

• نانو فناوری، نانو مواد

• فرآیند ذوب مجدد الکتریکی سرباره ای ESR

• فاجعه ملاس بوستون

• دانشگاهی در خاستگاه خورشید

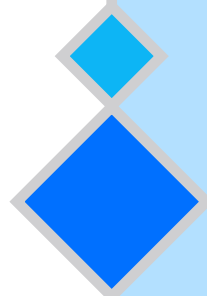
• مصاحبه با دکتر عزیز شفیعی

• کاربرد های صنعتی گرایش های مختلف مهندسی

• معرفی کتب رشته مهندسی مواد

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

عن
مكي



راهنمای نگارش مقالات برای چاپ در نشریه فلز

نشریه فلز یک نشریه علمی تخصصی دانشجویی است که در زمینه مقالات علمی پژوهشی، مباحث فرهنگی، مصاحبه‌های جنجالی، تازه‌های علمی و ... فعالیت دارد. این نشریه توسط انجمن علمی بخش مهندسی مواد دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز ارائه و توزیع می‌شود. شروع به کار این نشریه به اینصورت است که ابتدا پس از پیام‌رسانی در دانشکده‌ها، دعوت از دوستان دانشجوی به منظور همکاری در نشریه به عمل می‌آید. در طی جلسه‌ی توجیحی مباحث زیر و نکات آموزشی برای نوشتن متن و ارسال مقالات مطرح می‌شوند. سپس اعضای هیئت تحریریه و تیم گرافیک از متن‌ها مطلع می‌شوند. دانشجویان مباحث مورد علاقه خود برای همکاری در نشریه را انتخاب کرده و آمادگی خود را اعلام می‌کنند.

برای چاپ مقاله در این نشریه به نکاتی از قبیل ویراست‌های دستوری و علمی زیر توجه می‌شود. دانشجویان می‌توانند در رابطه با موضوعات مختلفی از قبیل مقالات پژوهشی، دستاوردهای علمی میان‌رشته‌ای، مصاحبه، تازه‌های علمی، خطاهای مهندسی، معرفی و آشنایی با دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های برتر دنیا، معرفی کتب مرتبط با رشته، معرفی یک نرم‌افزار مرتبط با رشته و همچنین آشنایی با گرایش‌های مختلف مواد با رعایت این نکات ویرایشی متن‌های خود ارسال کرده و همکاری خود را در نشریه فلز اعلام کنند.

نکات دستوری بر این اساس است:

۱. مقالات در فایل word دریافت می‌شود.
۲. قلم نگارش متون فارسی مقالات دریافتی B Nazanin و شماره قلم آن ۱۴ می‌باشد.
۳. نگارش تیتراها با قلم درشت‌تر انجام می‌شود.
۴. برای متون انگلیسی از قلم times new roman با شماره قلم ۱۲ استفاده می‌شود.
۵. نگارش جداول، زیرنویس عکس‌ها و شکل‌ها از قلم B Nazanin با شماره ۱۲ استفاده می‌شود.
۶. تعداد صفحات دریافتی مقالات باید بین ۴ تا ۱۰ صفحه تایپ شده باشد.
۷. مسئولیت صحت مطالب به عهده نویسنده مقاله می‌باشد.
۸. مقالات تا حد امکان باید فاقد ایرادات املائی و ویرایشی باشند و رعایت نیم‌فاصله‌ها را در نوشته از الزامات است.

همچنین بررسی ویراست علمی به صورت زیر است که هر مقاله از بخش‌های متفاوتی تشکیل شده که در زیر به آن اشاره شده است. عنوان مقالات باید شامل عنوان، نام نویسندگان، رشته تحصیلی آن‌ها، مقطع تحصیلی و محل تحصیلشان باشد. چکیده نیز از الزامات مقالات می‌باشد که شامل مهمترین قسمت‌های مقاله از معرفی تا نتیجه‌گیری است. در این قسمت هریک از مباحث گفته‌شده در یک خط توضیح داده می‌شود. مقدمه مقاله نیز توضیح کوتاهی راجب پژوهش در حال اجرا و اهمیت آن می‌باشد

و در پایان هدف پژوهش در یک خط مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدنه اصلی شامل متن اصلی مقاله و نحوه اجرای پژوهش و روش تولید می‌باشد. در نهایت مقاله شامل نتایج و نتیجه‌گیری‌هایی از مبحث ارائه شده می‌باشد. پایان هر مقاله عنوان کردن منابع مورد استفاده بسیار ضروری است و مقالات بدون منابع فاقد اعتبار هستند. علاوه بر ویراست ساختاری یک مقاله این مقالات بعد از دریافت از لحاظ محتوا مورد تایید و داوری اساتید قرار گرفته و مقالات منتخب در نشریه فلز چاپ می‌شوند.

در نوشتن متن‌ها اصل ساده‌نویسی و روان بودن متون رعایت شود. همزمان با انتخاب موضوع آخرین مهلت دریافت مقالات به اطلاع دانشجویان محترم می‌رسد. در نهایت پس از بررسی و داوری متن‌ها مقالات منتخب به چاپ رسیده و اگر متن ارسالی هماهنگ با سایر متون نشریه و مرتبط با آن‌ها نباشد از چاپ آن معذور بوده و پیشاپیش عذرخواهی می‌کنیم.

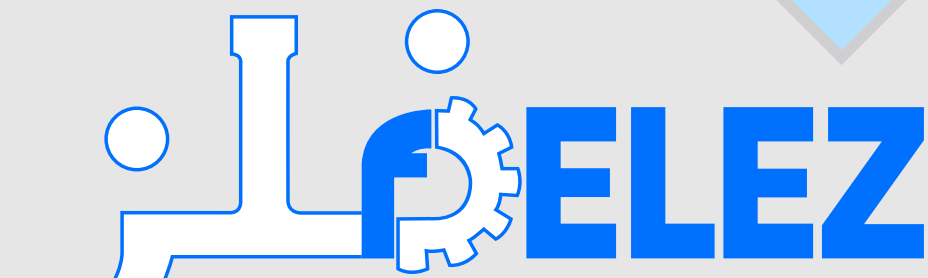
با تشکر از توجه شما

مدیر مسئول نشریه فلز



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست :



دو فصل نامه علمی تخصصی دانشجویی دانشگاه شیراز
سال دوازدهم / شماره ۱۶ / اردیبهشت ۱۴۰۰

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویان بخش مهندسی مواد
دانشگاه شیراز

مدیر مسئول و سردبیر: هستی قائدشرفی

استاد مشاور انجمن علمی دانشجویی مهندسی مواد دانشگاه

شیراز: دکتر منصور کنعانی

دبیر انجمن علمی دانشجویی مهندسی مواد: هستی قائدشرفی

دبیر کمیته نشریات انجمن علمی دانشجویی مهندسی

مواد: احمد فاضلی

هیئت تحریریه: فهیمه حسینی، ابراهیم زینلی-نژاد، علی

مصطفی پور، سمر میرزاخانی، ابوالفضل بابایی-زارچ، بابک هاشمی، عزیز

شفیعی، فاطمه زارعی، فاطمه خلقی، هستی قائدشرفی، نغمه شفییعی،

پارسا محمدیان، مازیار آقایی، علیرضا پورشیب، حامد درخشان، محمد

کاظم فراروئی، فاطمه چیت‌سازی

هیئت مصاحبه: نغمه شفییعی، فاطمه جلمبادانی، نگین پورابتهاج،

غزل وثوقی، علی بلوکی، احسان خدایاری

طراح و صفحه آرا: مینا برزگر

هیئت داوران: دکتر زهرا شرافت، دکتر عزیز شفییعی، مهندس

سروش دشتی‌زاد، مهندس محمد کاظم فراروئی، مهندس راحله

جعفری، مهندس حسین امامی‌راد، مهندس نغمه شفییعی، مهندس

محمدامین صادقی

با تشکر از همکاری: دکتر محمد حسین پایدار، دکتر

زهرا شرافت، دکتر عزیز شفییعی، سرکار خانم سیاح‌پور،

الهام یوسفی، میترا برزگر

پست الکترونیکی نشریه: metal.samdsu@gmail.com

صفحه مجازی نشریه: @felez_magazine

شماره مجوز: ۳۵۵/ ک ن ش



۰۲ به نام خدای فلز

۰۳ نانو فناوری، نانو مواد

۰۶ فرآیند ذوب مجدد الکتریکی-سرباره ای ESR

۱۲ باتری های روی-یونی

۱۵ بررسی خواص فوتوکاتالیستی نانوکامپوزیت هسته-پوسته اکسید آهن(Fe_3O_4)/اکسید روی(ZnO) تولید شده به روش سل-ژل پکینی

۲۱ فرآیند ساخت افزایشی

۲۷ بررسی میزان جذب یون مس موجود در فاضلاب توسط پوست لیمو

۳۴ فاجعه ملاس بوستون

۳۹ دانشگاهی در خاستگاه خورشید

۴۳ مصاحبه با دکتر عزیز شفییعی

۴۹ کاربرد های صنعتی گرایش های مختلف مهندسی

۵۶ معرفی کتب رشته مهندسی مواد

نانو فناوری و نانو مواد

فهیمة حسینی، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز

استحکام بسیار بالایی هستند. استحکام قابل توجه آن‌ها به علت مساحت سطح بالاتر مواد اولیه آن است.

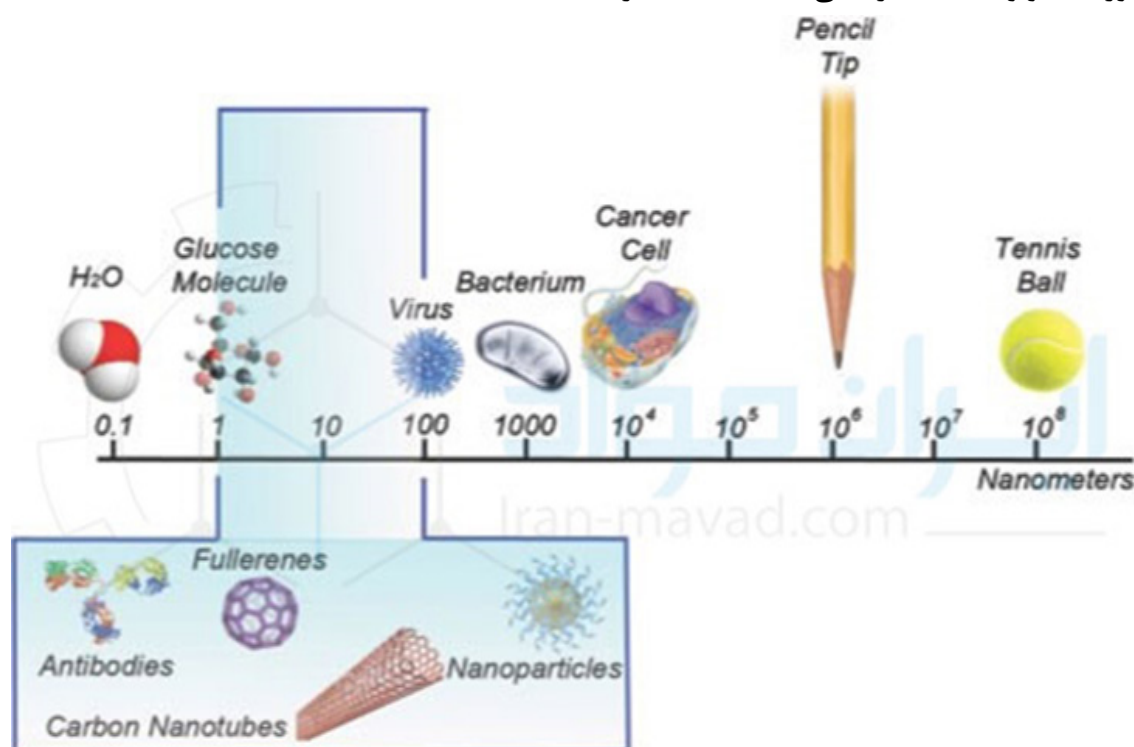
نانوفناوری بر این شناخت مبتنی است که ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر در ایجاد نانو ساختارها شرکت کرده و بدین ترتیب ویژگی‌ها و رفتار جدیدی به وجود می‌آید.

دلیل چنین رخدادی، کوچک بودن اندازه ذرات از ابعاد ویژه‌ی مرتبط با پدیده‌های خاص است که غالباً موجب پیدایش خواص شیمیایی و فیزیکی جدید و رفتار نو در ماده، به تبع اندازه ذرات می‌شود. برای مثال ملاحظه شده است که ساختار الکترونی، رسانایی، واکنش پذیری، دمای ذوب و خواص مکانیکی به هنگام کوچک‌تر شدن اندازه ذرات از یک مقدار بحرانی، تغییر می‌کنند. وابستگی رفتار به ابعاد ذره، مهندسی روی خواص آن را امکان‌پذیر خواهد ساخت.

نانوفناوری

نانوفناوری یکی از سریع‌ترین فناوری‌های علمی پیشرفته امروز است. نانوفناوری علم، مهندسی و فناوری پردازش در مقیاس نانومتر و تولید اجزای مختلف توسط کنترل اندازه و شکل است. یک نانومتر یک میلیاردم متر است. به طور کلی هنگامی که کمتر از ۱۰۰ نانومتر است، تکنیک‌های تولید در این ابعاد می‌تواند به عنوان نانو مقیاس محسوب شود.

یکی از ویژگی‌های مهم که باعث تفاوت نانو ذرات از مواد دیگر می‌شود، این واقعیت است که نانو مواد دارای سطح وسیع هستند. به علت سطح بسیار بالای آن‌ها، نانو ذرات نسبت به ذرات بزرگ‌تر بسیار واکنش‌پذیر هستند. این ویژگی برای ساخت مواد با ویژگی‌های متمایز برای کاربردهای مختلف استفاده می‌شود. یک کاربرد نانوفناوری، نانولوله‌های کربنی است که دارای



اندازه ذرات تشکیل دهنده مواد مختلف

به نام خدای مظهر

سفن سردبیر

شفعی هر روز با دوپرفه از مقابل پست مرزی قاپاق مواد مفدر می‌گزشت و ماموران طی پندرسال و بازرسی‌های مکرر کوچکترین فطایی از وی ندره بودند. غافل از اینکه او دوپرفه قاپاق می‌کرد.

امروزه در دنیایی که یک ویروس میکرونی بزرگ‌ترین پارامترها و معادلات زندگی بشر را درگرمون می‌کند، فرهنگ‌ها را شفق زده و کودک سالفورده درونش را از دست دنیای واقعی میزازی به دنیای واقعی می‌سپارد، تشفیص رسالت فردی و اجتماعی نیازمند تامل است. جهانی که پیش از این در واقعیت به مرزهای میزازی فاکسی، آبی، نژادی، قومی، سیاسی، اقتصادی، سیاه و سفید چهار بود، در دنیای میزازی واقعیت دنیا را شناخت.

تفاوتی نمی‌کند از چه قماش؛ مطابقت دنیاست. تصویری که اگر در قاب دوربینی ثبت می‌کردید هرآنکه در آلبومی بر تاقچه فانه‌ای جای می‌گرفت، امروزه با فشار دکمه‌ای به سراسر جهان ارسال می‌گردد.

متاسفانه روزمرگی و ظواهر دنیای مادی فصوصاً از نوع میزازی یا به عبارتی امروزی بزرگ‌ترین سدر راه این رسالت است به گونه‌ای که تیغ بر کف زندگی مسدود نهاده و پرده‌ای ضعیف بر این چشم‌انداز کشیده. تعدد مسیر و تنوع اهداف ما را به هزار تویی سپرده که رهایی از آن کم‌کم تنها به واسطه هوش مصنوعی میسر است.

مقایسه اهمیت همان تصویر در آلبومی بر تاقچه و هزاران سلفی دوربین گوشی موبایل عمق به این فایده را می‌نمایاند. هستند کسانی که با نگاهی تیزبین این فرصت را غنیمت شمرده و در هر رسته‌ای با تابانن نور این دانش بیکران و رایگان به اهداف خود مسیر ترقی اجتماع را هموار می‌سازند.

اینفاست که آنکس که براند و براند که براند، اسب طرب از گنبد گردون بپهاند و آنکس که نراند، بهم آئیم و بکوشیم به جد تا که براند، بتواند، هنر فویض نماید. پس بیاییم بکوشیم تا به نوبه خود این بزرگترین فرصت قرن را غنیمت شمریم.

این نشریه بر آن است تا ضمن گردآوری مقالات و موضوعات پیرامون پالاش‌های جهان امروز فصوصاً مباحث تفصیلی، شناسایی و معرفی استعدادهای بیشتر دانشجویی را سرلوفه اهداف خود قرار داده و بدین واسطه افتخاری دیگر بر سیاهه نوابغ این سرزمین درج نماید و در این راه کمک‌ان همراهی و هم‌لی شما عزیزان ضمن اعتلای واژه انجمن فستکی راه را می‌زداید.

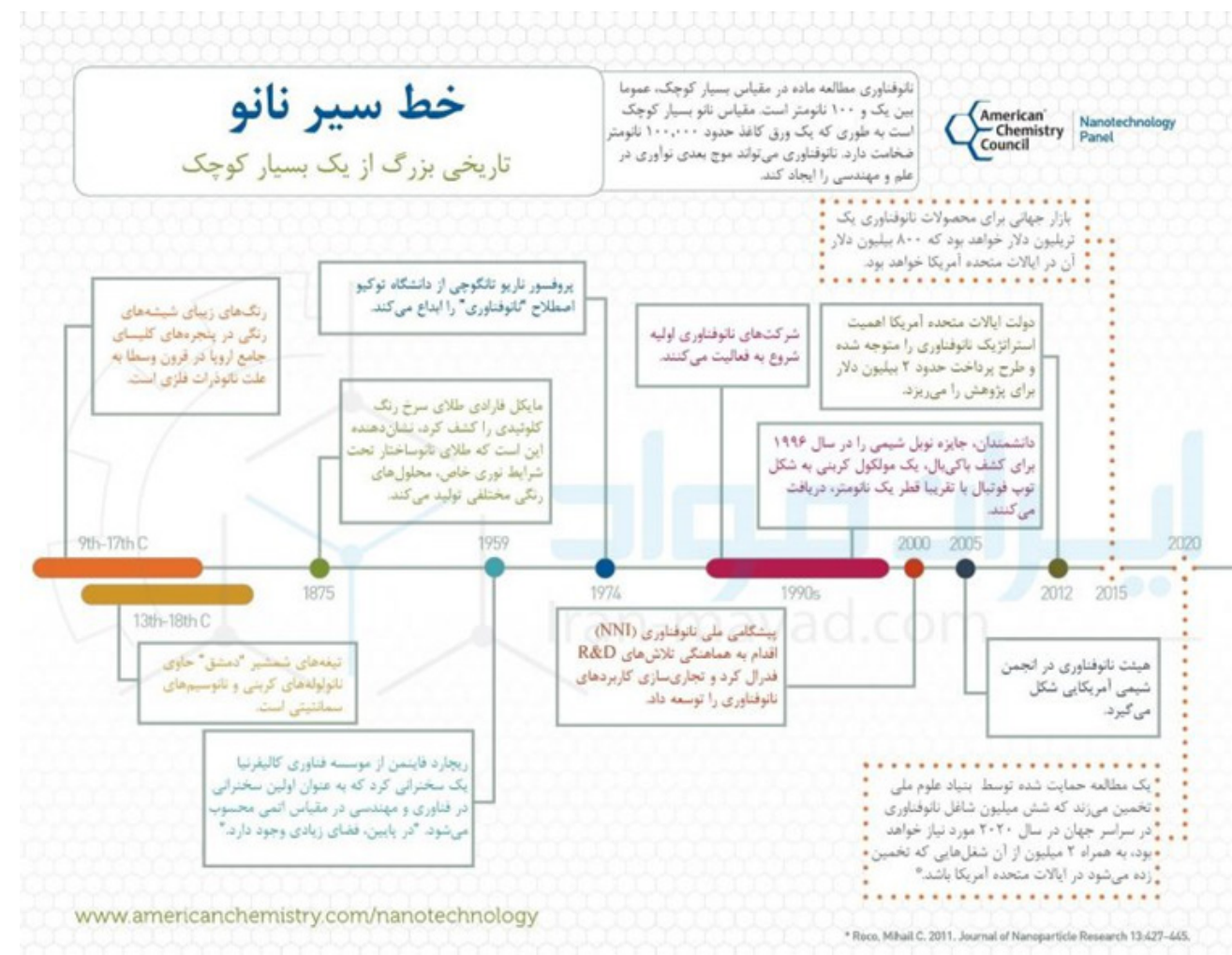
دیدگاهی فراتر از مناسبات اجتماعی و اقتصادی و ... جهان گذشته است و طبیعتاً نگاه جمعی، سرعت پیش از حد تغییر و تنوع ابعاد را پیران نموده و مهم‌ترین وظیفه نشریه که همانا همسوسازی نیروی جوان و موثر جامعه است، محقق می‌نماید.

«همه‌چیز را همگان دانند»
سردبیر، هستی قاندر شرفی

تا ۱۹۹۸ بر می‌گردد که در آن زمان همایشی زیر نظر مرکز جهانی ارزیابی فناوری، با مطالعه از تحقیق و توسعه در زمینه نانو فناوری در سطح جهان با هدف ارزیابی اثرات آن بر اختراعات فنی برگزار گردید. بررسی‌های مرکز جهانی ارزیابی فناوری به این نتیجه رسید که این فناوری از توانایی بالقوه عظیم در سهیم بودن در پیشرفت‌های مهم در گستره وسیع و متنوعی از زمینه‌های فناوری، از تولید مواد سبک با استحکام بیشتر گرفته تا کاهش زمان رهایش داروهای نانو ساختاری در سیستم گردش خون بدن، افزایش ذخیره نوارهای مغناطیسی و فراهم ساختن کلیدهای با سرعت بالا برای رایانه‌ها برخوردار است.

در حالی که کلمه نانو فناوری به نسبت جدید است اما وجود مجموعه‌های فعال و ساختارهایی با ابعاد نانومتر تا زگی ندارد و در حقیقت چنین ساختارهایی به اندازه طول عمر حیات در روی زمین وجود داشته‌اند. روشن نیست در چه زمانی انسان‌ها برای اولین بار به مزایای موادی در ابعاد نانو آگاهی یافته‌اند اما به عنوان مثال می‌دانیم که چهارصدسال پس از میلاد مسیح، شیشه سازان رومی، شیشه‌های حاوی فلزات در اندازه‌های نانو را تهیه کرده‌اند.

