۲۱ نشانی سایت: www.golsarfars.com

کسری لعاب میبد مدير عامل: مهندس ميرحسيني **آدرس:** یزد، شهرک صنعتی جهان آباد، بلوار مریم، فرعی سمت راست تلفن: ۲۳۷۲۹۳۱-۳۵۳

گروه پاترون (پات روشان نیکتا)



مدير عامل: مهندس عباس كلانتر **آدرس:** تهران، خيابان ملاصدرا، پلاک ۱۶۲، طبقه چهارم تلفن: ٨٨٢١٠٨٩٠-٢١ نشانی سایت: www.patron.group

لعاب مشهد

مدير عامل: دکتر يوسفي **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، خیابان ملاصدرا، خيابان شيراز جنوبي، كوچه اتحاد، پلاك ١۴، طبقه ٢ تلفن دفتر مركزى: ٨٨٠۴٣۶٩۶-٢١ نشانی سایت: www.mashhadglaze.com

شرکت پویا همراه سرام (بازرگانی و مهندسین مشاور)

مدير عامل: مهندس محسنى طارمسرى **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، تهرانپارس، خيابان رشيد، نبش خيابان ۱۴۴ غربی، ساختمان امیرکبیر، طبقه دوم، واحد ١٠

تلفن دفتر مرکزی: ۷۷۲۹۵۴۹۸-۰۲۱ نشانی سایت: www.phceram.com

شرکت ذوب و نسوز ایرانیان

مدير عامل: ميثم محامي



آدرس: تهران، خيابان شهيد رجایی، نرسیدہ به ایستگاه مسجد مادر، نبش کوچه ۷۳، پلاک ۷۷ تلفن: ٥٢١-٥٥٠١٩٥٣٩-٢١ نشانی سایت: www.zobiranco.com

لعاب ياس فارس مدير عامل: مهندس زارعي **آدرس دفتر مرکزی:** شیراز، کیلومتر ۳ جاده شیراز بوشهر، بعد از پل شهید علیپور، جاده ایستگاه شماره ۱ گاز تلفكس: ٨٣٠١٩٩٠-٧١٣



نشانی سایت: www.maralloab.ir

مجتمع توليد چيني بهداشتي نوين سرام مدير عامل: مهندس حقى **آدرس دفتر مرکزی:** مشهد، چهارراه ابوطالب، مجتمع برجيس، طبقه دوم، واحد ٣ تلفن دفتر مرکزی: ۱۷۲۷۶۰۳۳ - ۰۵۱ نشانی سایت: www.novinceram.com

لعاب مارال ميبد

مدير عامل: دكتر داود قهرماني

بلوار نسترن شمالي، خيابان صنعت ٩

آدرس: یزد، میبد، شهرک صنعتی جهان آباد،

تلفن دفتر مرکزی: ۷-۳۲۳۷۴۰۹۶-۰۳۵



ଠାମାତାର

مجتمع صنعتی اردکان (چینی رز) مدير عامل: مهندس ضرابيه **آدرس دفتر مرکزی**: یزد، چهارراه یزد باف، ساختمان يزدباف، طبقه٢ تلفن دفتر مرکزی: ۵۲۲۹۷۶۰–۵۳۵ نشانی سایت: www.chinirose.com



معدنی و صنعتی سوراوجین عقیق مدير عامل: مهندس معصومی **آدرس دفتر مرکزی**: تهران، سعادت آباد، خيابان علامه شمالي، انتهاي كوچه اقبال ملي، پلاک ۱، واحد ۲ تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۰۸۱۳۷۳-۰۲۱

نشانی سایت: www.iranclay.com

مفىد شىشە

مدیر عامل: مهندس موسوی کریمی **آدرس دفتر مرکزی**: تهران، خیابان وليعصر، پايينتر از ميدان ونک، شماره ۲۵۴۰، طبقه ۷ تلفن دفتر مركزي: ٨٨۶۶۴٨١١-٠٢١

نشانی سایت: www.mofidglass.com

مهفام جام (سهامی خاص)

مدير عامل: مهندس دهقان **آدرس**: تهران، میدان آرژانتین، خیابان احمد قصیر، چهاردهم غربی، يلاک ۲۶، طبقه ۳ تلفن دفتر مرکزی: ۸۰ ۸۸۵۱۵۰۰۰-۰۲۱

لعابيران

مدير عامل: مهندس نادر رضايي منش **آدرس دفتر مرکزی:** تهران، میدان ونک، خیابان گاندی شمالی، کوی شهید صانعی، شماره ۲۵ تلفن دفتر مرکزی: ۲-۸۸۷۹۵۱۴۱