در سال‌های اخیر نانو فناوری یکی از زمینه‌های مهیج و پیشرو در فیزیک، شیمی، مهندسی و زیست‌شناسی بوده است. توجه گسترده موجود به رشته نانو فناوری از نظر تاریخ به سال‌های ۱۹۹۶



خط سیر نانو

تحصیل در رشته نانو فناوری - گرایش نانومواد

نانو فناوری با مهندسی مواد ارتباط داشته و باعث به وجود آمدن زمینه‌های تحقیقاتی جدیدی در این رشته شده است. ساختار مواد در ابعاد میکرومتر و نانومتر، در مهندسی مواد مطالعه می‌شوند. اصولاً در مهندسی مواد ما به دنبال طراحی و ساخت موادی جدید دارای خواص مورد نظر یا بهبود یافته نسبت به قبل و در راستای کاربردها و یا تکنولوژی‌های تازه‌تر که در نهایت منجر به مشخصه‌های ساختاری تازه‌ای از ماده می‌شود، هستیم. روش‌های تولید ساختارها و مواد در صنایع مختلف مانند صنایع سرامیک، رنگ، فولاد و غیره در گرایش نانومواد مورد بررسی قرار می‌گیرند. با به کار گرفتن نانو فناوری می‌توان باعث بهبود این روش‌ها شد و روش‌هایی با کارایی بیشتر و مواد و ساختارهای جدید با خواص بهتر طراحی و تولید کرد.

افرادی که علاقه به تحصیل در رشته نانو فناوری - گرایش نانومواد را دارند، باید در آزمون ورودی تحصیلات تکمیلی (دوره‌های کارشناسی ارشد ناپیوسته) که هر سال برگزار می‌شود، شرکت کنند.

رشته نانو فناوری - گرایش نانومواد در آزمون ورودی کارشناسی ارشد با کد ۱۲۷۳ مشخص شده است. این رشته در دانشگاه‌های مختلفی تدریس شده است. برنامه درسی رشته نانو فناوری گرایش نانومواد و تعداد واحدهای آن بر اساس آخرین سرفصل دروس وزارت علوم مطابق با جدول ذیل است.

| تعداد کل واحدها | ۳۲ واحد |
|-------------------|---------|
| دروس پایه الزامی | ۸ واحد |
| دروس تخصصی الزامی | ۶ واحد |
| دروس انتخابی | ۸ واحد |
| پایان نامه | ۸ واحد |
| سمینار | ۲ واحد |

فرصت‌های شغلی برای رشته نانو فناوری

موجب پیشرفت این چنین سریع نانو فناوری گردید ابداع دستگاه‌هایی نظیر میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی بوده است که تجسم فکری سطوح مواد در مقیاس نانومتر را امکان‌پذیر می‌سازد.

زمینه تحقیقاتی نانو فناوری یک زمینه بین رشته‌ای بوده و انواع گسترده‌ای از موضوعات، از شیمی کاتالیز نانوذرات گرفته تا فیزیک لیزر نقطه کوانتومی را در بر می‌گیرد. انگیزه مهمی که

مهندسی نانو مواد نقشی اساسی در پیشرفت صنایع جدید و مختلف از جمله صنایع هسته‌ای، انرژی، تکنولوژی پزشکی، هوافضا، نظامی و غیره دارد. به طور کلی مواد، واحدهای سازنده همه تولیدات بوده و بنابراین مهندسان مواد در گستره وسیعی از صنایع مختلف تولید کننده مشغول به کار هستند. بسیاری از مهندسان نانومواد در صنایع مربوط به فلزات، قطعات الکترونیکی، تجهیزات صنعتی و غیره کار کرده و نیاز به این مهندسان در کار تولید مواد جدید از جمله نانومواد به دلیل خواص منحصر به فرد آن‌ها، در حال افزایش است.

به دلیل اینکه ایران دارای آزمایشگاه‌های مجهز در زمینه مهندسی مواد و متالورژی است؛ دانش‌آموختگان این رشته می‌توانند در صنایع مختلف مانند تجهیزات پزشکی، خودروسازی، گاز، پتروشیمی و غیره در قسمت آزمایشگاه مشغول به کار شوند.

منابع

1. poole jr, Charles p., and frank j.owens. introduction to nanotechnology. John wiley & sons, 2003.
2. ernst, Jeremy v. "nanotechnology education: contemporary content and approaches."2009.
3. A.minaie, a.sanati -mehrizy,p.sanati-mehrizy, r.sanati-mehrizy. "nanotechnology in engineering education",2015
4. brighthubengineering.com
5. Training.aiau.ir
6. americanchemistry.com

فرآیند ذوب مجدد الکتریکی - سرباره‌ای (ESR)

ابراهیم زینلی‌نژاد، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران
علی مصطفی‌پور، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران

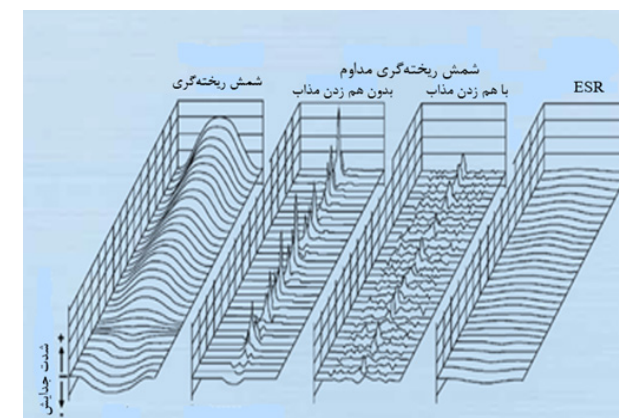
مقدمه

فرآیند ذوب مجدد الکتریکی-سرباره‌ای ESR یکی از روش‌های متالورژی ثانویه می‌باشد. این فرآیند یک فناوری پیشرفته‌ای برای تولید مواد با کیفیت بالا، مورد استفاده در کاربردهای خاص از جمله: صنایع هوا فضا، نیروگاه‌های اتمی و حرارتی، تجهیزات نظامی و در تولید ابزارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هنوز مشخص نیست که چه کسی روند این فرآیند را اختراع کرده است. اگرچه اولین ارجاع ثبت شده به اصول فرآیند توسط نیکولای اسلاویانوف در سال ۱۸۹۲ گزارش شده است. و در سال ۱۹۲۸ هاپکیزی یک الکتروود مصرفی را به وسیله یک سرباره مذاب که از طریق مقاومت الکتریکی گرم می‌شود ذوب کرد و ادامه در سال ۱۹۳۵ پس از جنگ جهانی دوم دانشمندان اتحاد جماهیر شوروی سابق از فرآیند ESR برای جوشکاری به منظور بهبود کیفیت فلز جوش و مکانیزه کردن جوش توسعه دادن. بالاخره در سال ۱۹۶۲ محققان اتحاد جماهیر شوروی سابق اولین گزارشات از روند فرآیند ESR منتشر کردند.

امروزه تکنولوژی‌های تولید فولاد، توانایی تولید فولادهای با خلوص بالا را دارند. اما در این تکنولوژی‌ها این احتمال وجود دارد که در حین ریخته‌گری شمش، امکان اکسیداسیون در مذاب و جدایش عناصر آلیاژی در مقیاس‌های ماکرو^۳ ممکن

است رخ دهد که این موضوع باعث بی‌نظمی در خواص مکانیکی فولادها می‌شود. این فرآیند تقریباً به طور کامل پدیده جدایش‌ها ماکرو در شمش‌ها تولیدی حذف می‌کند. بنابراین یکنواختی ترکیب شیمیایی و یک ریز ساختار دقیق‌تر از شمش‌های که به روش ریخته‌گری‌های معمولی تولید شده‌اند تضمین می‌کند. با فرآیند ESR می‌توان حذف آخال‌های ماکروسکوپی و همچنین میزان آخال‌های میکروسکوپی را از مذاب کاهش دهد ترکیب شیمیایی را در اثر مجدد ذوب شدن ثابت نگه داشت. یکی دیگر از ویژگی‌های قابل توجه فرآیند ESR، انجماد کنترل شده است که باعث تولید شمش‌های با سطوح و کیفیت داخلی عالی می‌شود. همچنین با فرآیند ESR می‌توان عناصر گوگرد، اکسیژن و فسفر به میزان ۳۰ تا ۸۵ درصد

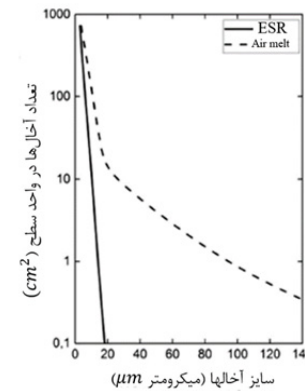


شکل ۱ نمایه از جدایش عناصر آلیاژی در شمش ریخته‌گری، شمش ریخته‌گری پیوسته (با هم زدن مذاب و بدون هم زدن مذاب) و شمش ذوب مجدد الکتریکی-سرباره ESR

Electroslag Remelting Process^۱ secondary metallurgical^۲

^۳ در انجماد آلیاژها، مواد حل شده بین جامد و مذاب برای غنی‌سازی یا رقیق (تهی) سازی مناطق بین دندرتی توزیع می‌شوند. این امر به طور طبیعی به تغییرات در ترکیب در مقیاس میکرومتر، یعنی جدایش میکرو منجر می‌شود. اما، جدایش ماکرو، به تغییرات شیمیایی در کل طول در مقیاسی نزدیک به ابعاد شمش مربوط می‌شود، که برای شمش‌های بزرگ ممکن است در مقیاس سانتیمتر یا متر باشد. جدایش میکرو را می‌توان با عملیات حرارتی همگن سازی برطرف کرد، اما برطرف کردن جدایش ماکرو با توجه به فاصله‌ای که مواد بایستی حرکت کنند عملاً غیرممکن است. تقریباً تمام انواع جدایش ماکرو برای تولیدکنندگان نامطلوب است زیرا تغییرات شیمیایی می‌تواند به تغییرپذیری ریزساختار و خواص مکانیکی منجر شود.

از شمش‌های تولید (به وسیله انجام واکنش‌های شیمیایی در سرباره) حذف کرد که به شدت این عناصر می‌تواند بر مقاومت خوردگی و انعطاف پذیری آلیاژها اثر مضر داشته باشد.



شکل ۲ مقایسه سایز و تعداد آخال‌های در واحد سطح برای شمش فولادی (Cr-Mo-V ۳٪) تولید شده از دو روش مختلف (۱- فرآیند ذوب مجدد الکتریکی-سرباره‌ای ESR (۲- ریخته‌گری معمولی)

۱. شرح فرآیند

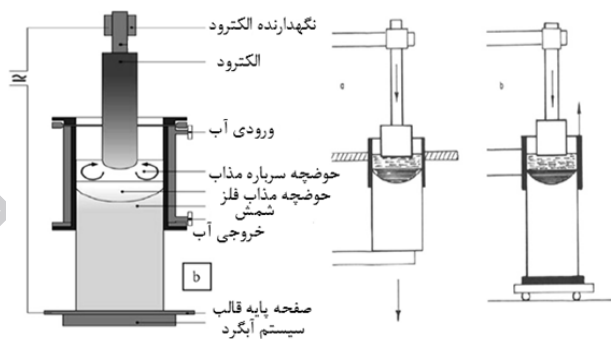
فرآیند ESR یک روش پالایش ثانویه برای فلزات به شمار می‌آید. از این فرآیند معمولاً برای خالص سازی پس از تکمیل عملیات استخراج و پالایش اولیه بکار می‌رود. این فرآیند شامل یک الکتروود مصرفی، قالب مجهز به سیستم آبگرد، سرباره‌ای که در حالت مذاب نسبتاً هدایت الکتریکی مناسبی داشته باشد و منبع توزیع کننده برق می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌کنید شماتیک از فرآیند در (شکل ۳) ارائه شده است. جریان الکتریکی در این سامانه از الکتروود مصرفی وارد می‌شود و از صفحه پایه قالب خارج می‌شود. حرارت مورد نیاز برای ذوب الکتروود از طریق مقاومتی که سرباره مذاب در مقابل جریان الکتریکی (اثر حرارتی ژول^۱) از خود نشان می‌دهد باید تأمین شود.

فلزی که قرار است توسط فرآیند ESR پالایش شود ابتدا به شکل الکتروودی با اندازه‌ی مناسب ساخته می‌شود اندازه الکتروود به بزرگی و نوع دستگاه و به ابعاد قالب بستگی دارد. این الکتروود

^۱ Joule heating

ممکن است مستقیماً ریخته‌گری شود و یا اینکه توسط عملیات آهنگری به اندازه مناسب ساخته شود.

جریان الکتریکی به وسیله الکتروود مصرفی وارد سرباره مذاب می‌شود و سرباره مذاب به وسیله مقاومتی که در مقابل جریان الکتریکی از خود نشان می‌دهد گرم می‌شود. گرم تولید شده و به الکتروود منتقل می‌شود به محض اینکه دمای حمام سرباره تا بالای نقطه ذوب الکتروود افزایش یافت رفته‌رفته قطرات مذاب از نوک الکتروود خارج گردید و به درون سرباره افتاد عملیات پالایش بر روی آن‌ها صورت می‌گیرد، پس عبور قطرات از سرباره مذاب بر روی صفحه پایه قالب تجمع نموده و منجمد می‌گردد که در این حالت رفته رفته قطرات بر روی صفحه پایه قالب جمع می‌شوند و شمش با قطر اندازه مورد نظر تولید می‌شود. با پیشروی این عملیات سرباره مذاب بطور پیوسته به سمت بالا حرکت می‌نماید. هنگامی که سرباره مذاب به سمت بالای قالب حرکت می‌کند، قالب سرد را لمس کرده، کمی منجمد می‌گردد که در این حالت یک لایه پیوسته‌ای از سرباره جامد بین قالب و شمش منجمد شده شکل می‌گیرد این لایه پس از اینکه فلز ذوب گردید، دست نخورده باقی می‌ماند و لایه نسوز همواری را بر روی قالب به وجود می‌آورد. که پس از جداسازی این لایه در هنگام اتمام عملیات، سطحی عالی را برای شمش‌ها ایجاد می‌کند.



شکل ۳ یک شماتیک از یک واحد فرآیند ذوب مجدد الکتریکی-سرباره‌ای (ESR)
a: حرکت شمش
b: حرکت قالب

۲.۱. تجهیزات فرآیند

تجهیزات عمده‌ای فرآیند ذوب مجدد الکتریکی-سرباره‌ای ESR عبارتند از: یک قالب خنک شونده، ترانسفورماتور و سیستم نگه‌داری و بالا و پایین بردن الکتروود می‌باشد.

۱.۲.۱. قالب

مس به دلیل خاصیت هدایت حرارتی عالی، ماده رایج و مرسوم جهت ساخت قالب‌ها می‌باشد. گرافیت و فولاد هم ممکن است در ساخت قالب بکار برده شوند. قالب‌ها را معمولاً با تعبیه سیستم آبگرد می‌سازند جهت صرفه‌جویی در هزینه تعبیه سیستم آبگرد ممکن است از قالب‌های خنک شونده با پاشش آب نیز استفاده گردد. انتخاب مواد قالب تابع شرایط موضعی و اندازه شمش‌هاست. طراحی قالب‌ها می‌تواند به شکل قالب‌های طولی ثابت یا قالب‌های طوق‌های باشد. استفاده از قالب‌های طوق‌های با قالب‌های متحرک امکان تولید شمش از هر طول مورد نظر را فراهم می‌کند به عنوان مثال با مقطع دوار، مربع یا مستطیل.

صفحه کف قالب نیز با تعبیه سیستم آبگرد ساخته می‌شود، جنس آن باید طوری انتخاب شود که از آسیب‌های احتمالی حاصل از اعمال قوس مقاومت نماید. شدت تبرید این قسمت باید چنان باشد که هیچگونه سرباره جامدی میان صفحه کف قالب و شمش تشکیل نگردد.

۲.۲.۱. تجهیزات الکتریکی

فرآیند ESR، می‌تواند با جریان AC^۱ یا DC^۲ کار کند. در مواردی به خصوص ترکیبی از این دو جریان فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نقطه نظر سیستم انتقال توان الکتریکی، فرآیند ESR را می‌توان به چهار صورت مختلف اجراء کرد. این چهار طریق عبارتند از:

۱. برق تک فاز یک الکتروود یک قالب.
۲. برق تک فاز دو الکتروود دو قالب.
۳. برق سه فاز سه الکتروود یک قالب.
۴. برق سه فاز سه الکتروود سه قالب.

در مواقع استفاده از برق سه فاز می‌توان از برخی مزایای متالورژی بهره‌مند شد. در این حالت سرباره مذاب یک جریان دورانی در بالای شمش در حال انجماد پیدا می‌کند، این حرکت باعث بهبود قدرت تصفیه سرباره می‌گردد. این جریان سرباره مخصوصاً در جریان‌های الکتریکی سه فاز رخ می‌دهد و در جریان‌های الکتریکی تک فاز کمتر مشاهده می‌گردد.

میزان توان مصرفی بستگی به نوع عملکرد فرآیند دارد می‌تواند در محدوده‌های نسبتاً گسترده‌ای متفاوت باشد که معمولاً بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ کیلووات ساعت در هر تن شمش تولیدی است. نرخ ذوب شدن می‌تواند بین ۲^{۱/۲} کیلوگرم تا ۱۴ کیلوگرم در دقیقه متغیر باشد.

کار با جریان تک فاز و با یک الکتروود و یک قالب ساده‌ترین روش بوده و برای ذوب‌های کوچک تا قطر ۱۱ اینچ توصیه می‌شود. به هر حال جهت بهبود تولید بدون افزایش سرعت ذوب در هر یک از شمش‌ها عمل با جریان تک فاز با دو الکتروود و دو قالب یا جریان سه فاز با سه الکتروود و سه قالب مورد نظر می‌باشد. در حالت اخیر بهتر است که قالب‌ها مجزا باشند و برای شمش‌های بزرگ جریان DC ترجیح داده می‌شود. مهمترین عاملی که نوع منبع نیرو را معین می‌کند، شکل و عمق حوضچه مذاب فلز می‌باشد. بطور کلی یک استخر کم عمق با شعاع انحنای زیاد ترجیح داده می‌شود.

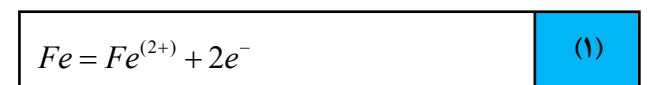
۳.۲.۱. الکتروود مصرفی

بطور کلی الکتروود باید از لحاظ قطر کوچک‌تر از قطر قالبی باشد که در آن الکتروود ذوب می‌شود. نسبت‌های بالای قطر الکتروود به قطر شمش کمک به ایجاد استخر فلز کم عمق می‌کند. آماده سازی سطح الکتروود فقط وقتی بحرانی است که حفظ عناصر خاصی در مواد الکتروود مد نظر باشد. برای مثال حضور یک پوسته اکسیدی بر روی الکتروود می‌تواند، حفظ عناصر را که به سادگی اکسید می‌شوند، مانند تیتانیوم و آلومینیوم را با مشکل مواجه کند. در جایی که این ملزومات

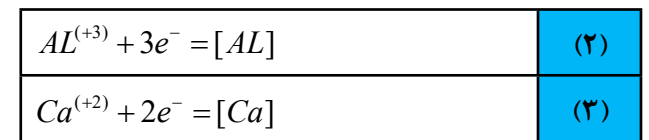
بحرانی نباشند، آماده سازی خیلی کمی برای الکتروود لازم است و در بعضی موارد الکتروودهای ریخته‌گری شده در قالب‌های گرافیتی یا چدنی با حداقل آماده سازی سطح مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ایده‌آل الکتروود برای فرآیند ESR شمش‌های تولید شده با صورت ریخته‌گری پیوسته می‌باشد.

۳.۱. مسیر جریان الکتریکی

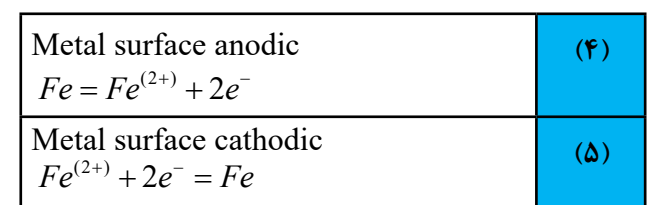
جریان الکتریکی در این سامانه از الکتروود مصرفی وارد می‌شود و از صفحه پایه قالب خارج می‌شود. الکتروود و شمش هر دو رساناهای الکترونی هستند در حالی که سرباره مذاب مایع یونی می‌باشد. بنابراین برای انتقال بارهای الکتریکی از الکتروود به سرباره و از سرباره به شمش باید واکنش‌های فارادی در فصل مشترک فلز سرباره انجام گیرد واکنش‌های توسط چند محقق مورد مطالعه قرار گرفت آن‌ها گزارش دادند که واکنش آنودی در فرآیند، همان واکنش خوردگی فلز پایه است. به عنوان مثال برای الکتروود آهنی داریم.



واکنش کاتدی هم می‌تواند حل شدن AL و Ca در فلز پایه باشد. در آلیاژهای پایه آهن AL و در مورد آلیاژهای پایه نیکل Ca حل می‌شوند که به دلیل پایین بودن ضریب اکتیویته آن‌ها در مذاب فلز پایه است.



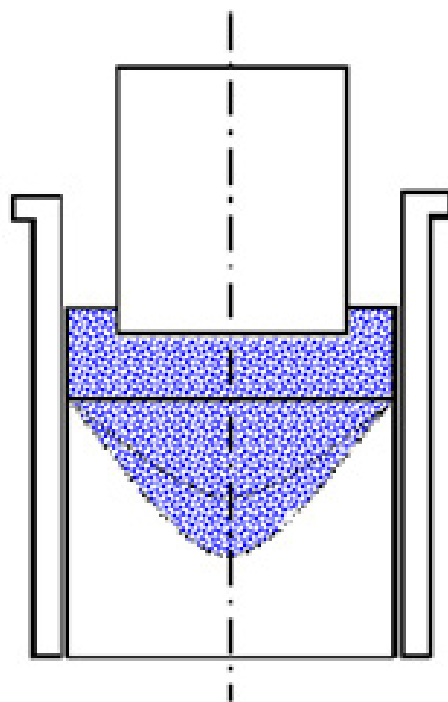
طرح واکنش‌های که در جریان متناوب AC رخ می‌دهند شرح داده شده توسط Fraser او بیان می‌کند که واکنش آنودی خوردگی فلز پایه برگشت پذیر است.



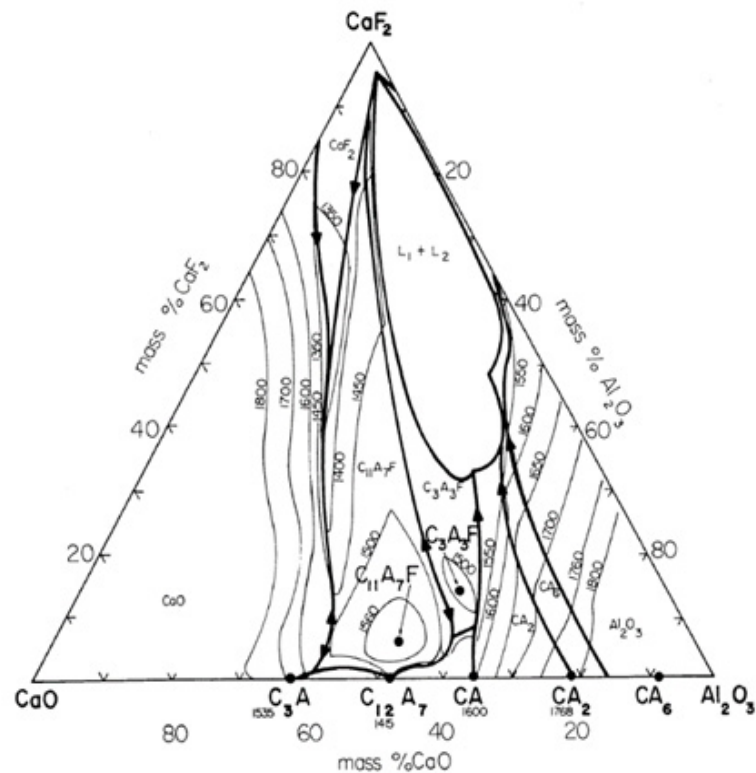
۴.۱. جریان سیال (Fluid Flow)

یکی از ویژگی‌های مهم فرآیند ESR این است که در مذاب در حین اجراء فرآیند پدیده هم‌خوردن در مذاب رخ می‌دهد همین موضوع سبب می‌شود که مزیت‌های در این فرآیند ایجاد کند از جمله این مزیت‌ها: جلوگیری از شکل‌گیری جدایش‌های ماکرو در شمش‌های تولیدی، توزیع یکنواخت دما در مناطق مختلف فرآیند، توزیع یکنواخت آخال‌های میکروسکوپی در شمش‌های تولیدی، بهبود عملیات پالایش مذاب و ...

همچنین تاثیر مدل جریان سیال بر توزیع دما و روند انتقال جرم در فرآیند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محدوده‌ی جریان سیال در حوضچه سرباره و حوضچه فلز مذاب می‌باشد شدت جریان سیال که در حوضچه سرباره رخ می‌دهد دارای اثر اختلاط قوی برای تمایل به همگن کردن میدان دمای در این منطقه دارد. ولی در حوضچه فلز مذاب شدت این جریان مذاب این قدر زیاد نیست همین جریانی که در حوضچه فلز مذاب رخ می‌دهد وظیفه جلوگیری از جدایش عناصر آلیاژی در مقیاس ماکرو، کنترل انجماد و... را بر عهده دارد.



شکل ۴ دامنه میدان جریان سیال در فرآیند ESR



شکل ۵ نمودار فازی $CaO + Al_2O_3 + 2CaF$

طیف‌های وسیعی از اندازه و وزن مختلف در کشورهای گوناگونی از جمله: اتریش، برزیل، کانادا، ایتالیا، آلمان، مجارستان، ایران، روسیه، اسلونی، کره جنوبی و آمریکا تولید می‌شود.

واکنش‌های (۶)، (۷) و (۸) این ویژگی مشترک را دارند که محصول هر سه آن‌ها CaO است و از این رو تغییر ترکیب تولید شده توسط واکنش باعث ایجاد تغییر درجه بازی سرپاره می‌شود. که افزایش درجه بازی سرپاره برای سولفوریزاسیون مفید است.

منابع

- [1] G. Hoyle, *Electroslag processes, Principle and Practice*, Applied Science Publishers LTD, England 1983.
- [2] Arh, Boštjan, Bojan Podgornik, and Jaka Burja. "Electroslag remelting: a process overview." *Materials and technology*: ۵۰ (۲۰۱۶): ۹۷۹-۹۷۱.
- [3] Strauss, K., ed. *Applied science in the casting of metals*. Elsevier, 2013.
- [5] Mitchell, Alec. "Electrochemical Aspects of the ESR Process." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 143. No. 1. IOP Publishing, 2016.
- [6] Mitchell, A. "The chemistry of ESR slags." *Canadian Metallurgical Quarterly* ۲۰, no. ۱. (۱۹۸۱): ۱۱۲-۱۰۱.

۴. کاربرد فرآیند

طی ده‌های گذشته این فرآیند برای تصفیه انواع آلیاژهای آهنی و غیرآهنی مورد استفاده قرار گرفته از جمله کاربرد این آلیاژها:

- بلیرینگ‌های فولادی، غلطک‌های فولادی، فولادهای ابزار و فولادهای مقاوم در برابر سایش
 - فولادهای زنگ‌نزن پرالیاژی مقاوم در برابر خوردگی‌های اسیدی و فولادهای مورد استفاده در درجه حرارت بالا
 - فولادهای مورد استفاده در صنایع و فناوری هوا فضا، صنایع پزشکی و دارویی و صنایع شیمیایی
 - برای سوپر آلیاژهای پایه نیکل، آلیاژهای پایه تیتانیوم و زیرکونیم
- در حال حاضر میلیون تن شمش ESR در

مانند Al_2O_3 (رفتار اسیدی) است، این سیستم‌ها هدایت الکتریکی کم دارند که این خاصیت باعث افزایش بازده حرارتی فرآیند سبب می‌شود برخی از این سیستم‌ها در حال حاضر در مصارف صنعتی هستند و انتظار می‌رود که در آینده استفاده از آن‌ها گسترش یابد.

دومین سیستمی که خواص فیزیکی آن‌ها با خواص فرآیند سرپاره ESR مطابقت دارد سیستم CaF_2-LiF است. از ویژگی‌های این سیستم می‌توان به نقطه ذوب کم، سرپاره‌ای با درجه بازی بالا و کیفیت سطحی عالی برای شمش‌های تولیدی اشاره کرد.

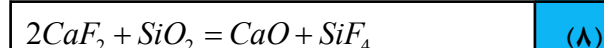
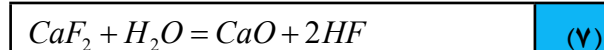
۳. سیستم‌های پایدار فازی در سرپاره

سیستم‌های فازی مهمترین نقش را در تعیین مفید بودن سرپاره برای پردازش فرآیند ESR ایفا می‌کند. شکل ۵ نمودار فازی کنونی تأسیس شده برای سیستم‌های مبتنی بر CaF_2 که توسط میلز به خوبی بررسی شده‌اند. نوسانات گونه‌های فلوراید تأثیر زیادی در ترکیب سرپاره فرآیند ESR دارد. از طریق واکنش‌های مانند:



واکنش (۶) توسط Povoltskii و همکارانش بررسی کردند. آن‌ها نتیجه می‌گیرند که این واکنش باعث تغییر چشمگیر در نسبت Al_2O_3 / CaO در سرپاره‌هایی که در ابتدا حاوی اکتیویته‌های CaO کمتر از ۰.۰۲ هستند می‌شود. تغییر کمی در نسبت Al_2O_3 / CaO در سیستم‌های CaF_2 رفتار فاز در چندین منطقه از نمودار می‌گذارد. این سیستم از نظر عملی مهم‌ترین سیستم می‌باشد.

جایی که H_2O یا SiO_2 حضور دارد امکان شکل‌گیری واکنش‌ها (۷) و (۸) وجود دارد.



نیروهای که سبب جریان مذاب می‌شوند به دو نوع تقسیم می‌شوند. نیروی لورنتس^۱ که ناشی از میدان الکترومغناطیسی بوجود آمده در اثر عبور جریان الکتریکی از حوضچه مذاب سرپاره و مذاب فلز حاصل می‌شود. دومین نیروی که می‌تواند سبب جریان مذاب شود نیروی شناوری حرارتی^۲ در اثر گرادیان چگالی که خود ناشی از گرادیان دما به وجود آمده در مذاب سرپاره و مذاب فلز رخ می‌دهد.

۲. سرپاره

ضروریات اصلی یک سرپاره چنین است که ترجیحاً در دمایی کمتر از اینکه آلیاژ مورد نظر تصفیه و ذوب می‌شود، باید ذوب گردد و در دمایی که عملیات صورت می‌گیرد باید پایدار بوده و البته هادی الکتریسیته نیز باید باشد. معیارهای مهم دیگر هدایت حرارتی، ظرفیت حرارتی، ویسکوزیته، کشش سطحی و ... است. علاوه بر این فرار بودن سرپاره باید ترجیحاً کم باشد.

معمول‌ترین ترکیبات برای سرپاره در فرآیند ESR عبارتند از: فلورید کلسیم (CaF_2)، آهک (CaO)، منیزیت (MgO)، آلومینا (Al_2O_3) و سیلیس (SiO_2) می‌باشند ولی می‌توان فلورید منیزیم، فلورید باریوم و اکسید تیتانیوم را نیز به عنوان افزودنی همراه داشته باشد. با تغییر دادن مقدار این ترکیبات می‌توان نقطه ذوب پایداری هدایت الکتریکی و حرارتی، گرانیوی سرپاره را تغییر داد که مطابق آن سرعت ذوب، دمای سرپاره، و دیگر فاکتورهای تأثیر پذیر بر روی سرعت پالایش تغییر می‌کنند.

اگرچه اکثر فرآیندهای صنعتی ESR از سیستم سرپاره $CaO + Al_2O_3 + MgO + SiO_2 + CaF_2$ استفاده می‌کنند، ولی چند سیستم دیگر وجود دارند که دارای همان طیف وسیعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی هستند از جمله این سیستم‌ها $CaF_2 + CaO + Al_2O_3 + RE_2O_3$ ، این سیستم خصوصیات فیزیکی لازم را برای پردازش فرآیند دارد. در این سیستم رفتار RE_2O_3

^۱ Lorentz force
^۲ thermal buoyancy force

باتری‌های روی-یونی

سمر میرزاخانی، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز

مقدمه

معرفی و کاربرد

افزایش مصرف انرژی و اهمیت استفاده از انرژی پاک برای نگه‌داری از محیط زیست، نیازمندی فناوری جهت ذخیره و به کارگیری انرژی را دوچندان کرده است. باتری‌های لیتیومی از قوی‌ترین ذخیره‌کننده‌های انرژی الکتریکی است که در برطرف کردن این نیاز موفق بوده است. گران بودن، کمیابی و مضر بودن لیتیوم برای محیط‌زیست همواره موجب نگرانی بوده است. این امر باعث توجه پژوهشگران به باتری‌های روی یونی به دلیل ایمنی، سازگار بودن با محیط‌زیست و کم هزینه بودن شده است.

باتری‌های روی-یونی قابلیت تبدیل و ذخیره همزمان انرژی را دارند. این باتری‌ها با واکنش کاهش خودبه‌خودی بین کاتد تخلیه شده و اکسیژن محیط به صورت خودکار شارژ می‌شوند.

باتری‌های قابل شارژ در دستگاه‌های برقی و سیستم‌های ذخیره انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند و به‌طور کلی توسط انرژی الکتریکی شارژ می‌شوند. انرژی الکتریکی در تمامی محیط‌ها در دسترس نیست و این امر اهمیت استفاده از باتری‌های خود شارژ را بیشتر می‌کند.

یکی از مزیت‌های این باتری‌ها استفاده از الکترولیت‌های آبی در ساختار است. در دیگر باتری‌های یونی (مانند Mg^{2+} ، Ca^{2+} و Al^{3+}) که به ساختار الکترولیتی پیچیده‌ای نیاز دارند، این نوع باتری‌ها می‌توانند با الکترولیت‌های ساده‌تر کار کنند.

باتری‌های روی یونی در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

باتری‌های روی-یونی بر پایه الکترولیت‌های آبی

باتری‌های قابل شارژ آبی به عنوان منابع ذخیره انرژی آینده در نظر گرفته شده‌اند. همچنین الکترولیت‌های آبی به دلیل تحرک بالاتر یون‌ها در محیط آبی قادر به هدایت یونی بیشتری نسبت به الکترولیت‌های آلی هستند. این باتری‌ها با استفاده از یون‌های دو ظرفیتی و به دلیل داشتن الکترون‌های دوتایی در واکنش کاهش، می‌توانند ظرفیت ویژه و چگالی انرژی بیشتری نسبت به یون‌های تک ظرفیتی داشته باشند. از آنجا که متداول‌ترین ماده آندی در ZIBها فلز روی است و ظرفیت باتری توسط کاتد نسبت به آند محدودتر است، طیف گسترده‌ای از مواد کاتدی به صورت کاربردی در ZIBها با کارایی بالا مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

مواد کاتدی اکسید منگنز

اکسیدهای منگنز به دلیل داشتن حالت‌های مختلف اکسیداسیون منگنز از تنوع چشمگیری در ساختارهای اتمی برخوردار هستند. بنابراین اکسیدهای منگنز می‌توانند به عنوان کاتالیزور در باتری و اکسیدکننده در ساخت فولاد کاربردهای گسترده‌ای داشته باشند. همچنین اکسید منگنز اولین ماده‌ای است که به عنوان کاتد در زمینه ZIBها مورد بررسی قرار گرفته و به دلیل ظرفیت بالا به راحتی می‌تواند یون‌ها را در خود جای دهد.

باتری‌های روی-یونی بر پایه الکترولیت‌های غیر آبی

الکترولیت‌های مایع در باتری‌های روی-یونی به دلیل فشار بخار بسیار پایین، پایداری شیمیایی و فیزیکی بسیار بالا و انتقال یون مناسب مورد توجه قرار گرفت. اما ظرفیت تخلیه و بازیافت این باتری‌ها مناسب نیست. برای دستیابی به یک الکترولیت ایده‌آل با سازگاری خوب با الکتروود، پژوهش‌های زیادی در مورد الکترولیت استونیتریل انجام شد. به عنوان مثال الکترولیت استونیتریل همراه با NiHCF به عنوان کاتد در باتری‌های ZIB استفاده شد. سپس محققان سری جدیدی از اسپینل‌ها را به عنوان کاتد برای ZIB با الکترولیت آلی مورد بررسی قرار دادند. سلول‌های کامل با این اسپینل‌ها به صورت جفت شده با آند فلز روی ساخته شدند. این باتری‌ها می‌توانند در یک جریان ۴۲ میلی‌آمپر، ظرفیت برابر با ۱۷۴ میلی‌آمپر ساعت را برای ۲۰۰ چرخه فراهم کنند.

نتایج نشان می‌دهد که همنشینی منگنز و نیکل و کبالت در $ZnCo_2O_4$ یک روش کارآمد برای یون‌های روی و بهبود ظرفیت آن‌ها می‌باشد. به این ترتیب، الکترولیت استونیتریل پایداری آندی بالا را نشان می‌دهد و منجر به بازده بسیار عالی از آند روی می‌شود. به این دلیل که جای گرفتن یون‌های روی نیاز به مصرف مقداری انرژی در الکتروود الکترولیت دارد. در محلول‌های بر پایه‌ی آب، اتصال متقابل مولکول‌های آب می‌تواند به طور مؤثر در جای‌گیری یون‌های روی تأثیر بگذارد. با این وجود، ارتباط متقابل با یون‌های Zn^{2+} در محلول‌های غیرآبی به دلیل شعاع زیاد مولکول‌های حلال به سختی تحقق‌پذیر است و به همین دلیل است که ZIBهای متشکل از الکترولیت‌های غیر آبی اغلب از سینتیک ضعیفی برخوردار هستند.

نتیجه

در این مقاله مطالعاتی مرتبط با تحولات اخیر در زمینه باتری‌های یون-روی از جمله مواد کاتد، الکترولیت حالت مایع و الکترولیت‌های حالت جامد مورد بررسی قرار گرفته است.

با وجود تلاش گسترده پژوهشگران پیرامون

مواد کاتدی، بسیاری از جزئیات اساسی علم الکتروشیمی مبهم است. هنوز اختلاف نظرهایی پیرامون مکانیزم الکتروشیمیایی کاتدهای پایه منگنز در ZIBها وجود دارد. سه مکانیزم متفاوت انتقال Zn^{2+} ، انتقال پروتون و همنشینی Zn^{2+} و H^+ گزارش شده است. همچنین تغییرات ولتاژ در حین قرار دادن کاتیون‌ها دارای ابهاماتی است که این موارد زمینه را برای پژوهش گسترده‌تر می‌کند.

کاتدهای پایه وانادیوم ظرفیت خاص و عملکرد طولانی‌تری را نسبت به الکترودهای پایه منگنز از خود نشان می‌دهند اما این الکترودها از سرعت تخلیه شارژ بالایی برخوردار هستند. همچنین موادی که بر پایه وانادیوم هستند به‌صورت مداوم در محیط اسیدی Zn^{2+} حل می‌شوند و این امر نیاز به تنظیم pH برای جلوگیری از انحلال را افزایش می‌دهد.

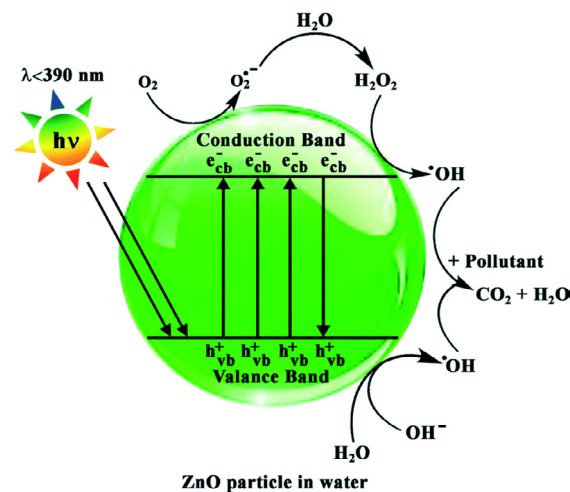
رفتارهای الکتروشیمیایی و سازگاری آن‌ها با هردو الکتروود آند و کاتد در الکترولیت‌های پایه مایع بسیار مهم است. الکترولیت‌های روی با ترکیب $Zn(SO_3CF_3)_2$ و $ZnSO_4$ به دلیل عملکرد الکتروشیمیایی بهتر نسبت به باقی الکترولیت‌های روی رایج‌ترین محلول‌های مورد استفاده در ZIBها هستند. لازم به ذکر است که $Zn(SO_3CF_3)_2$ بسیار گران‌تر از $ZnSO_4$ است و به همین دلیل برای تولید ZIB در مقیاس بزرگ مناسب نیست، در حالی که $ZnSO_4$ منجر به تولید سدیم هیدروکسید می‌شود. بنابراین، ضروری است که به بررسی محصول فرعی ناشی از الکترولیت $ZnSO_4$ و نوسانات رابط بین الکتروود آند روی و $ZnSO_4$ پرداخته شود. زیرا این الکترولیت می‌تواند به عنوان الکترولیت مؤثر در ساخت باتری‌های روی-یونی مورد استفاده قرار گیرد.

بیشتر الکترولیت‌های پلیمری در الکترولیت‌های حالت جامد، رسانایی یونی کم و استحکام ناکافی دارند و به سرعت تخریب می‌شوند. بنابراین، مطالعات مربوط به اتصال شیمیایی بین الکترولیت‌های مستقر روی و میزبان‌های پلیمری و خواص الکتروشیمیایی مشترک آن‌ها نقش مهمی در پیشرفت الکترولیت‌های حالت جامد برای

بررسی خواص فوتوکاتالیستی نانوکامپوزیت هسته-پوسته اکسید آهن (Fe₃O₄/ZnO) تولید شده به روش سل-ژل پکینی

ابوالفضل بابایی زارچ، دانشجوی کارشناسی ارشد، گرایش سرامیک، دانشگاه شیراز
بابک هاشمی، استاد بخش مواد، دانشگاه شیراز

آلاینده‌های آلی از مواد نیمه‌رسانا به واسطه‌ی اکسیداسیون فوتوکاتالیستی استفاده می‌گردد [۲] و [۳] از میان نیمه‌رساناهای مختلفی که به عنوان کاتالیست مورد استفاده قرار می‌گیرند اکسید روی (ZnO) به دلیل قیمت مناسب، تولید آسان، اشکال مختلف و خواص فوتوشیمیایی آلی، بیش از سایر مواد مورد استفاده قرار گرفته است [۴] شماتیک مکانیزم فوتوکاتالیستی اکسید روی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ شماتیک مکانیزم فوتوکاتالیستی اکسید روی [۵]

حفره‌ها و الکترون‌های ایجاد شده می‌توانند در حضور اکسیژن و آب رادیکال‌های هیدروکسیل را به منظور تجزیه‌ی ترکیبات آلی به وجود آورند [۶]. معمولاً در طی فرآیندهای فوتوکاتالیستی جداسازی فوتوکاتالیست‌ها از محلول دشوار می‌باشد. یکی از روش‌های جداسازی رایج این مواد استفاده از خاصیت مغناطیسی مواد است که با ایجاد ساختار هسته-پوسته با استفاده از هسته‌ی مغناطیسی و پوسته‌ی کاتالیست می‌توان این کار را انجام داد. مگنتیت (Fe₃O₄) به دلیل خاصیت مغناطیسی خوب، جلوگیری از بازترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها در طی فرآیند فوتوکاتالیستی و تولید آسان به طور

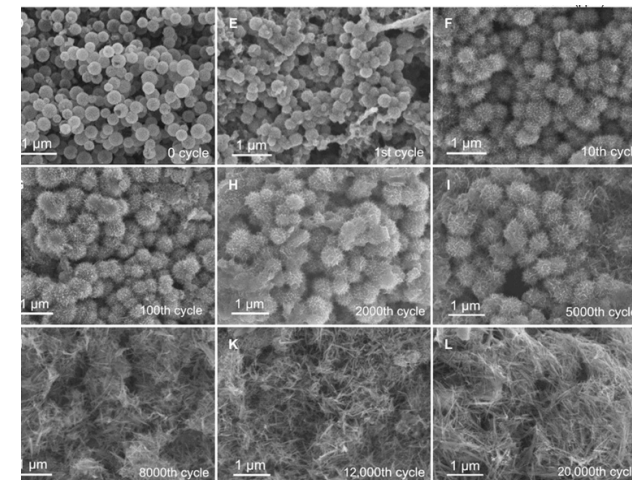
در این پژوهش نانوذرات Fe₃O₄ به روش هم‌رسوبی، نانوذرات ZnO و نانوکامپوزیت Fe₃O₄/ZnO به روش سل-ژل پکینی تولید شدند. بررسی مورفولوژی اکسید آهن (مگنتیت)، اکسید روی و نانوکامپوزیت اکسید آهن/اکسید روی با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شد. جهت بررسی خواص فوتولومینسانس (PL) و رنگ‌بری، دو نمونه کامپوزیتی با استفاده از ۰/۰۴ و ۰/۰۸ گرم اکسید آهن و ۰/۷۹ گرم نمک استات روی دو آبه سنتز و بررسی شد. دو نمونه کامپوزیتی به ترتیب (NC2) و (NC1) نامگذاری شدند. با مقایسه آن‌ها با اکسید روی در حالت خالص، نمونه NC2 با ۶۸ درصد رنگ‌بری برای محلول متیلن بلو طی ۲ ساعت با تابش اشعه UV خواص فوتوکاتالیستی بهتری از خود نشان داد.