شركت سهامى شيشه قزوين

Ghazvin Glass Co

نشانی سایت:www.loabiran.com

شرکت سهامی شیشه قزوین (عام)

مدير عامل: مهندس محمدرضا علاقبنديان آدرس دفتر مركزى: تهران، خيابان استاد مطهری، خیابان شهید سرافراز، یلاک ۳۴ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۷۳۱۵۱۵-۰۲۱ نشانی سایت: www.ghazvinglass.com

چینی بهداشتی آرمیتاژ

مديرعامل: مهندس محمدحسين وكيلى مقدم آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان ونک، پاساژ تک، طبقه دوم، آیارتمان شماره ۷ تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۷۹۰۲۲۷–۰۲۱ نشانی سایت:www.armitagesw.com



شركتمقرهسازىايران « مانه» Iran Insulator Co.



خيابن بهار جنوبي، کوچه نيلوفر، شماره ۴ تلفن دفتر مرکزی: ۷۷۵۲۸۶۴۲-۰۲۱ نشانی سایت: www.iraninsulator.com

شركت سراميك صنعت أفاق

مدير عامل: حسين اسلامي شاهد **آدرس:** البرز، کرج، چهار راه مصباح، به سمت میدان استاندارد، ساختمان آرش، پلاک ۵۳۲ (طبقه ۳، واحد ۸) تلفن: ۳۲۷۳۶۸۲۲–۰۲۶ نشانی سایت: www.afaghceram.com

مجتمع كارخانجات توليدي توس چيني

مدير عامل: مهندس كاملان نجار

غربي ميدان احمدأباد، پلاک ١٢

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، ضلع

تلفن دفتر مرکزی: ۸۴۱۶۸۸۰–۰۵۱۳



نشانی سایت: www.toosporcelain.com

شرکت دانش بنیان شیمیایی درفش کاویان راد

مدیرعامل: دکتر مهدی احمدی **آدرس:** کیلومتر ۴۰ جاده مشهد، فریمان، شهرک صنعتی کاویان، فاز یکم، خیابان صنعت ۱۳ تلفن دفتر مرکزی: ۳۴۶۹۳۵۸۴–۰۵۱



دانشگاه أزاد اسلامی واحد دزفول

مديريت: دكتر متين **آدرس:** دزفول، کوی آزادگان، دانشگاه آزاد اسلامی تلفن: ٠۶۴١۶٢۶٢٠٩٠



نشانی سایت: www.iaud.ac.ir





آدرسی: اهواز، سه راه فرودگاه، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

تلفن: ۶۱۳۴۴۵۷۱۷۴

نشانیسایت: www.khouzestan.srbiau.ac.ir



فكس: 138456136-(0)-44

نشانی سایت: www.glassworkshounsell.co.uk

تقویم رویدادهای سرامیک

ششمین نمایشگاه صنعت دیرگداز هتل المپیک تهران ۲۲ الی ۲۴ شهریور ۱۴۰۰ http://conf-refractory.org/fa/

هشتمین کنگره بینالمللی رنگ و پوشش ۲۱ و ۲۲ مهر ۱۴۰۰ http://www.iccc2021.icrc.ac.ir/

هشتمین کنفرانس بینالمللی مواد فوق ریزدانه و نانوساختار دانشگاه تهران ۱۵ و ۱۶ آبان ۱۴۰۰ https://ufgnsm2021.ut.ac.ir/

دهمین کنفرانس بینالمللی مهندسی مواد و متالورژی (iMat2021) ۲۵ و ۲۶ آبان ۱۴۰۰ http://www.imatconf.com/fa/

کنفرانس سالانه مواد و ساختارهای هوشمند

دانشگاه صنعتی قم

۱۳ بهمن ۱۴۰۰

https://www.qut.ac.ir/acsms2022

Bioceramics 32 Italy September 20-23, 2022 https://bioceramics32.org/

99

فطلنامه سراميك ايران دوره ١٧ شماره ١ بهار ١٣٠٠

تازوها

14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14) Including Glass & Optical Materials Division 2021 Annual Meeting (GOMD 2021) Canada Dec 12-17, 2021

Ceramics.org/pacrim14

ICNC004 2021: 15. International Conference on Nanostructured Ceramic Amsterdam, Netherland September 16-17, 2021 https://waset.org/nanostructured-ceramic-conference-in-september-2021-in-amsterdam

The 46th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites (ICACC'22) Florida-USA January 23–28, 2022

> 2022: the UN International Year of Glass https://www.iyog2022.org/