کلمات کلیدی: فوتوکاتالیست، سل ژل پکینی، هم‌رسوبی، نانو کامپوزیت، رنگ‌بری.

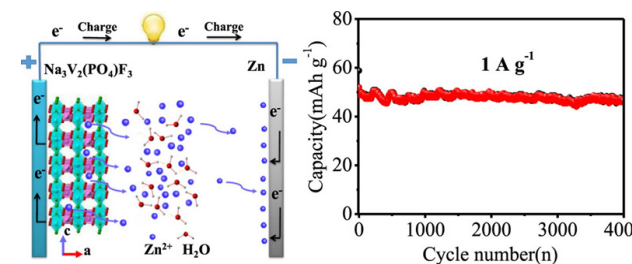
چکیده

مقدمه

امروزه جهان با بحران آب شدیدی روبه‌رو می‌باشد و محدودیت منابع آب شیرین روز به روز بیشتر می‌گردد. علاوه بر این آب‌های موجود در مصارف صنعتی با سنتز روز افزون مواد جدید و راه یافتن آن‌ها به این آب‌ها دچار آلودگی‌های فراوانی شده‌اند، که با روش‌های معمول بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی نمی‌توان آن‌ها را تصفیه نمود [۱] به همین منظور امروزه فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته که قادرند با استفاده از روش‌های اکسیداسیون فوتوکاتالیستی در تصفیه‌ی مواد آلی نقش بسزایی داشته باشند توسعه یافته‌اند. در این روش‌ها برای حذف و تخریب



شکل ۲ (L تا D) تصاویر SEM از کاتد بعد از چرخه نهم را نشان می‌دهد.

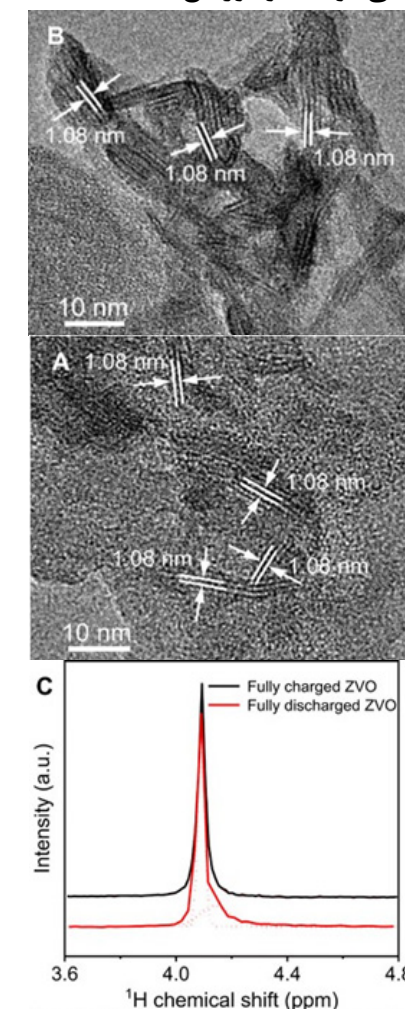


منابع

1. Zinc-ion batteries: Materials, mechanisms, and applications. jun ming, jing guo, chuan xia, wenxi wang, vol 135, January 2019, Pages 58-84.
2. Ultra long cycle stability of aqueous zinc-ion batteries with zinc vanadium oxide cathodes, lulu wang, jitao chen, junrong zheng, vol5, 2019.
3. Issues and opportunities facing aqueous zinc-ion batteries, boya tang, lutong shan, jiang zhou, 2019.

افزایش پایداری و بهبود عملکرد خواهد داشت. همچنین، مطالعات سیستماتیک زیادی بر روی الکترولیت‌های پلیمری حالت جامد حرارت بالا وجود ندارد، که این امر مانع کارکرد ZIBها را سخت می‌کند و نیازمند تلاش بیشتر برای کشف الکترولیت‌های پایدار در دمای بالا است. با وجود پیشرفت‌های زیادی که در زمینه ZIB به دست آمده است، چالش‌هایی وجود دارد که نیازمند مطالعات و تحقیقات بیشتر هستند.

به طور کلی، سازگاری با محیط‌زیست، عمر بالا، ارزان بودن، ایمنی بالا و چگالی انرژی بسیار قوی؛ این باتری‌ها را به نسل آینده باتری مبدل کرده است. همچنین قیمت بسیار پایین این ZIBها در مقایسه با باتری‌های لیتیومی، محققان را بر این امید داشته تا بتوانند این باتری‌ها را در سطح جهانی تولید و توزیع نمایند.



شکل ۱ شماتیک (B) در حالت تخلیه (۰,۳ ولت) و (C) طیف رزونانس مغناطیسی هسته‌ای حالت جامد الکترود ZVO که به طور کامل شارژ و تخلیه شده را نشان می‌دهد.

استفاده شد.

جدول ۱ مواد اولیه به کار برده شده این پژوهش

| ماده | سازنده | خلوص | نقش |
|-----------------|-------------|-------------|------------------|
| نیترات آهن ۹ آب | Merck | بالای ۹۹٪ | منبع Fe^{3+} |
| سولفات آهن ۷ آب | شارلو | بالای ۹۹/۵٪ | منبع Fe^{2+} |
| استات روی ۲ آب | Merck | بالای ۹۹٪ | منبع روی |
| سیتریک اسید | Merck | بالای ۹۹٪ | عامل کیلیت کننده |
| اتیلن گلايكل | Merck | بالای ۹۹٪ | عامل استری کننده |
| سیترات سدیم | دکتر مجلی | بالای ۹۹٪ | اصلاح کننده سطح |
| آمونیاک | Merck | ۲۵٪ - ۳۰٪ | عامل رسوب دهنده |
| متیلنبلو | Merck | بالای ۹۹٪ | عامل آلودگی |
| آب دیونیزه | زالال | | محیط سنتز |
| الکل صنعتی | زکریا چهارم | ۹۶٪ | جهت شستوشو |

۱- سنتز نانو ذرات اکسید روی

برای سنتز نانو ذرات اکسید روی به روش سلژل پکینی در ابتدا ۷۹٪ گرم پودر استات روی دو آب به عنوان منشاء روی، به ۱۹۰ میلی لیتر آب دیونیزه اضافه شد سپس محلول در دمای محیط توسط همزن مغناطیسی با دور بالا به مدت ۲۰ دقیقه هم زده شد. پس از آن مقدار ۲/۲۶۹ گرم سیتریک اسید در ۱۹۰ میلی لیتر آب دیونیزه در دمای ۵۰ درجه حل شد و آرام آرام به محلول حاوی استات روی اضافه شد. سپس مقدار ۲/۶۸۱ گرم اتیلن گلايكل در ۲۰ میلی لیتر آب دیونیزه حل شد و به محلول فوق اضافه گردید، به منظور انجام فعل و انفعالات بهتر شیمیایی با فویل آلومینیومی درب بشر حاوی محلول بسته شد و به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد محلول هم زده شد. سپس محلول فوق به مدت ۱۵۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد برای تبدیل به زیروژل نگه داری و در نهایت در دمای ۲۰۰ درجه

سانتی گراد عملیات پیرولیز انجام شد. در نهایت ژل یکنواخت و خمیری شکلی بدست آمد که برای عملیات کلسیناسیون محصول بدست آمده در کوره در دمای ۴۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفت و در نهایت در داخل کوره تا دمای محیط سرد شد.

۲- سنتز نانوذرات اکسید آهن (مگنتیت)

برای سنتز اکسید آهن به روش همرسوبی به دو نمک Fe^{3+} و Fe^{2+} نیاز داریم، بنابراین با توجه به نسبت ۲ به ۱، Fe^{3+} به Fe^{2+} مقدار ۰/۷۲۷ گرم نیترات آهن ۹ آب و ۰/۲۵ گرم سولفات آهن ۷ آب در ۱۰۰ میلی لیتر آب دیونیزه ریخته شد و با همزن مغناطیسی برای مدت زمان ۲۰ دقیقه به شدت هم زده شد تا رنگ محلول به قهوه‌ای روشن مایل به نارنجی تبدیل شود. پس از زمان مذکور با ثابت نگه داشتن سرعت همزدن محلول، از آمونیاک به عنوان عامل رسوب دهنده استفاده شد، برای این منظور از ۲۰ میلی لیتر آمونیاک ۲۵ درصد، استفاده گردید که به صورت قطره قطره به محلول حاوی یون‌های آهن اضافه شد، با ورود اولین قطره آمونیاک رسوبات تیره رنگی مشاهده گردید. با ادامه روند اضافه کردن آمونیاک، رنگ محلول از قهوه‌ای به قهوه‌ای تیره و سپس سیاه رنگ که نشان دهنده‌ی سنتز مگنتیت می‌باشد تبدیل شد. دمای محلول در طول روند سنتز بین ۷۰-۸۰ درجه سانتی گراد نگه داری شد. این محلول به مدت یک ساعت در این دما هم زده شد. در پایان این فرایند رسوبات حاصله با استفاده از سانتریفیوژ جدا سازی شد و ۲ بار با الکل ۹۶ درصد و ۲ بار با آب دیونیزه شست و شو داده شد تا ناخالصی‌های احتمالی موجود در نانوذرات جداسازی شود و در پایان در آن خلا در دمای ۳۰ درجه خشک شد. در ادامه برای جلوگیری از آلوده شدن سطح فعال نانوذرات اکسید آهن و همچنین پراکنده سازی آن در آب دیونیزه نیاز به اصلاح سطح این نانو ذرات می‌باشد.

۳- سنتز نانوکامپوزیت Fe_3O_4 -ZnO

برای تهیه نانوکامپوزیت Fe_3O_4 -ZnO در ابتدا مقدار ۰/۷۹ گرم نمک استات روی ۲ آب به در ۱۸۰ میلی لیتر آب دیونیزه توسط همزن مکانیکی در دمای محیط به خوبی حل شد. سپس مقدار ۲/۲۶۹ گرم پودر سیتریک اسید در ۱۸۰ میلی لیتر آب دیونیزه ریخته شد و محلول در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد توسط همزن مکانیکی همزده شد. محلول دیگری به طور مشابه با نسبت‌های گفته شده آماده شد سپس مقادیر ۰/۰۴ و ۰/۰۸ گرم پودر مگنتیت اصلاح شده به ۴۰ میلی لیتر آب دیونیزه به طور جداگانه در دو بشر اضافه شدند و به مدت نیم ساعت تحت لرزش‌های فراصوتی توسط آلتراسونیک پروبی قرار گرفتند. سپس برای هر کدام از محلول‌های حاوی اکسید آهن مقدار ۲/۶۸۱ گرم اتیلن گلايكل اضافه شد و هر کدام به مدت ۱۵ دقیقه تحت لرزش‌های فراصوتی قرار گرفتند. سپس محلول‌های حاوی سیتریک اسید را به محلول‌های در حال همزده شدن حاوی نمک استات روی به آرامی اضافه می‌شود و پس از پنج دقیقه محلول حاوی نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده و اتیلن گلايكل به صورت قطره قطره اضافه شد. هر کدام از محلول‌های حاصل در دمای ۹۵ درجه به مدت ۱۵۰ دقیقه رفلاکس شدند و پس از آن به مدت ۱۵۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه نگه داری و سپس در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد خشک شد. محصول بدست آمده در کوره عملیات حرارتی در دمای ۴۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت کلسینه شد. پودرهای کلسینه شده به ترتیب NC1 و NC2 نامیده شدند.

نتایج و بحث

• تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر اکسید روی

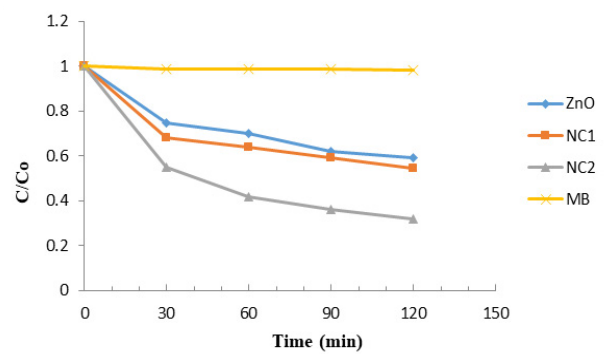
در شکل ۲ تصاویر مربوط به پودر ZnO سنتز شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتی گراد نشان داده شده است. همانطور که از روی شکل و اندازه‌گیری‌های انجام شده مشخص می‌باشد متوسط اندازه ذرات ۳۰/۶۸ نانومتر می‌باشد.

گسترده به عنوان هسته برای اکسید روی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷]. یکی از روش‌های رایج تولید مگنتیت روش همرسوبی می‌باشد در این روش معمولاً پودر نانومتری مگنتیت در اثر واکنش بین یک اسید و باز رسوب می‌کند [۸] اما برای تولید اکسید روی و کامپوزیت هسته-پوسته اکسید آهن/اکسید روی می‌توان از روش سل-ژل پکینی استفاده نمود در این فرآیند از نمک فلز (نیترات، استات، کلرات و...) به عنوان پیش ماده و سیتریک اسید به عنوان لیگاند کیلیت یون‌های فلزی و اتیلن گلايكل به عنوان پل ارتباطی برای تشکیل رزین پلیمری در مقیاس مولکولی استفاده می‌گردد تا از آگلومره شدن یون‌های فلزی جلوگیری شود و یک ترکیب همگن بدست آید [۹] Jian Wang و همکارانش، در سال ۲۰۱۵، با استفاده از روش شیمیایی دو مرحله‌ای، نانوذرات اکسید آهن/اکسید روی را سنتز کردند. در این پژوهش از تست‌های TEM، UV، XRD و PL استفاده شد. سایز اندازه ذرات گزارش شده معادل ۶۰ نانومتر بود. مقدار مغناطیس اشباع در نانوذرات کام (emu/g) ۵,۹۶ برای جداسازی مغناطیسی کافی بود و به عنوان کاتالیزور قابل استفاده مجدد در تصفیه فاضلاب استفاده شد [۱۰]. Manouchehr nikazar و همکارانش، در سال ۲۰۱۴، نانوذرات اکسید روی/اکسید آهن را با روش همرسوبی سنتز کردند. بهترین شرایط برای سنتز کاتالیزور در دمای کلسینه کردن ۵۵۰ درجه سانتی گراد و زمان ۷۰ دقیقه و کلسینه کردن برای مولکول اکسید روی/اکسید آهن در زمان ۱۲۰ دقیقه بدست آمد. آنالیزهای XRD و FTIR نشان داده بود که پوشش به خوبی انجام شده است. تصاویر SEM سایز نانوذرات اکسید روی/اکسید آهن را ۴۸ نانومتر نشان داد و پس از بررسی عملکرد آن متوجه شدند که نانوذرات اکسید روی/اکسید آهن می‌تواند یک کاتالیزور قابل بازیافت برای فنل باشد [۱۱]. در این پژوهش ابتدا پودر نانومتری مگنتیت (Fe_3O_4) با روش همرسوبی تولید شد سپس از روش سل-ژل پکینی برای تولید ساختار هسته-پوسته اکسید آهن/اکسید روی استفاده شد.

مواد و روش تحقیق

از مواد موجود در جدول ۱ در این پژوهش

پیک را داشت که دلالت به کم بودن خواص فوتولومینسانس این نمونه می‌بود. نمونه NC2 در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارای باز ترکیبی کمتری است بنابراین به هنگام تابش اشعه UV، با پرش الکترون از نوار ظرفیت به نوار هدایت ZnO، زوج الکترون و حفره‌ی تولید شده باعث تجزیه متیلن بلو شده و غلظت یون متیلن بلو را ۶۸ درصد طی دو ساعت کاهش می‌دهد.



شکل ۶ بررسی رنگبری متیلن بلو توسط نمونه‌های اکسید روی، NC1 و NC2

نتیجه‌گیری

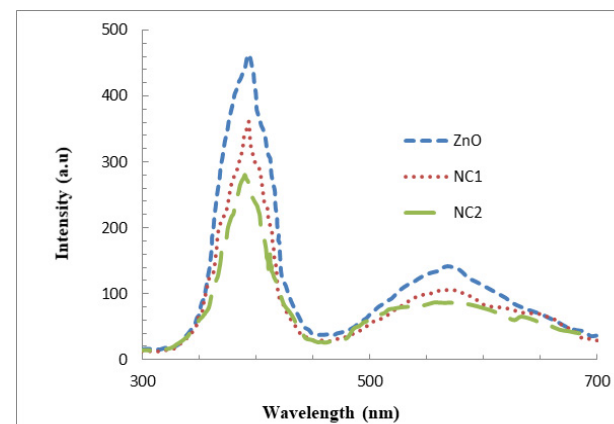
۱- سل-ژل پکینی روش مناسبی برای تولید ذرات با سایز نانویی می‌باشد.

۲- متوسط سایز ذرات مشاهده شده با توجه به آنالیز SEM برای اکسید آهن (مگنتیت) ۲۶/۳۷ نانومتر، برای اکسید روی ۳۰/۶۸ نانومتر و برای نانوکامپوزیت‌های NC1 و NC2 به ترتیب ۳۳/۹۵ نانومتر و ۴۴/۱۴ نانومتر شد.

۳- در تصاویر نانوکامپوزیت اکسید آهن (مگنتیت) / اکسید روی با مقایسه‌ی NC1 و NC2، با افزایش مقدار اکسید آهن به دلیل وجود نانوذرات بیشتر برای تشکیل جوانه‌های اکسید روی، اندازه ذرات ریز شد.

۴- با افزایش درصد اکسید روی بر روی سطوح نانوذرات اکسید آهن (مگنتیت) و یا کاهش درصد Fe_3O_4 اندازه ذرات کامپوزیت درشت‌تر می‌شود ولی مورفولوژی تقریباً ثابت مانده است. به هنگام ساخت کامپوزیت اکسید روی / اکسید آهن، نانو ذرات Fe_3O_4 به صورت مکان‌هایی برای تشکیل ZnO بر روی آن‌ها عمل نموده و هرچه درصد Fe_3O_4 بیشتر باشد مکان لازم برای جوانه‌زنی اکسید روی بیشتر است پس انتظار داریم دانه‌بندی ریزتری

در طیف فوتولومینسانس دو پیک مشاهده می‌شود، یکی در ناحیه فرابنفش و دیگری در ناحیه مرئی می‌باشد. پیک بوجود آمده در ناحیه UV به علت باز ترکیبی الکترون-حفره در طی فرایند برخورد اکسایتون-اکسایتون می‌باشد که به اصطلاح نشر مجاور لبه باند (NBE) نامیده شده است. از طرفی نشر در سطح عمیق انرژی (DLE) در محدوده مرئی و به علت جاهای خالی اکسیژن و مکان‌های بین‌نشین بوجود می‌آید. هرچقدر کریستال مورد نظر کامل‌تر باشد پیک حاصل از آن در ناحیه فرابنفش بلندتر و پیک در ناحیه مرئی کوتاه‌تر می‌شود. در شکل ۵ همانطور که مشاهده می‌شود نمونه NC2 دارای پیک کوتاه‌تری در ناحیه مرئی است، پس عیوب شبکه‌ای کمتری دارد. همچنین در ناحیه UV هم پیک کوتاه‌تری دارد که یعنی نشر کمی دارد و پس نمونه NC2 باید خواص فوتولومینسانس ضعیف‌تر ولی خواص فوتوکاتالیستی بهتری داشته باشد.

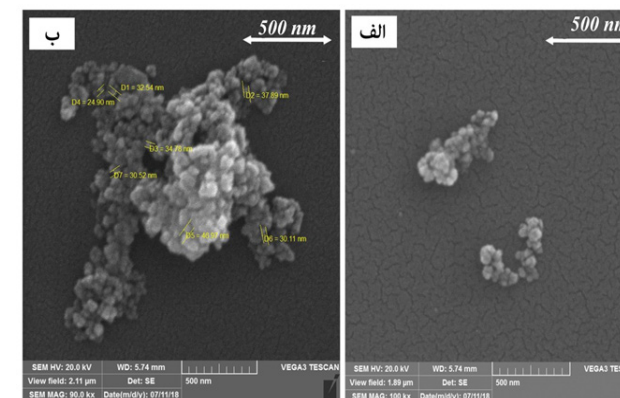


شکل ۵ نمودار فوتولومینسانس نمونه‌های اکسید روی، NC1 و NC2

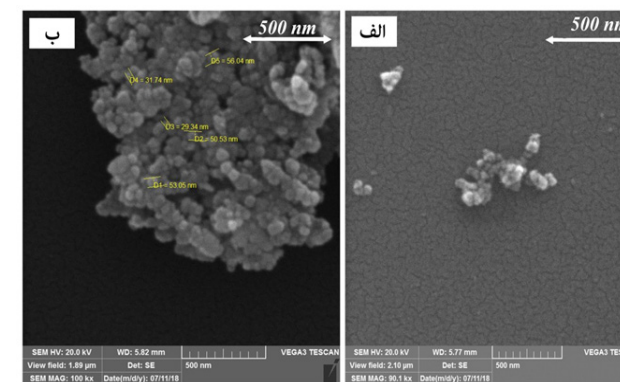
• بررسی خواص فوتوکاتالیستی

شکل ۶ تغییرات غلظت متیلن بلو بر حسب زمان در مجاورت نمونه‌های مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود به دلیل رنگبری بهتر نمونه NC2 این نمونه می‌تواند خواص فوتوکاتالیستی مناسب‌تری نسبت به دو نمونه دیگر داشته باشد. نکته‌ی قابل توجه این است که در شکل ۵، نمونه NC2 کوتاه‌ترین

مشهود است (شکل ۴) با افزایش درصد اکسید روی بر روی سطوح نانوذرات اکسید آهن (مگنتیت) و با کاهش درصد Fe_3O_4 اندازه ذرات کامپوزیت درشت‌تر می‌شود ولی مورفولوژی تقریباً ثابت مانده است. به هنگام ساخت کامپوزیت اکسید روی / اکسید آهن، نانو ذرات Fe_3O_4 به صورت مکان‌هایی برای تشکیل ZnO بر روی آن‌ها عمل نموده و هرچه درصد Fe_3O_4 بیشتر باشد مکان لازم برای جوانه‌زنی اکسید روی بیشتر است پس انتظار داریم دانه‌بندی ریزتری بدست آید با کاهش درصد Fe_3O_4 چون مکان‌های جوانه‌زنی و افزایش درصد روی، بنابراین دانه‌بندی کامپوزیت درشت خواهد شد و اندازه متوسط ذرات افزایش می‌یابد. اندازه متوسط ذرات کامپوزیت NC1 Fe_3O_4 برابر با ۳۳/۹۵ نانومتر و کامپوزیت NC2 Fe_3O_4 برابر با ۴۴/۱۴ نانومتر می‌باشد.

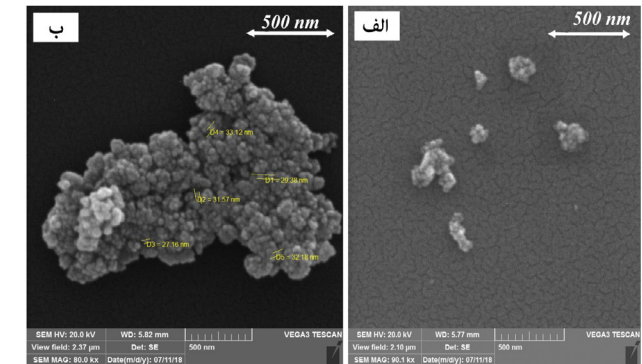


شکل ۳ تصاویر SEM از نمونه نانوکامپوزیتی NC1



شکل ۴ تصاویر SEM از نمونه نانوکامپوزیتی NC2

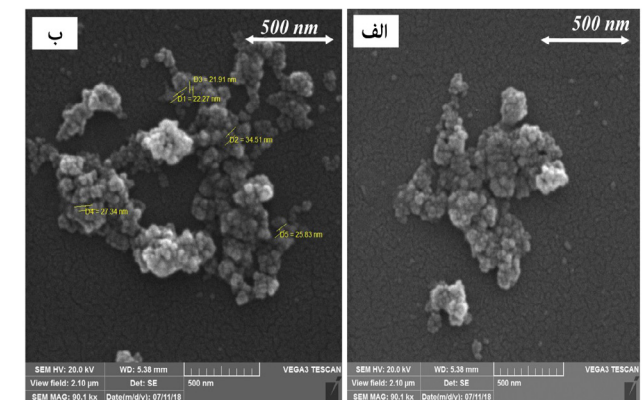
• بررسی خواص فوتولومینسانس نانوذرات سنتز شده



شکل ۲ تصاویر SEM از نانو ذرات کروی شکل اکسید روی

• تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی اکسید آهن (مگنتیت) سنتز شده به روش هم‌رسوبی

در شکل ۳ تصاویر مربوط به نانو ذرات مگنتیت قابل مشاهده است.



شکل ۳ تصاویر SEM نانوذرات کروی شکل مگنتیت

همانطور که مشاهده می‌کنید ذرات اکسید آهن دارای اندازه متوسط ۲۶/۳۷ نانومتر هستند همچنین مورفولوژی نانوذرات کروی شکل می‌باشد که همین مورفولوژی باعث بهتر پوشش داده شدن نانوذرات اکسید آهن توسط اکسید روی، در مرحله‌ی ساخت نانوکامپوزیت می‌شود. اندازه نانویی ذرات اکسید آهن باعث می‌شود که این اکسید خاصیت سوپر پارامغناطیس خوبی را از خود نشان دهد.

• تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوکامپوزیت اکسید روی / اکسید آهن

در شکل‌های ۴ و ۵ تصاویر دو کامپوزیت با نسبت Fe_3O_4 متفاوت نمایش داده شده است. همانطور که

فرآیند ساخت افزایشی (AM) _ Additive Manufacturing

عزیز شفیعی، استاد بخش مواد، دانشگاه شیراز
فاطمه زارعی، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز

مبنای این فناوری به این صورت است که مدلی که در ابتدا با استفاده از یک سیستم طراحی سه بعدی به کمک رایانه (3D CAD) تولید می‌شود، بدون نیاز به برنامه ریزی برای فرایندهای مختلف تولیدی می‌تواند به طور مستقیم از مدل طراحی شده در یک مرحله ساخته شود. اگرچه این موضوع در واقعیت به همان سادگی که در ابتدا به نظر می‌رسد نیست، اما فناوری AM قطعاً روند تولید اشیاء پیچیده سه بعدی بصورت مستقیم از داده‌های CAD را ساده می‌کند. سایر فرایندهای ساخت نیاز به یک تحلیل دقیق و جزیی از هندسه قطعه برای تعیین مواردی از قبیل ترتیب ساخت قسمت‌های مختلف، ابزارها و فرایندهایی که باید استفاده شود و فرایندهای تکمیلی که ممکن است برای نهایی کردن قطعه مورد نیاز باشد، دارند. در مقابل، AM فقط تنها به برخی از جزئیات ضروری ابعادی، و فهم کلی از نحوه کارکرد دستگاه AM و مواد مورد استفاده نیاز دارد [۱].

نکته اصلی در مورد نحوه عملکرد AM این است که قطعات با قرار دادن مواد بصورت لایه لایه روی هم ساخته می‌شوند. هر لایه یک سطح مقطع نازک از قطعه است که اطلاعات آن از داده‌های اصلی CAD گرفته شده است. لایه‌ها هرچقدر نازک‌تر باشند، قطعه‌ی بدست آمده به قطعه‌ی اصلی نزدیک‌تر خواهد بود. در تمامی دستگاه‌های AM تجاری شده تا به امروز از همین روش مبتنی بر اتصال لایه به لایه مواد استفاده شده و تفاوت آن‌ها در مواد مورد استفاده، نحوه ایجاد لایه‌ها و همچنین چگونگی اتصال لایه‌ها به یکدیگر است. این فناوری را می‌توان به عنوان انقلابی در توسعه محصولات و روش‌های تولید توصیف کرد. برخی حتی ذکر کرده‌اند که اگر AM به مرحله نهایی توسعه خود برسد، دیگر شاهد روش‌های تولید به شکلی که امروزه می‌شناسیم نخواهیم بود. صرف

انقلاب صنعتی را می‌توان از لحاظ تاریخی به چهار دوره تقسیم‌بندی کرد:

(۱) تغییر از تولید دستی به تولید با ماشین مولد بخار، از سال ۱۷۶۰ تا سال ۱۸۳۰

(۲) انقلاب صنعتی در فاصله زمانی ۱۸۴۰ تا ۱۹۴۰ با توسعه‌ی مواد در مقیاس بزرگ و تولید انرژی و گسترش کارخانه‌ها

(۳) جنبش دیجیتال محور، از سال ۱۹۴۰ تاکنون با انتقال از سیستم‌های آنالوگی، مکانیکی، و الکترونیکی به تکنولوژی عجین شده با دیجیتال، و (۴) چهارمین انقلاب صنعتی به عنوان ساخت دیجیتالی بدون واسطه به وسیله‌ی اتوماسیون سازه‌ای مدرن، ارتباط متقابل داده‌ها و فن آوری‌های پیشرفته تولید از سال ۲۰۱۰ [۱].

ساخت افزایشی یکی از مؤلفه‌های اصلی در چهارمین انقلاب صنعتی است که تا سال ۲۰۳۰ می‌تواند هر شرکت تولیدی را دچار تغییر و تحول کند [۱،۲]. ساخت افزایشی به طور رسمی در استاندارد ASTM F2792 برای کاربردهای تکنولوژیکی طبقه بندی شده و به عنوان فرآیند اتصال لایه به لایه‌ی مواد برای تولید قطعه از داده‌های مدل و در نقطه مقابل روش‌های معمول ساخت مانند ماشین کاری تعریف شده است [۳]. بنابراین، این نوآوری می‌تواند طیف گسترده‌ای از فناوری‌های بالقوه جهت تبدیل مدل سه بعدی به یک قطعه نهایی را در یک فرایند سریع و آسان مهیا کرده و در عین حال مزایای زیادی را از نظر مواد، پیچیدگی، دقت، هندسه و برنامه نویسی نسبت به ماشین کاری CNC را به همراه دارد. کاهش نیاز به مونتاژ، زمان نظارت و کار تخصصی از دیگر مزایای فن آوری ساخت افزایشی است [۳].

- Linsebigler, A.L., G. Lu, and J.T. Yates Jr, *Photocatalysis on TiO₂ surfaces: principles, mechanisms, and selected results*. Chemical reviews, 1995. 95(3): p. 735-758.
- Wang J, Yang J, Li X, Wang D, Wei B, Song H, Li X, Fu S. Preparation and photocatalytic properties of magnetically reusable Fe₃O₄@ZnO core/shell nanoparticles. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*. 2016 Jan 1;75:66-71.
- Chen F, Xie S, Zhang J, Liu R. Synthesis of spherical Fe₃O₄ magnetic nanoparticles by co-precipitation in choline chloride/urea deep eutectic solvent. *Materials Letters*. 2013 Dec 1;112:177-9.
- Guo H, Yin M, Dong N, Xu M, Lou L, Zhang W. Effect of heat-treatment temperature on the luminescent properties of Lu₂O₃: Eu film prepared by Pechini sol-gel method. *Applied surface science*. 2005 Apr 30;243(1-4):245-50.
- Wang, J., et al., Preparation and photocatalytic properties of magnetically reusable Fe₃O₄@ ZnO core/shell nanoparticles. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 2016. 75: p. 66-71.
- Nikazar, M., et al., The optimum conditions for synthesis of Fe₃O₄/ZnO core/shell magnetic nanoparticles for photodegradation of phenol. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 2014. 12(1): p. 21.

بدست آید با کاهش درصد Fe₃O₄ چون مکان‌های جوانه‌زنی و تشکیل اکسید روی کاهش می‌یابد و با توجه به افزایش درصد روی، بنابراین دانه‌بندی کامپوزیت درشت خواهد شد و اندازه متوسط ذرات افزایش می‌یابد.

۵- نمونه NC2 دارای پیک کوتاه‌تری در ناحیه مرئی است، پس عیوب شبکه‌ای کمتری دارد. همچنین در ناحیه UV هم پیک کوتاه‌تری دارد که یعنی نشر کمی دارد و پدیده‌ی بازترکیبی حفره-الکترون آن کمتر است.

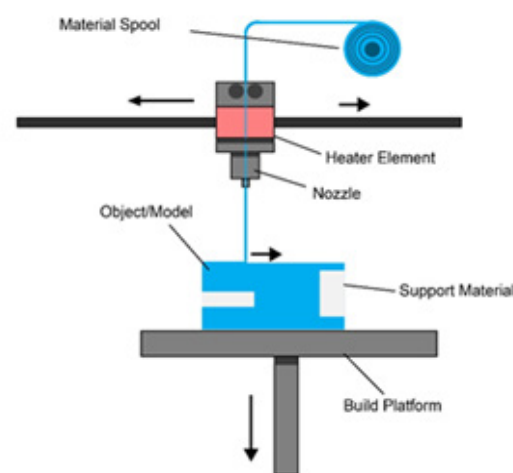
۶- کامپوزیت سازی با نسبت gr/0.4 اکسید آهن (مگنتیت) به gr/0.79 استات روی دو آبه که NC2 نامگذاری شد، بهترین نتیجه در رنگبری را دارد.

منابع

- Lee SY, Park SJ. TiO₂ photocatalyst for water treatment applications. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2013 Nov 25;19(6):1761-9.
- Fagan, R., et al., *A review of solar and visible light active TiO₂ photocatalysis for treating bacteria, cyanotoxins and contaminants of emerging concern*. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 2016. 42: p. 2-14.
- Yu, J., T. Ma, and S. Liu, *Enhanced photocatalytic activity of mesoporous TiO₂ aggregates by embedding carbon nanotubes as electron-transfer channel*. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2011. 13(8): p. 3491-3501
- Jaramillo-Páez, C., et al., *High UV-photocatalytic activity of ZnO and Ag/ZnO synthesized by a facile method*. *Catalysis Today*, 2017. 284: p. 121-128.
- Chattopadhyay, K. K., Maiti, S., & Pal, S. (2015). Recent advances in low temperature, solution processed morphology tailored ZnO nano-architecture for electron emission and photocatalysis applications. *CryStEng-Comm*, 17, 9264-9295.
- Kislov, N., et al., *Photocatalytic degradation of methyl orange over single crystalline ZnO: orientation dependence of photoactivity and photostability of ZnO*. *Langmuir*, 2009. 25(5): p. 3310-3315.

اکستروژن مواد^۴

در این روش، مواد از داخل نازل عبور کرده و گرم می‌شوند و سپس بصورت لایه به لایه نشانده می‌شوند. نازل به صورت افقی حرکت کرده و سکویی که قطعه روی آن ساخته می‌شود، بعد از نشاندن هر لایه جدید به صورت عمودی حرکت می‌کند. این روش در بسیاری از چاپگرهای سه بعدی ارزان قیمت و خانگی متداول بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. فاکتورهای زیادی بر کیفیت قطعه نهایی حاصل از این فرایند تأثیر می‌گذارد. که در صورت موفقیت آمیز بودن کنترل این فاکتورها، این روش از پتانسیل و قابلیت اطمینان بالایی برخوردار است. در این روش مواد از طریق یک نازل تحت فشار ثابت و در یک جریان پیوسته اضافه می‌شوند. لازمه دستیابی به نتایج دقیق این است که فشار و سرعت خروج مواد از نازل حین فرآیند ثابت نگاه داشته شود [۱]. لایه‌های مواد را می‌توان با کنترل دما یا با استفاده از مواد شیمیایی به یکدیگر پیوند داد. شکل‌های دیگری از این فرآیند مشابه با فرآیند همزن اصطکاکی^۵ (FSP) و نیز سطح کاری اصطکاکی^۶ (FS) اخیراً مطرح شده است.



ذوب بستر پودر^۷ (PBF)

فرآیند ذوب بستر پودر شامل روش‌های

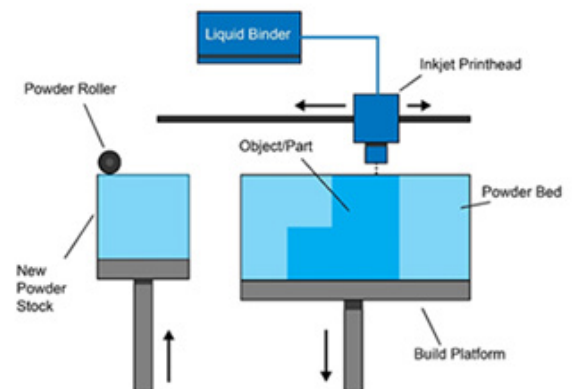
- Material Extrusion^۴
- Friction Stir Processing^۵
- Friction Surfacing^۶
- Powder Bed Fusion^۷

از آنجا که مواد باید به صورت قطره قطره نشانده شوند، تنوع مواد قابل استفاده در این روش محدود است. پلیمرها و موم‌ها به خاطر گرانشی مناسب و توانایی شکل‌گیری قطره‌های، از مواد مناسب و متداول در این روش هستند.

پاشش چسب^۳

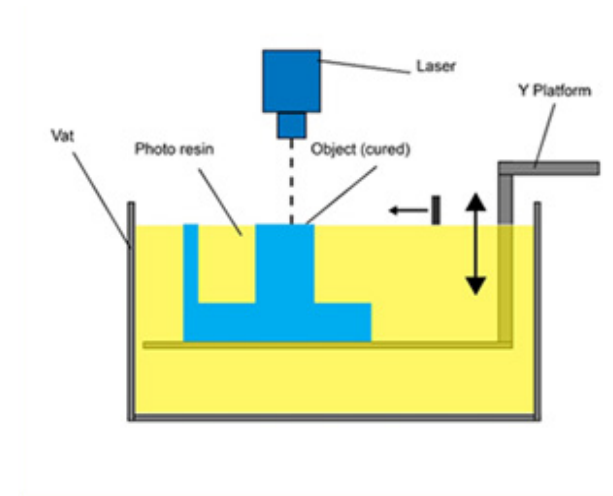
در این فرایند از پودر به عنوان ماده اصلی و چسب برای اتصال لایه‌های پودری به یکدیگر استفاده می‌شود. به این صورت که نازل دستگاه در راستای افقی در امتداد محورهای X و Y حرکت و به شکل تناوبی لایه‌هایی از مواد اصلی و چسب را بر روی سطح می‌نشاند. قطعه در حال ساخت توسط سکویی که در زیر آن قرار دارد در هر مرحله به اندازه ضخامت یک لایه به سمت پایین حرکت داده می‌شود. با توجه به استفاده از چسب برای اتصال، خواص قطعه تولیدی برای استفاده آن به عنوان یک قطعه سازه‌های مناسب نبوده و همچنین علی‌رغم سرعت نسبتاً بالای این فرآیند، به دلیل نیاز به انجام فرایندهای ثانویه، زمان قابل توجهی به روند کلی اضافه می‌شود.

همانند سایر روش‌های تولید بر پایه‌ی پودر، در اینجا نیز بستر پودر از قطعه در حال ساخت بصورت مکانیکی پشتیبانی کرده و پس از اتمام فرایند از آن جدا می‌شود. این فناوری اغلب به عنوان فناوری 3DP نیز شناخته می‌شود.



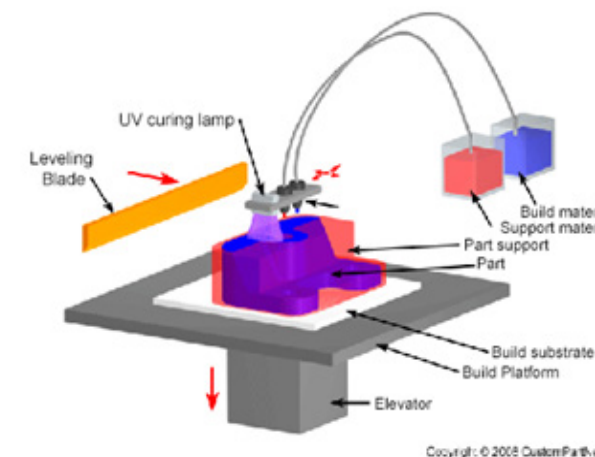
Binder Jetting^۳

و با پرتو ماوراء بنفش جامد سازی می‌شوند. به گونه‌ای که نور با استفاده از آینه‌های قابل کنترل با موتور در سطح رزین هدایت می‌شود. قسمت‌هایی از رزین که با نور در تماس باشد جامد می‌شود [۱].



پاشش مواد^۲

در این روش قطعه با روشی مشابه با پرینتر جوهر افشان دو بعدی تولید می‌شود. به این صورت که مواد توسط نازلی که بصورت افقی در حال حرکت است بر روی سطح از پیش ساخته شده‌ای بصورت لایه لایه پاشیده شده و جامد می‌شوند. ماشین آلات از نظر پیچیدگی و روش‌های کنترل لایه نشانی مواد متنوع هستند. لایه‌های پاشیده شده در هر مرحله با استفاده از نور ماوراء بنفش (UV) سخت و جامد می‌شوند.



Material Jetting^۲

نظر از پیچیدگی قسمت‌هایی از قطعه، تولید به وسیله AM بطور کلی در یک مرحله انجام می‌شود. در حالی که در دیگر فرایندهای تولید عموماً نیاز به انجام مراحل متعدد و تکراری است و هرچقدر طرح قطعه دارای جزئیات بیشتری باشد، تعداد این مراحل به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. با ساخت افزایشی می‌توان بسیاری از این فرایندهای چند مرحله‌ای را حذف و یا حداقل ساده کرد [۱].

اگرچه رسانه‌ها تمایل دارند از اصطلاح "چاپ سه بعدی" به عنوان مترادفی برای کلیه فرایندهای تولید افزایشی استفاده کنند، اما در واقع فرایندهای مجزای زیادی وجود دارند که در روش ساخت لایه‌ها، مواد و همچنین تکنولوژی ماشینی که استفاده می‌کنند با هم متفاوتند. از این رو، در سال ۲۰۱۰، گروه "ASTM F42 - ساخت افزایشی" انجمن آزمایش و مواد آمریکا (ASTM) مجموعه‌ای از استانداردها را تدوین کرده که فرایندهای تولید افزایشی را به ۷ دسته طبقه‌بندی می‌کند. در ادامه هر کدام از این گروه‌ها بطور مختصر توضیح داده شده است.

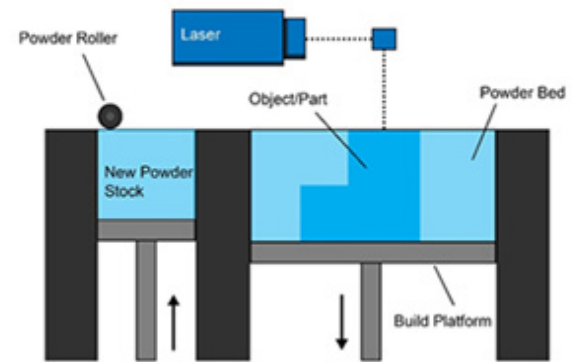
پلیمریزاسیون VAT^۱

در این روش قطعه بصورت لایه به لایه در یک مخزن حاوی رزین فوتو پلیمر مایع ساخته می‌شود. به این صورت که از نور ماوراء بنفش (UV) برای جامد کردن رزین در قسمت‌های مورد نیاز استفاده شده و پس از سخت شدن هر لایه قطعه توسط پایه‌ای که زیر آن قرار دارد به اندازه ضخامت یک لایه به سمت پایین جابجا می‌شود.

برخلاف روش‌های مبتنی بر پودر که در آن‌ها بخش‌هایی از ماده به عنوان نگه‌دارنده سایر بخش‌ها عمل می‌کنند، در این فرایند از آنجا که فاز مایع برای ساختن قطعه استفاده می‌شود، هیچ بخش سازه‌های برای نگه‌داشتن مواد سخت شده وجود ندارد. به همین خاطر در این روش لازم است تا از سازه‌های پشتیبان استفاده شود. رزین‌ها از طریق فرآیند پلیمریزاسیون نوری

Vat Polymerization^۱

متعددی است که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش‌ها شامل تفجوشی مستقیم فلز با لیزر^۸ (DMLS)، ذوب با پرتو الکترونی^۹ (EBM)، ذوب انتخابی با لیزر^{۱۰} (SLM) و تفجوشی انتخابی با لیزر^{۱۱} (SLS) هستند. در همه این روش‌ها از پرتو لیزر یا پرتو الکترونی برای ذوب و تفجوشی پودر مواد مورد نظر به یکدیگر استفاده می‌شود. روش‌های ذوب با پرتو الکترونی (EBM) نیاز به محیط خلأ داشته و با استفاده از آن‌ها می‌توان قطعات کاربردی از انواع مخلف فلزات و آلیاژها را تولید کرد. در تمامی فرآیندهای PBF مواد بصورت پودر از طریق ابزارهای مختلفی از جمله غلتک یا تیغه بر روی لایه قبلی قرار می‌گیرند. تفجوشی مستقیم فلز با لیزر (DMLS) همانند SLS است، با این تفاوت که در این روش بجای مواد پلاستیکی از پودرهای فلزی استفاده شده که لایه به لایه تفجوشی می‌شوند [۱].

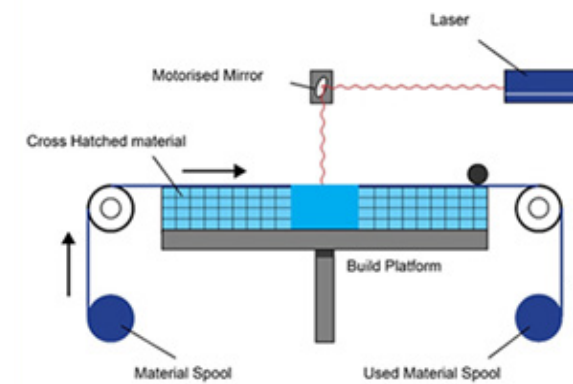


لایه بندی ورق^{۱۲}

فرآیندهای لایه بندی ورق شامل تولید افزایشی اولتراسونیک^{۱۳} (UAM) و ساخت افزایشی با جوشکاری همزن اصطکاکی^{۱۴} (FSWAM) است. در فرآیند تولید افزایشی اولتراسونیک ورق یا نوارهای نازک فلزی با استفاده از جوشکاری مافوق صوت

- ^۸ Direct Metal Laser Sintering
- ^۹ Electron Beam Welding
- ^{۱۰} Selective Laser Melting
- ^{۱۱} Selective Laser Sintering
- ^{۱۲} Sheet Lamination
- ^{۱۳} Ultrasonic Additive Manufacturing
- ^{۱۴} Friction Stir Additive Manufacturing

به یکدیگر متصل می‌شوند. در این فرآیند بطور معمول لازم است تا قسمت‌های متصل نشده و اضافی لایه‌ها ماشین‌کاری و حذف شوند. در روش FSWAD نیز ورق‌های فلزی روی هم قرار گرفته و هر لایه از طریق جوشکاری همزن اصطکاکی به لایه زیری متصل می‌شود. از این روش می‌توان برای ساخت کامپوزیت‌ها نیز استفاده کرد. هر دو این روش‌ها قابلیت ساخت قطعات از فلزات مختلف شامل آلومینیوم، منیزیم، مس، فولاد ضد زنگ و تیتانیوم را داشته و دمای نسبتاً پایین و در حالت جامد^{۱۵} انجام می‌شوند [۱].

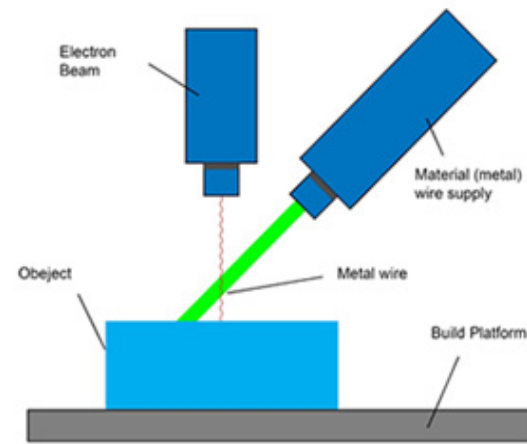


لایه نشانی با اعمال مستقیم انرژی^{۱۶} (DED)

این روش با عنوان دیگری از جمله Laser en-directed light fabrication، gineered net shaping و direct metal deposition 3D laser cladding نیز شناخته می‌شود. این فرآیند در مقایسه با سایر روش‌ها پیچیده‌تر بوده و از آن معمولاً برای ترمیم یا اضافه کردن مواد بیشتر به قطعات موجود نیز استفاده می‌شود [۱]. یک دستگاه معمول DED از نازل نصب شده بر روی بازوی چند محوری تشکیل شده است که مواد از طریق آن بر روی سطح نشانده می‌شوند. این فرآیند با روش‌های اکستروژن مواد مشابه است، با این تفاوت که در این روش نازل می‌تواند در جهات مختلف حرکت کرده و در یک محور خاص ثابت نیست. به دلیل وجود ماشین‌های چهار و پنج محوره، مواد را می‌توان از هر زاویه‌ای روی سطح نشانده.

- ^{۱۵} Solid State
- ^{۱۶} Directed Energy Deposition

مواد به شکل پودر یا سیم از نازل خارج شده و همزمان با لیزر یا پرتو الکترونی ذوب می‌شود. هر چند از این روش می‌توان برای ساخت قطعات پلیمری و سرامیکی هم استفاده کرد، اما از این روش بیشتر برای فلزات استفاده می‌شود [۱].



مهم‌ترین ویژگی کلیدی روش‌های ساخت افزایشی مبتنی بر ذوب و انجماد و همچنین فرآیندهای حالت جامد، استفاده از دانش بنیادی است که طی چندین دهه پژوهش در زمینه متالورژی جوشکاری و فن‌آوری‌های مبتنی بر قوس الکتریکی، پرتوهای با چگالی بالا (لیزر و پرتوی الکترونی) و اتصال حالت جامد بدست آمده‌اند. از این رو بهره‌گیری از دانش و تجربه جوشکاری و اتصال مواد می‌تواند بطور قابل توجهی در درک بهتر فرآیند ساخت افزایشی کمک کند. این درک شامل نحوه اجرای فرآیند، ارتباط پارامترهای فرآیند با ویژگی‌های ریزساختاری و مکانیکی قطعات تولیدی و همچنین شناخت عوامل ایجاد عیوب در قطعات می‌باشد [۴].

ساخت افزایشی قطعات فلزی

در سال‌های اخیر روش‌های ساخت افزایشی با قوس الکتریکی^{۱۷} (WAAM) به دلیل توانایی ساخت قطعات بزرگ فلزی با نرخ رسوب بالا، هزینه کم تجهیزات و استفاده بهینه از مواد به طور فزاینده‌ای مورد توجه بخش‌های تولیدی و صنعتی

- ^{۱۷} Wire and Arc Additive Manufacturing

قرار گرفته و در سال‌های اخیر پیشرفت‌های مداوم و قابل توجهی در توسعه این فناوری صورت گرفته است. امروزه WAAM به یک فرآیند آینده‌دار در زمینه ساخت قطعات فلزی مختلف از جمله تیتانیوم، آلومینیوم، آلیاژهای نیکل و فولاد تبدیل شده است. در مقایسه با فرآیند سنتی ساخت، این فرآیند قادر است بسته به اندازه قطعه زمان ساخت را به میزان ۴۰ تا ۶۰ درصد کاهش دهد. به عنوان نمونه، پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری WAAM امکان ساخت دنده‌های چرخنده‌ی فرود هواپیما را با صرفه جویی حدود ۷۸٪ در مواد اولیه در مقایسه با فرآیند ماشین‌کاری سنتی فراهم کرده است [۵].

در میان هفت نوع فناوری‌های AM، فناوری‌های مبتنی بر پرتو، یعنی ذوب بستر پودر (PBF) و لایه نشانی با اعمال مستقیم انرژی (DED) روش‌های ذوبی پر کاربرد برای ساخت فلزات و آلیاژهای امروزی هستند. برهمکنش پرتو پر انرژی با پودر یا سیم فلزی باعث پیدایش مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیکی پیچیده از جمله ذوب فلز، جریان پویای مذاب و انجماد سریع می‌شود. در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در زمینه این فرآیندها انجام شده و شاهد پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه بهبود ریزساختار و کنترل کیفیت قطعات بوده‌ایم. اگرچه با وجود این پیشرفت‌ها هنوز شکاف قابل توجهی بین آنچه این گونه فناوری‌های پرهزینه و پرانرژی ارائه می‌دهند و آنچه جامعه و صنعت به آن نیاز دارند وجود دارد. به همین خاطر در سال‌های اخیر روش‌های ساخت افزایشی حالت جامد توجهات بسیاری را به سمت خود جلب کرده‌اند [۳].

در سال‌های اخیر چندین فرآیند ساخت افزایشی حالت جامد بدون پرتو توسعه یافته و برای استفاده گسترده امیدوار کننده هستند. انجمن تحقیقاتی ساخت افزایشی فلز^{۱۸} شروع به پذیرش این روش‌های جایگزین کرده و همچنین در سال‌های اخیر کنفرانس‌های متعددی با همین موضوع برگزار شده‌اند [۶].

در روش‌های مبتنی بر ذوب و انجماد احتمال ایجاد عیوب مختلف انجمادی مانند تخلخل و ترک

- ^{۱۸} The metal AM research community

بررسی میزان جذب یون مس موجود در فاضلاب توسط پوست لیمو

فاطمه خلقی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گرایش شناسایی و انتخاب مواد، دانشگاه شیراز
هستی قاندری، دانشجوی کارشناسی ارشد، گرایش شناسایی و انتخاب مواد، دانشگاه شیراز
نغمه شفیعی، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز

چکیده

یکی از مواردی که باعث آلودگی آب می‌شود، فلزات سنگین هستند. آب‌های آلوده شده توسط فلزات سنگین با توجه به اثرات مضرشان، یکی از تهدیدات جدی برای محیط زیست و سلامتی بشر به حساب می‌آید. مس، روی، کادمیم، سرب، جیوه، آهن و نیکل و دیگر فلزات اثرات مخربی بر بدن انسان و دیگر سامانه‌های زیستی دارد [۱]. در این میان مس اثر قابل توجهی بر سلامت عموم به دلیل سمی بودن دارد. حداکثر غلظت مجاز مس ۱/۳ است که در غلظت‌های بالاتر اثراتی از جمله مشکلات عصبی، زردی و مسمومیت‌های کلیوی و کبدی و کم‌خونی مزمن به همراه دارد [۲ و ۳].

در گذشته روش‌های زیادی برای حذف فلزات پیشنهاد شده است. با این حال به دلیل معایب زیاد این روش‌ها امروزه از روش‌های جدیدتری استفاده می‌شود. ترسیب شیمیایی (حذف براساس افزودن منعقدکننده‌های شیمیایی) [۴]، سل‌های الکتروشیمیایی (حذف براساس جذب الکترواستاتیکی)، تبادل یونی (حذف براساس یک جاذب واسطه) [۵]، اسمز معکوس (حذف به کمک غشای نیمه‌تراوا) [۴]، الکترودیالیز (ED)، انعقاد الکتریکی [۶]، گیاه‌پالایی [۷ و ۸] و جذب سطحی از جمله روش‌های مورد استفاده می‌باشد. در این میان، بر جذبش یا جذب سطحی فرایند جذب اتم‌ها یا مولکول‌های موجود در یک مایع یا گاز در تماس با یک سطح جامد است. این جذب به وسیله نیروهای چسبندگی و همدوسی روی می‌دهد. جذب سطحی با نیروهای سست بلندبرد مانند نیروی واندروالسی آغاز و با نیروهای نیرومند کوتاه‌برد مانند یونی و فلزی پایان می‌یابد. بایستی توجه داشت که نیروی کووالانسی همراه

امروزه تصفیه و بازیابی فاضلاب‌ها یکی از چالش برانگیزترین موضوعات جهان به شمار می‌رود. از جمله مهمترین آلودگی موجود در فاضلاب‌ها، فلزات سنگین می‌باشد. مس یکی از فلزات سنگین موجود در پساب‌های صنعتی است. در این تحقیق جذب یون مس توسط پوست لیمو در ابعاد تکه‌ای و خرد شده مورد بررسی قرار گرفته است. مورفولوژی سطح توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شد و نتایج این تصاویر نشان داد که جاذب حاوی تخلخل بوده است. این تست در pH ۴.۷ و در دمای اتاق و در مدت زمان (۵ تا ۱۲۰ دقیقه) انجام شد. ۵ دقیقه اول مقدار غلظت مس در محلول حاوی پوست لیموی تکه‌ای و خرد شده از ۸۰۰۰ ppm به ترتیب به ۵۴۱۲ ppm و ۴۳۳۱ ppm رسید و با گذشت زمان تغییرات چشمگیری مشاهده نشد. در نهایت بررسی‌ها حاکی از آن بود که این جاذب با گذشت زمان در ابعاد تکه‌ای و خرد شده ماده‌ای مناسب برای حذف یون‌های مس بوده است.

کلمات کلیدی: پوست لیموترش، جذب سطحی، یون مس.

مقدمه

آب یکی از سرمایه‌های حیات و منابع انرژی در دنیا می‌باشد. رشد سریع صنعت در کشورهای درحال توسعه، افزایش چشمگیر جمعیت و شهرسازی‌های غیر اصولی به شدت کیفیت آب را تحت تاثیر قرار داده است. در اصطلاح به مجموعه آب‌های آلوده فاضلاب گفته می‌شود.

2018;92:112-224.

- Oliveira JP, Santos TG, Miranda RM. Revisiting fundamental welding concepts to improve additive manufacturing: From theory to practice. Prog Mater Sci 2020;107:1-43.
- Bintao W, Zengxi P, Donghong D, Dominic C, Huijun L, Jing Xc, John N. A review of the wire arc additive manufacturing of metals: properties, defects and quality improvement. Jour Manu Proc 2018;35:127-139.
- Elahinia M, Shayeṣteh Moghaddam N, Taheri Andani M, et al. Fabrication of NiTi through additive manufacturing: a review. Prog Mater Sci 2016;83:630-63.
- Yu HZ, Jones ME, Brady GW, Griffiths RJ, Garcia D, Rauch HA, et al. Non-beam-based metal additive manufacturing enabled by additive friction stir deposition. Scri Mater 2018;153:122-131.

بالا بوده که می‌تواند بر عملکرد مکانیکی قطعات تولید شده تأثیر گذارد. همچنین ناهمسان‌گردی^{۱۹} و تنش‌های باقیمانده و اعوجاج نیز می‌تواند مسئله ساز شود. از این رو توسعه فن‌آوری‌های حالت جامد به منظور جلوگیری از ایجاد این نواقص امر مهم و قابل توجهی است [۶].

فرآیندهای حالت جامد مبتنی بر اصطکاک از قبیل جوشکاری همزن اصطکاکی (FSW) و سطح کاری اصطکاکی (FS) دو فرایند ساخت افزایشی با دمای پایین و هزینه کم هستند که در سال‌های اخیر بخاطر قابلیت‌های منحصر به فردشان مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته‌اند. محصول این فرآیندها دارای ساختار کار شده است که از جهات مختلف بهتر از ساختارهای ریخته‌گری است. علاوه بر این، با استفاده از این فرآیندها می‌توان طیف وسیعی از آلیاژهای مهندسی و کامپوزیت‌ها را با سرعت و کیفیت بالا تولید کرد [۷]. با این حال، به عنوان یک فناوری جدید که اخیراً مورد توجه عموم قرار گرفته است، تحقیقات آن هنوز در یک وضعیت ابتدایی قرار داشته و جنبه‌های اساسی آن کاملاً درک نشده است.

منابع

- Gibson I, Rosen DW, Stucker B. Additive manufacturing technologies: Rapid prototyping to direct digital manufacturing. 2010.
- Harun WSW, Kamariah MSIN, Muhamad N, Ghani SAC, Ahmad F, Mohamed Z. A review of powder additive manufacturing processes for metallic biomaterials. Powder Technol 2018;327:128-51.
- DebRoy T, Wei HL, Zuback JS, Mukherjee T, Elmer JW, Milewski JO, et al. Additive manufacturing of metallic components – process, structure and properties. Prog Mater Sci

با واکنش شیمیایی است و نه تنها در سطح، بلکه در توده ماده نیز عمل می‌کند و بنابراین جزو نیروهای جذب سطحی نیست. هرچه اختلاف دمای بین سطح جامد و مواد جذبی بیشتر باشد، جذب زودتر روی می‌دهد زیرا انرژی گرمایی مواد، نیروی محرکه جذب روی سطح است [۹]. در جدول ۱ به مزایا و معایب هر یک از روش‌های فوق اشاره شده است.

اولین چالش برای محققان علاقه‌مند به این

روش، انتخاب جاذب است. هنگام استفاده از یک جاذب در مقیاس صنعتی، ارزان و در دسترس بودن آن ماده اهمیت زیادی دارد. استفاده از محصولات کشاورزی برای تصفیه آب و فاضلاب شامل دو مزیت مهم برای محیط زیست است [۱۲]: ۱- کاهش میزان پسماندهایی که دفع آن‌ها یک معضل پرهزینه و بزرگ محسوب می‌شود. ۲- تبدیل ضایعات به جاذبه‌ای ارزان قیمت مفید.

جدول ۱ مزایا و معایب روش‌های حذف فلزات سنگین [۱۰ و ۱۱]

| روش | مزایا | معایب |
|--|---|--|
| ترسیب شیمیایی | تصفیه دامنه وسیعی از ppm ساده، ارزان، تصفیه تا حد غلظت‌ها | تولید لجن زیاد، نیاز به PH حساس به افزودن مواد شیمیایی، دشواری جداسازی |
| سل‌های الکتروشیمیایی و انعقاد الکتریکی | قابلیت انتخابی بودن فلز، عدم مصرف مواد شیمیایی، قابلیت دستیابی به فلزات خاص، قابلیت بازیابی | زمان بر بودن، نیاز به سطح وسیعی از الکترودها |
| تبادل یونی | جریان خروجی با کیفیت مطلوب، دسترسی راحت، امکان بازیابی فلزات | آلودگی تبادل گر، عدم تصفیه محلول‌های خیلی غلیظ، هزینه بهره‌برداری بالا |
| اسمز معکوس و الکترودیالیز | قابلیت انتخاب‌گری و جداسازی بالا، مصرف کم مواد شیمیایی | هزینه عملیاتی بالا، نرخ جریان پایین |
| جذب سطحی | سرعت بالا، بادوام و مقرون به صرفه بودن جاذب‌ها، قابلیت احیا جاذب‌ها، عدم تولید ضایعات | قیمت بالای کربن فعال، عدم قابلیت بازیابی |
| گیاه پلائی | ارزان، بدون تولید ضایعات، عدم افزودن مواد شیمیایی | محدود به تصفیه محلول‌های رقیق، نیاز به زمین زیاد |

مفهوم جذب در واقع به تجمع ماده‌ای در فصل مشترک بین دو فاز جامد یا مایع و گاز اشاره دارد. ماده‌ای که در فصل مشترک قرار می‌گیرد، ماده جذب شده و جامدی که تجمع در آن صورت گرفته را جاذب می‌نامند [۱۳]. برای اینکه یک مولکول از فاز سیال جدا شده و بر روی فاز جامد جذب شود، لازم است مسیری را طی کند که شامل پنج مرحله است. در مرحله اول مولکول‌های جذب شونده ابتدا باید مسیری را طی کنند تا به سطح فاز جامد برسند (مرحله ۱ نفوذ لایه‌ای). در مرحله دوم مولکول‌هایی که به سطح جاذب رسیده‌اند باید وارد سوراخ‌های ریز موجود در سطح جامد شوند و در آن‌ها حرکت کنند تا به

مناطق جذب برسند (مرحله نفوذ در خلل و فرج). سپس مولکول پس از رسیدن به منطقه جذب، به سطح متصل شده و به این ترتیب کاملاً جذب سطح می‌شود. در ادامه اتصال مولکول قطع شده و از سطح جدا می‌گردد و در مرحله آخر مولکول به توده برمی‌گردد. ممکن است هر کدام از این مراحل به جز مورد اول و آخر کنترل کننده باشند. معمولاً مرحله سوم آنقدر سریع اتفاق می‌افتد که نمی‌تواند نقش به‌سزایی در سرعت کل داشته باشد. در نتیجه یکی از مراحل دوم و یا چهارم با توجه به شرایط حاکم بر واکنش می‌توانند کنترل کننده سرعت باشند [۱۴].

مهمترین عوامل موثر بر سرعت جذب سطحی عبارتند از میزان اغتشاش در فاز سیال که هرچه این پارامتر افزایش یابد، مولکول‌های جذب شونده می‌توانند به سرعت به سطح برسند، اندازه مولکول‌های جزء جذب شونده که قطر مولکول‌های جذب شونده نباید بیشتر از قطر خلل و فرج جسم جاذب باشد، جنس ماده جذب شونده که در جذب سطحی حلالیت ماده جذب شونده یکی از عامل‌های کنترل سرعت جذب است، میزان قطبیت مولکول‌ها که هرچه این پارامتر کمتر باشد، جذب سریعتر خواهد بود، وزن، شکل و ساختمان مولکولی جز جذب شونده بر میزان جذب تاثیرگذارند و درجه حرارت که چون پدیده جذب سطحی یک فرآیند گرماده است، بنابراین در حرارت‌های بالا ممکن است که سرعت جذب افزایش یابد اما میزان جذب به‌طور کلی کاهش می‌یابد [۱۴].

اولین مطالعه در این زمینه توسط شیل در سال ۱۷۷۳ در ارتباط با جذب گاز توسط زغال چوب و خاک رس صورت گرفت. به دنبال آن تحقیقات زیادی به منظور حذف فلزات سنگین با استفاده از پوست انار [۱۵]، باگاس شکر و پوست تخم‌مرغ [۱۶]، برگ بید [۱۷]، چوب ذرت و پوست گوجه‌فرنگی [۱۸]، پوست خرچنگ [۱۹]، نیلوفر آبی [۲۰] تا به امروز انجام شده است [۲۱].

در این تحقیق، به بررسی میزان جذب سطحی یون مس توسط پوست لیمو پرداخته شده است.

مواد و روش تحقیق

جهت بررسی میزان جذب یون مس از فاضلاب سعی در شبیه‌سازی شرایط شد. بدین منظور و در راستای ساده‌سازی کار و شرایط، از سولفات مس پنج آبه با ترکیب شیمیایی $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ و آب مقطر استفاده شد. از آنجایی که جاذب زیستی انتخابی در این پژوهش، پوست لیموترش بوده است، ابتدا پوست سبز رنگ بیرونی جدا شده و برای رفع چربی‌ها و آلودگی‌های احتمالی روی آن، با آب شسته و در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت

قرار داده تا کاملاً خشک شود. برای تعیین میزان تخلخل موجود در ساختار، بخشی از پوست لیمو ترش توسط دستگاه الکترونی روبشی (SEM) مدل Leicacambridge با ولتاژ کاری ۲۰ KV آنالیز شد. اندازه ذرات جاذب در دو دسته طبقه‌بندی شد (شکل ۱). در ادامه ۶ گرم سولفات مس توسط ترازو مدل KERN-ALJ 220-4NM اندازه‌گیری شد و به ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. برای حل کامل سولفات مس در آب، از مگنت استفاده شد. سپس بشر حاوی محلول، بر روی هیت استیر (Heat stirrer) مدل Stuart CB162 قرار داده شد و تا زمان مشاهده رنگ آبی روشن، هم زدن محلول ادامه یافت. سپس با استفاده از PH سنج مدل Metrohm 827، PH محلول قبل از اضافه کردن جاذب اندازه‌گیری و ۶ گرم جاذب به محلول حاصل اضافه گردید. با اضافه کردن جاذب، PH محلول تغییر می‌کند که جهت حفظ PH در ۷.۴ از هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید یک مولار استفاده شد. به منظور یکنواخت کردن محلول تا پایان آزمایش، محلول به صورت مداوم هم‌زده شد و در زمان‌های ۵، ۱۵، ۲۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ دقیقه پس از ثابت شدن PH، از محلول فوق نمونه‌برداری شد. برای مشخص کردن مقدار مس جذب شده در هر بازه‌ی زمانی، نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل AA240 مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

در شکل‌های ۲ الی ۷ تصاویر سطح پوست لیموی تکه شده قابل مشاهده است. همانطور که از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی در بزرگنمایی‌های متفاوت مشاهده می‌شود، سطح پوست لیمو دارای تخلخل می‌باشد. یکنواختی تخلخل‌ها در بزرگنمایی‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ برابر به خوبی دیده می‌شود و هر تخلخل به صورت منفرد در بزرگنمایی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ برابر قابل مشاهده است که به نظر اندازه این تخلخل‌ها بزرگ می‌رسد. چنین ساختار متخلخلی امکان استفاده به عنوان جاذب را دارد که در ادامه با بررسی آزمون طیف سنج جذب اتمی در مورد میزان جذب این ماده بحث شده است.

با گذشت زمان می‌باشد.

در ادامه تغییرات غلظت یون مس با استفاده از پوست لیمو خرد شده مورد بررسی قرار گرفت. نمودار ۲، نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

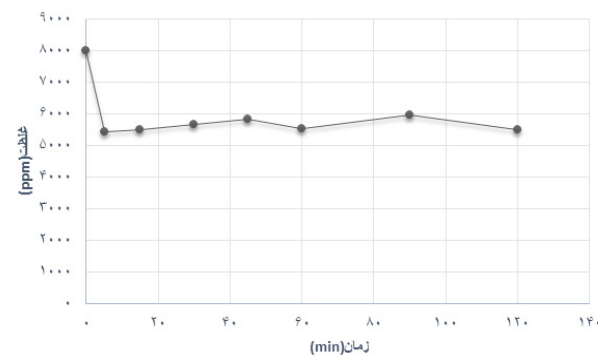
براساس داده‌های به دست آمده، بیشترین مقدار جذب نسبت به مقدار اولیه ۸۰۰۰ ppm، ۴۳۳۱ است که در زمان ۵ دقیقه حاصل شده است.

باتوجه به اینکه جذب به صورت فیزیکی بوده است، نوسانات ایجاد شده در زمان‌های مختلف به این دلیل می‌باشد که ممکن است مقداری از ذرات مس سولفات روی سطح جاذب چسبیده باشد و با گذشت زمان از سطح جدا شده و در محلول رها و موجب افزایش غلظت یون مس شده است.

جدول ۲ نتایج حاصل از آزمون طیف سنج جذب اتمی

| زمان (دقیقه) | غلظت یون مس (ppm) |
|--------------|-------------------|
| ۵ | ۵۴۱۲/۷ |
| ۱۵ | ۵۵۰۶/۳ |
| ۳۰ | ۵۶۵۴/۷ |
| ۴۵ | ۵۸۲۱/۲ |
| ۶۰ | ۵۵۲۸/۶ |
| ۹۰ | ۵۹۵۹/۱۱ |
| ۱۲۰ | ۵۴۹۲/۱ |

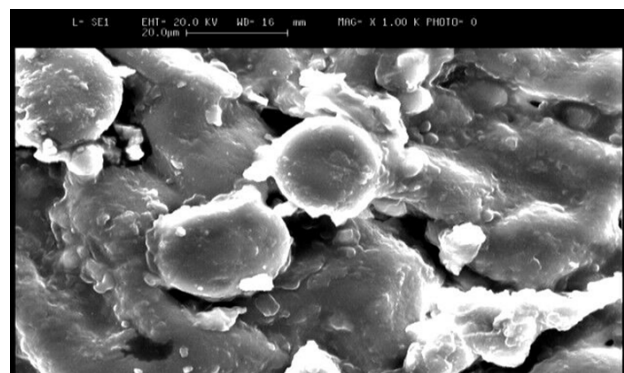
غلظت-زمان



نمودار ۱ تغییرات غلظت یون مس با گذشت زمان با استفاده از پوست لیمو تکه‌ای



شکل ۶ تصویر SEM از سطح پوست لیمو با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر



شکل ۷ تصویر SEM از سطح پوست لیمو با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر

طبق محاسبات انجام شده در ابتدا مقدار ppm ۸۰۰۰ یون مس در محلول موجود بوده است:

$$\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2$$

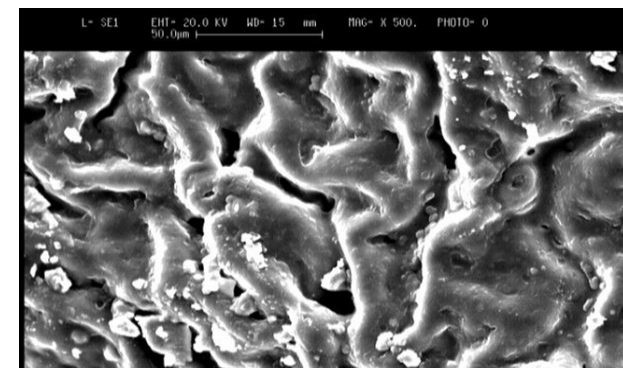
$$\frac{6 \text{ gr CuSO}_4}{(64 + 32 + 4 * 16) \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} * 64 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 2.4 \text{ gr Cu}$$

$$\frac{2.4 \text{ gr Cu}}{300 \text{ mL}} = 8 \frac{\text{gr}}{\text{L}} = 8000 \text{ ppm Cu}^{++}$$

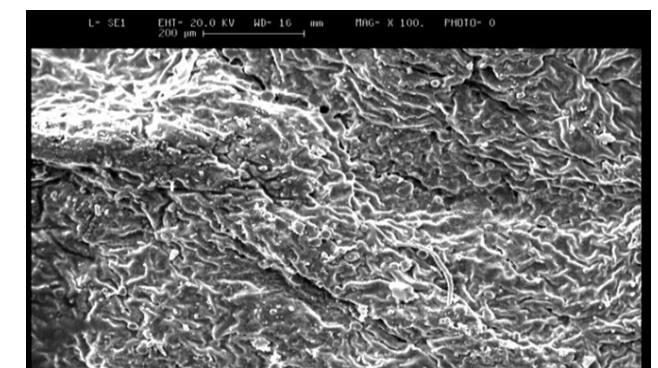
ابتدا تغییرات غلظت مس موجود در محلول با استفاده از پوست لیمو در ابعاد تکه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که از نتایج حاصل مشخص است، یک تغییر غلظت ناگهانی در ۵ دقیقه اول آزمایش اتفاق افتاده است و پس از آن غلظت یون مس در زمان‌های متفاوت تا ۲ ساعت بعد از شروع آزمایش تغییر بخصوصی نداشته و به صورت تقریباً ثابتی باقی می‌ماند. همینطور نمودار ۱ نشان‌دهنده تغییرات غلظت یون مس



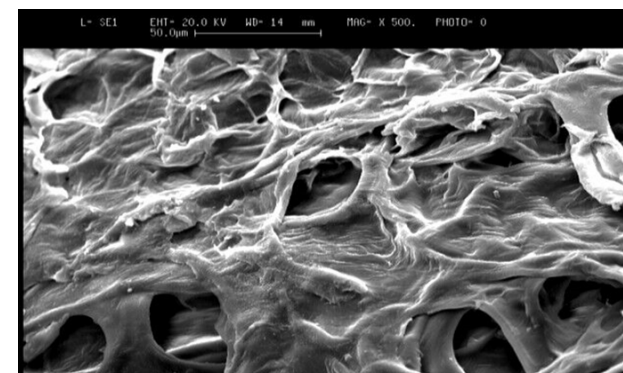
شکل ۱ الف) پوست لیموترش تکه‌ای و ب) پوست لیموترش خرد شده



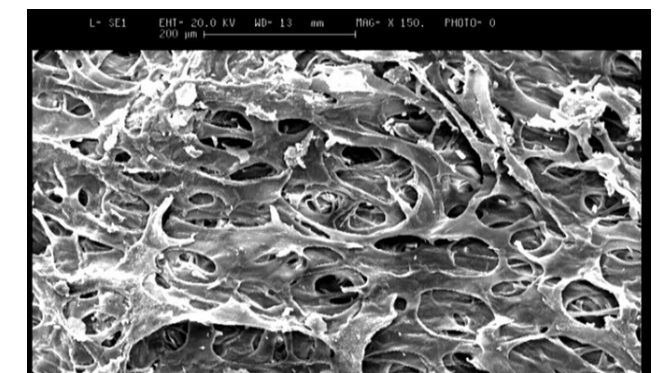
شکل ۴ تصویر SEM از سطح پوست لیمو با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر



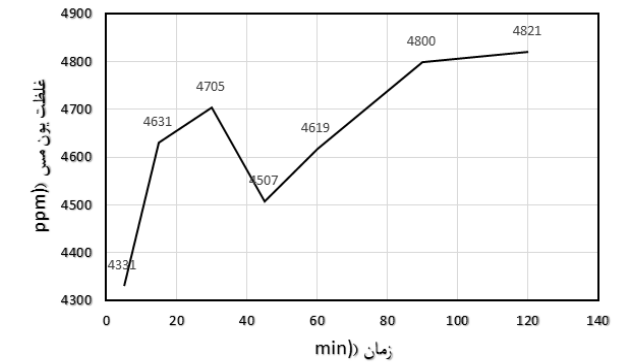
شکل ۲ تصویر SEM از سطح پوست لیمو با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر



شکل ۵ تصویر SEM از سطح پوست لیمو با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر



شکل ۳ تصویر SEM از سطح پوست لیمو با بزرگنمایی ۱۵۰ برابر



نمودار ۲ تغییرات غلظت یون مس با گذشت زمان با استفاده از پوست لیمو خرد شده

طبق مطالعات انجام شده، با افزایش زمان نگهداری جاذب در محلول، بازدهی فرایند افزایش می‌یابد؛ این در حالی است که در مورد پوست لیموترش در همان پنج دقیقه اول، میزان جذب بیشتری مشاهده شد و در مدت زمان کوتاه‌تری نسبت به سایر جاذب‌ها، بازده ۴۷٪ حاصل شد. از طرفی آماده‌سازی جاذب یکی از پارامترهای مهم در انتخاب جاذب است. اکثر جاذب‌های مطرح شده در دیگر پژوهش‌ها نیاز به آماده‌سازی و صرف وقت و هزینه‌ی زیادی دارند؛ اما پوست لیموترش، نیاز به هیچگونه آماده‌سازی اولیه ندارد و همچنین اختلاف حداکثر میزان جذب به دلیل ویژگی‌های هر جاذب همچون ساختار، گروه‌های عملکردی و مساحت سطح است و با توجه به مباحث فوق، پوست لیموترش می‌تواند به عنوان یک جاذب ارزان، در دسترس و فراوان در حذف یون مس استفاده شود و همچنین به دلیل اینکه این جاذب در مدت زمان کوتاه‌تری و بدون آماده‌سازی به بازدهی ۴۷٪ می‌رسد، نسبت به سایر جاذب‌ها برتری دارد.

لیمون با فرمول شیمیایی $C_{10}H_{16}$ مایع بیرنگ هیدروکربنی از کلاس سیکلوتترین است که حاوی خواص ضد میکروبی است. پوست لیمو حاوی مقادیر زیادی از این مایع است. این ماده در ساختار خود دارای ترکیبات فنلی می‌باشد و ساختاری تودرتو دارد که همین عامل باعث جذب یون‌های سنگین در خلل و فرج آن می‌شود. چون سایز پوست لیموها تکه‌ای بود در نتیجه سطح مقطع کمتری نسبت به حالت پودری

داشته و جذب کمتری داشته ولی از لحاظ هزینه آماده‌سازی کمتر بوده و صرفه اقتصادی بیشتری داشته است. در نمودار نشان داده شده که به محض ریختن پوست لیموها در محلول و بعد از گذشت ۵ دقیقه جذب یکباره صورت گرفته و این جذب به صورت فیزیکی بوده و نوسانات ایجاد شده به دلیل چسبیدن ذرات مس سولفات روی سطح جاذب بوده و با گذشت زمان از سطح جدا شده و در محلول رها شده و موجب افزایش غلظت مس شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که پوست لیمو در ابعاد تکه‌ای و خرد شده می‌تواند جاذب مناسبی برای یون مس در آب باشد. با توجه به این که پوست لیمو خرد شده در ۵ دقیقه ابتدایی حدود ۴۷٪ از یون‌های مس را جذب کرده است در مقایسه با پوست لیمو تکه‌ای که در مدت زمان مشابه به ۳۵٪ رسیده است، عملکرد بهتری داشته است و با توجه به کاربرد، این نوع جاذب می‌تواند در نوع خود منحصر به فرد باشد. این موضوع که پوست لیمو بدون هیچ گونه عملیات سطحی یا صرف هزینه و زمان خاصی این مقدار جذب را دارا می‌باشد می‌تواند نکته حائز اهمیتی در استفاده از این جاذب باشد. تصاویر گرفته شده از سطح نمونه نیز ساختار تقریباً یکنواختی را از سطح پوست لیمو به ما نشان می‌دهد که بیانگر میزان تخلخل و توانایی این ماده در جذب یون است.

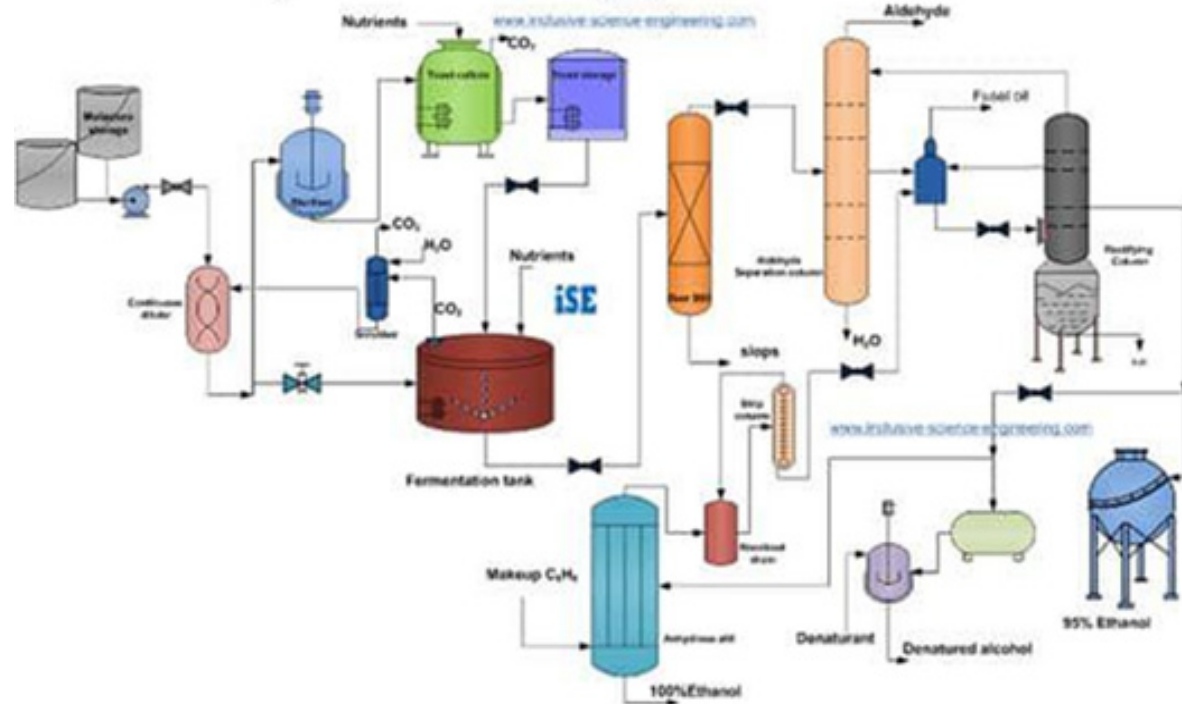
منابع

- M. Ahmaruzzaman, "Industrial wastesas low-cost potential adsorbents for the treatment of wastewater laden with heavy metals" *Adv. Colloid Interdace Sci.*, vol.166, no. 1, pp. 36-59, 2011.
- نعمتی، ر و اسلامی، الف. بررسی حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی با استفاده از فناوری زیست پالایی (مطالعه مروری)، فصل‌نامه بهداشت، دانشگاه شهید

- بهشتی، دانشکده بهداشت، دوره سوم، شماره دو، ۵۱-۴۳، ۱۳۹۴.
- Nagpal, G., Bhattacharya, A., and Singh, N. B. Cu(II) ion removal from aqueous solution using different adsorbents, *Desalin. Water Treat.* vol. 57, no. 21, 9789-9798, 2015.
- Akpor, O. B., Muchie, M. Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications. *Int. J. Phys. Sci.*, vol. 5(12), pp. 1807-1817.
- رفیعی، پ. بررسی حذف همزمان فلزات سنگین نیکل، روی و مس از پساب صنعتی به روش جذب زیستی (پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اراک، اراک، ایران)، ۱۳۹۰.
- موسوی، س. غ. قدرتی، س. بهینه‌سازی فرایند انعقاد الکتریکی در تصفیه فاضلاب نساجی با استفاده از روش سطح. *مجله سلامت و محیط، فصلنامه ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران.* دوره هفتم، شماره دوم، ۲۳۹-۲۵۲، ۱۳۹۳.
- Farraji, H. Wastewater Engineering: Types, Characteristics and Treatment Technologies. 205-218, 2914.
- N Ahalya, and T Ramachandra. Phytoremediation: Processes and Mechanisms. *J. Ecolol.* vol. 18(1), 33-38, 2006.
- WALTER, J., WEBER JR. Adsorption processes. *Pure Appl. Chem.*, vol. 37, 375-392, 1974.
- Das, N., Vimala, R., & Karthica, P. Biosorption of heavy metals – An overview. *Indian J. Biotechnol* (vol. 7), 159-169, 2008.
- Farooq, U., Kozinski, J. A., Khan, M. A. and Athar, M. Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents–A review of the recent literature. *Bioresour. Technol*, vol. 101, 5043-5053, 2010.
- A. Ahmad, M. Rafatullah, O. Sulaiman, M. H. Ibrahim, Y. Y. Chii, and B. M. Siddique, "Removal of Cu (II) and Pb (II) ions from aqueous solutions by adsorption on sawdust of Meranti Wood," *Desalination*, vol. 247, no. 1-3, pp. 636-646, 2009.
- A. Bhatnagar and M. Sillanpää, "Utilization of agro-industrial and municipal waste mate-

- rials as potential adsorbents for water treatment_a review," *Chem. Eng. J.*, vol. 157, no. 2-3, pp. 277-296, 2010.
- Demirbas, A. Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *J. Hazard. Mater.* vol. 157, 220-229, 2008.
- El-Ashtouky, E.-S. Z., Amin, N. K. and Abdelwahab, O. Removal of lead (II) and copper (II) from aqueous solution using pomegranate peel as a new adsorbent. *Desalination*. vol. 223, 162-173, 2008.
- Putra, W.P., Kamari, A., Yusoff, S. N. M., Ishak, C. F., Mohamed, A., Hashim, N., Isa, I.M. Biosorption of Cu (II), Pb (II) and Zn (II) Ions from Aqueous Solutions Using Selected Waste Materials: Adsorption and Characterisation Studies. *J. Encapsulation Adsorpt. Sci.*, vol. 4, 25-35, 2014.
- Boroomand, B., Vafaii, F., Bahrololoom, M. E., Noubactep, C. Testing willow leaves for the removal of Cu²⁺ from aqueous effluents, *Fresenius Environ. Bull*, 2016.
- Vafakhah, S., Bahrololoom, M.E., and Saeedikhani, M. Adsorption Kinetics of Cupric Ions on Mixture of Modified Corn Stalk and Modified Tomato Waste. *J. Water Resour. Prot.* (vol. 8), 1238-1250, 2016.
- جعفرزاده حقیقی فر، ن. منگلی‌زاده، ن. تکدستان، الف. دیداری، م. الف. جذب فلز روی (Zn²⁺) از محلول‌های آبی به وسیله کیتین استخراجی از پوسته خرچنگ کاراپاس. *فصل‌نامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، ۴۷۲-۴۶۲، ۱۳۹۳.*
- معطر، ف. جوادی، الف. کرباسی، ع. منوری، س. م. بررسی توانایی گیاه نیلوفر آبی سفید (*Nymphaea Alba*) در کاهش فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و منگنز) از محلول‌های آبی. *انسان و محیط زیست، پیاپی ۲۷، شماره ۱۶، ۵۰-۴۱، ۱۳۹۰.*
- Abdi, O. and Kazemi, M. A review study of biosorption of heavy metals and comparison between different biosorbents. *J Mater Env. Sci.*, vol. 6, 1386-1399, 2015.

Ethyl alcohol manufacturing by molasses fermentation



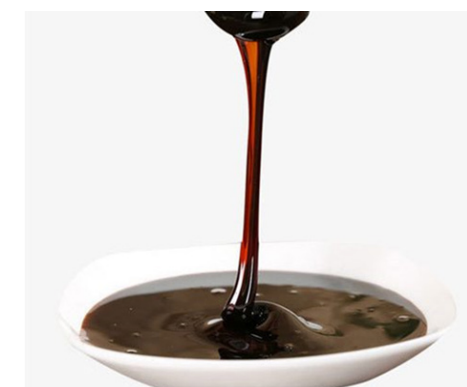
فرایند تولید الکل از ملاس

فاجعه‌ی ملاس بوستون

پارسا محمدیان، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز
 مازیار آقایی، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز
 علیرضا پورشیب، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز

دچار انفجار شد و موج عظیمی از مایعات غلیظ و چسبنده مانند سونامی وارد خیابان شده و باعث کشته شدن ۲۱ نفر و مصدوم شدن بیش از ۱۵۰ نفر شد.

همواره مهندسين زندگي را براي بشر آسان تر کرده‌اند، اما گاهی اوقات کوتاهی آنان در رعایت جوانب ایمنی موجب شده فجایع سهمگینی رخ دهد. در بعدازظهر روز ۱۵ ژانویه سال ۱۹۱۹ مخزن بسیار بزرگی از ملاس ناگهان



ملاس

ملاس یک محصول جانبی در روند تهیه شکر از چغندر قند یا نیشکر است که از آن می‌توان برای تهیه الکل، سرکه و علوفه استفاده کرد. نخست، نیشکر و چغندر قند خرد و له شده و عصاره آن استخراج می‌شود و سپس عصاره، جوشانده شده و به شکل کریستال‌های شکر در می‌آید که از مایع خارج می‌شود. باقیمانده ملاس ضخیم و شربت قهوه‌ای نیز پس از حذف قند می‌ماند.

فرایند تولید الکل از ملاس

طبق نتیجه‌گیری ۲۰۰ شاهد عینی مشخص شد که علت اصلی این اتفاق، اشتباه در جاسازی مایع در داخل مخزن بوده است. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد چندین مشکل اساسی با ساختار مخزن وجود دارد. این مخزن برای نگهداری ۲,۵ میلیون گالن مایع در ابعاد ۵۰ فوت ارتفاع و ۹۰ فوت قطر طراحی شده بود؛ اما دیواره‌های فولادی در ۰,۶۷ اینچ از پایین تا ۰,۳۱ اینچ در بالای مخزن، برای حمایت از وزن یک مخزن کامل ملاس، بسیار نازک بودند.

یک تجزیه و تحلیل در سال ۲۰۱۴ توسط رونالد میویل، مهندس ارشد سازه در مشاوره ماساچوست ارائه داده شد. طبق تحلیل میویل یکی از دلایل وقوع انفجار طراحی پرچها بوده است؛ تنش وارده در سوراخ پرچها جایی که اولین ترکها تشکیل شد، بالاتر از حد تحمل فولاد بوده و باعث خرابی سازه شده بود.

ضخامت ناکافی و طراحی معیوب پرچها نشانه‌های سهل‌انگاری مهندسين در سال ۱۹۱۹ بود. این مخزن در زمستان سال ۱۹۱۵ به سرعت با نیت این که بتواند تقاضای روز افزون الکل

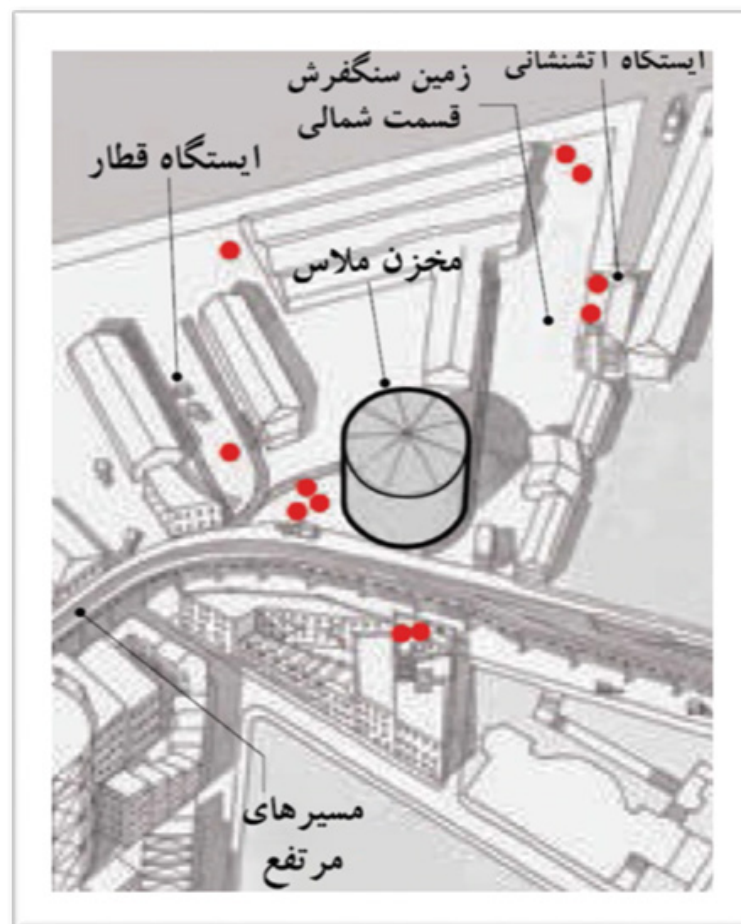
صنعتی (که می‌تواند از ملاس تقطیر شود) را برآورده کند، ساخته شده بود و به شرکت‌های تسلیحاتی فروخته شد تا از آن برای ساخت دینامیت و سایر مواد منفجره در جنگ جهانی اول استفاده شود. به جای بررسی تانک و پرکردن آن با آب (به منظور تست کردن شکست مخزن) سازمان الکل صنعتی ایالات متحد، تمامی اظهارها (شامل صدهای نابهنجار بدنه تانک هنگام پر کردن آن) را نادیده گرفت. ایمن نبودن مخزن آنقدر آشکار بود که حتی کودکان قبل از انفجار تانک، با لیوان از ترک‌های آشکار روی بدنه ملاس شیرین جمع می‌کردند.

مهندسان آن زمان نمی‌دانستند که فولاد مورد استفاده در بدنه تانک در واقع شامل مقدار کمی منگنز نیز بوده است. ترکیب منگنز به فولاد ضریب انتقال حرارتی زیادی می‌دهد. اگر این آلیاژ را تا دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرد کنیم، ترکیب بسیار شکننده‌ای می‌شود. در روز انفجار دمای هوا تقریباً ۴ درجه سانتی‌گراد بوده است که آلیاژ را در این دما بسیار شکننده کرده بود. شکنندگی بدنه تانک ممکن است آخرین ضربه برای شکست بوده باشد.

می‌تواند چسبندگی بین ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ برابری نسبت به آب داشته باشد. عدد رینولد برای یک انسان بالغ چیزی حدود یک میلیون است این در حالی است که این عدد برای همان فرد در ملاس تنها چیزی حدود ۱۳۰ است. علاوه بر این، حرکات سیمتریکی که فرد با آن‌ها در سیال حرکت می‌کند نمی‌تواند وی را در ملاس حرکت دهد. هر ضربه و حرکت تنها حرکت و ضربه‌ی قبلی را خنثی می‌کند.

المپیک تمرین می‌کردند، خواستند تا ۲۲,۵ متر را یکبار در استخری از آب عادی و یکبار در مخلوطی از آب و صمغ گوار (عصاره‌ی لوبیای گوار که برای غلیظ کردن غذا کاربرد دارد) شنا کنند. گرچه چسبندگی در حالت دوم، دو برابر حالت اول بود داوطلبان با سرعتی یکسان در هر دو حالت شنا کردند. گتلفینگر و کاسلر محاسبه کردند که برای اینکه شناگران انسان را به چالش بکشند نیاز به ۱۰۰۰ برابر کردن چسبندگی آب دارند.

ملاس با توجه به طریقه‌ی ساخت و تولید آن



محل وقوع انفجار در سال ۱۹۱۹

می‌شود. با توجه به همین خاصیت فیزیکی، موجی از ملاس بسیار مخرب‌تر از یک سونامی معمولی است. فیزیک همچنین توضیح می‌دهد که چرا شنا کردن در ملاس تقریباً غیرممکن است. بوسیله محاسبه عدد رینولد می‌توان درکی از آسانی یا سختی حرکت در سیال را بدست آورد. هر چه عدد رینولد بیشتر باشد حرکت در آن آسان‌تر و به اصطلاح به شنا کردن نزدیک‌تر می‌شود.

طبق آزمایشات انجام شده توسط برایان گتلفینگر و ادوارد کاسلر، هر دو مهندسين دانشگاه مینسوتا، از ۱۶ داوطلب، شامل تعدادی از افرادی که برای

علت مرگ افراد در صحنه انفجار

موجی از ملاس مانند موج آب رفتار نمی‌کند. ملاس سیالی غیرنیوتنی است، بدین معنا که ناروانی و چسبندگی آن به نیروهایی که به آن وارد می‌شود بستگی دارد، که به وسیله نرخ برشی اندازه‌گیری می‌شود. به عنوان مثال سیال غیرنیوتنی مانند سس کچاپ یا خمیر دندان را در نظر بگیرید. در بطری ثابت، این سیالات غلیظ و چسبناک هستند و با تکان دادن بطری تغییر شکل آنچنانی نمی‌دهند. اما اگر ضربه‌ای به بطری وارد شود یا آن را فشار دهیم با استعمال تنش و افزایش نرخ تنش برشی سیال ناگهان جاری

• تست فشار دو روش اصلی دارد:

- ۱- هیدرولیکی با استفاده از مایع که معمولاً آب هست .
- ۲- پنوماتیکی که به وسیله یک گاز انجام می‌شود .

یکی از عامل‌های اصلی وقوع این فاجعه عدم ارزیابی دقیق مخزن حین تولید و در طول استفاده از آن بود. از روش‌های متداول برای بررسی مخازن تحت فشار تست فشار و تست نشتی است. برای انجام تست فشار برخلاف تست نشتی، باید فشار بالاتر از حد نرمال (۱.۵ برابر برای هیدرولیکی و ۱.۱ برای پنوماتیکی) بالا برده شود.

دانشگاهی در خاستگاه خورشید

محمد کاظم فرارونی، دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش شناسایی و انتخاب مواد، بخش مواد دانشگاه شیراز

دانشجویان بین‌المللی است. توکیو شهری بزرگ و پرجمعیت‌ترین کلان شهر در سراسر دنیاست و حدود ۳۸ میلیون نفر جمعیت دارد.

دانشگاه توکیو

دانشگاه توکیو (東京大学) یکی از بزرگترین و مهمترین مراکز آموزش عالی کشور ژاپن است که در سطح جهانی مقام والایی در کلیه زمینه‌های آموزشی و فرهنگی دارد. این دانشگاه بر پایه رتبه‌بندی دانشگاه‌ها در آسیا رتبه اول

توکیو در رتبه‌بندی QS بهترین شهرهای دانشگاهی، در رتبه هفتم قرار دارد و بالاترین نمره برای اشتغال فارغ‌التحصیلان در جهان را به خود اختصاص داده و این رتبه نشان می‌دهد که فارغ‌التحصیلان این شهر به شدت مورد قبول کارفرمایان قرار می‌گیرند. همچنین توکیو موفق به کسب امتیاز بالایی برای میزان تمایل دانشجویان برای تحصیل در این شهر (رتبه سوم جهان) شده است، چرا که شهری امن و پاکیزه با شمار زیادی ویژگی‌های مطلوب برای



شکل ۱ دانشگاه توکیو

دانشگاه فارغ‌التحصیل شده‌اند که در میان آن‌ها ۱۷ نخست وزیر و ۷ برنده جایزه نوبل هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به "سین ایترو تومونوجا" برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۶۵، «ئو

را کسب کرده است. دانشگاه توکیو ۱۰ دانشکده دارد و هرساله نزدیک به ۳۰۰۰۰ دانشجو در آن ثبت‌نام می‌کند که از میان آن‌ها ۲۱۰۰ دانشجو بین‌المللی هستند. افراد سرشناس بسیاری از این

با توجه به خسارت گسترده وارد شده به املاک، دارایی‌ها و از بین رفتن زندگی که به دلیل خرابی مخزن ذخیره‌سازی رخ داد، مقامات بوستون پس از حادثه اقدام به بررسی و بروز کردن استانداردهای ساختمان در مناطق صنعتی کردند. نکته مهم دیگر از تحقیقات میویل و همچنین سابقه تاریخی، اهمیت آزمایش مواد و نظریه‌های طراحی به عنوان بخشی از یک استراتژی مدیریت ریسک فعال است. حتی بدون بهره‌گیری از دانش و فناوری امروزی، اگر تیم طراحی و ساخت و ساز از بهترین شیوه‌های زمان استفاده کرده و مخزن را قبل از استفاده از آن آزمایش کرده باشد، احتمال می‌رود که سیل ملاس بوستون اتفاق نمی‌افتاد.

منابع

1. History.com
2. The Time magazine
3. Mechanic of materials Beer Johnson
4. bostronglobe.com
5. fenner-esler.com
۶. راهنمای ایمنی تست فشار وزارت نفت
7. MOP-HSED-GI-209(0)
8. nytimes.com

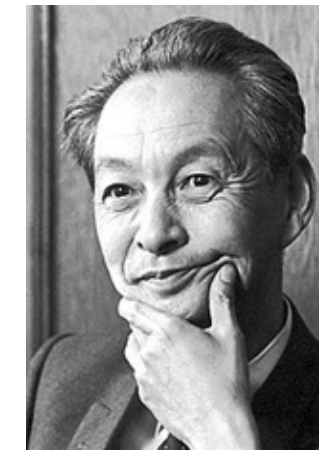
تست پنوماتیکی نیاز به صرف انرژی بسیار بالاتری (بیش از دویست برابر) از هیدرولیکی دارد و همچنین ایجاد مشکل در آن می‌تواند منجر به یک فاجعه شود و استفاده از آن در ساختارهایی که امکان شکستگی وجود دارد توصیه نمی‌شود به همین خاطر جز در شرایط خاص، از روش هیدرولیکی برای تست فشار استفاده می‌شود.

نمونه‌ای از شرایطی که از روش پنوماتیکی استفاده می‌شود شامل استفاده از آب که باعث یخ‌زدگی شود و دیگری مخزن نتواند وزن آب را تحمل کند و همچنین ظروف، مخازن یا تجهیزاتی که با فرآیندهایی مرتبط هستند که تماس آن‌ها با مایعات حتی در حد جزئی، تاثیر مخرب (مشکلات عملیاتی یا فرآیندی) بر ظروف و تجهیزات، ترکیب با مواد موجود ایجاد نماید.

تست به طور معمول در دمای هوا انجام می‌شود. خطر شکنندگی ساختار باید مدنظر قرار گیرد و در صورت ضرورت، دمای تست باید چنان انتخاب گردد که از دمای گذار از حالت شکنندگی/ انبساط تجاوز ننماید. همچنین دمای بالاتر از 7 °C برای اجتناب از ریسک یخ‌زدگی توصیه شده است.

در مواردی که امکان تخلیه سیال مایع از آن غیرممکن باشد باید پیش از انجام این تست بازرسی دقیقی صورت بگیرد و در صورت لزوم رادیوگرافی و دیگر تست‌های جوش انجام شود. همچنین نباید هیچ بار شوکه کننده‌ای مثل آنچه که در تست ضربه رخ می‌دهد در حین تست به تست وارد شود. این یکی از شرایط مشترک هیدرولیکی و پنوماتیکی است. در تست هیدرولیکی لازم است که فشار به طور مرحله‌ای افزایش یابد و همواره فشار به طور دقیق به وسیله‌ی دو دستگاه سنجش مستقل و ترجیحاً با ماهیت متفاوت استفاده شود. در تست نشتی از یک گاز بی اثر بخار یا هوا به عنوان واسط استفاده می‌شود. بر خلاف تست فشار، فشار مخزن باید تا حد امکان پایین باشد و از آب صابون استفاده شود.

تأثیر سیل ملاس بوستون بر روی روش‌های مهندسی امروز



شکل ۲ برندگان جایزه نوبل از دانشگاه توکیو

و افرادی که تصمیم دارند در این دانشگاه ادامه تحصیل بدهند باید زبان ژاپنی را یاد بگیرند. دانشجویان مقطع فوق لیسانس باید زبان ژاپنی را حتما به خوبی یاد بگیرند اما در رشته‌های فنی مهندسی و مقطع دکترا تسلط به زبان ژاپنی ضرورتی ندارد.

دانشکده مهندسی دانشگاه توکیو یکی از محبوب‌ترین دانشکده‌های ژاپن برای دانشجویان به حساب می‌آید و از شاخص‌ترین ویژگی‌های این دانشکده می‌توان به تنوع رشته‌های فنی و مهندسی آن اشاره کرد. رشته‌های مهندسی عمران، مهندسی برق، مهندسی الکترونیک، مهندسی شیمی، مهندسی مواد، مهندسی جغرافیا و دیگر رشته‌های مهندسی در تمامی سطوح دانشگاهی لیسانس، فوق لیسانس و دکتری ارائه می‌شود.

بخش مهندسی مواد دانشگاه توکیو

دپارتمان مهندسی مواد دانشگاه توکیو برای اولین بار به عنوان گروه معدن و متالورژی در سال ۱۸۸۶ و همزمان با تاسیس دانشکده مهندسی دانشگاه توکیو به عنوان دانشکده فنی دانشگاه امپریال تاسیس شد. این بخش یکی از هفت بخش مهندسی بود که اولین کالج را تشکیل می‌داد. برای ماندن در خط مقدم جهان در حال تحول در حوزه علم و مهندسی مواد، این بخش چندین بار بازساخته و اصلاح شده است. در آخرین سازماندهی مجدد، گروه‌های مهندسی متالورژی و

علوم مادی در سال ۱۹۹۹ در سطح کارشناسی و در سال ۲۰۰۲ در مقطع کارشناسی ارشد با گروه مهندسی مواد ادغام شدند.

گروه مهندسی مواد دانشگاه توکیو با فعالیت در زمینه آموزش و تحقیق روی مواد مختلف در سطح دنیا شناخته شده است.



شکل ۳ دپارتمان مهندسی مواد دانشگاه توکیو

در طول تاریخ این بخش، ژاپنی‌ها در آموزش و تحقیقات علم و مهندسی مواد پیشرو بوده‌اند. نه تنها اساتید و کارمندان بلکه تعدادی از فارغ‌التحصیلان این بخش نقش‌های مهمی را در صنعت و دانشگاه برعهده گرفته‌اند. بخش مهندسی مواد دانشگاه توکیو با مطالعات متالورژی و استخراج معادن شروع و رشد کرد و پس از آن کاملاً بر این موضوع واقف شدند که مهندسی مواد تبدیل به یک نقطه کلیدی در پیشرفت در زمینه‌های مختلف مانند تحقیقات بر فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها، نیمه‌هادی‌ها و غیره شده است بنابراین تحقیقات خود را به سمت این موضوعات سوق دادند.

تحقیقات فعلی در بخش مهندسی مواد دانشگاه توکیو شامل کلیه زمینه‌ها از جمله طراحی، پردازش، استفاده و بازیافت مواد است. در حال حاضر، این بخش دارای ۵۳ عضو هیئت علمی شامل استاد تمام، استادیار و دانشیار از جمله افراد متعلق به پژوهشگاه نوآوری مهندسی، دانشکده فارغ‌التحصیل علوم مرز، انستیتوی علوم صنعتی، مرکز تحقیقات علوم و فناوری پیشرفته، و مؤسسه علوم فضایی و فضانوردی است.

نماد و شاید بتوان گفت شعار بخش مهندسی

مواد دانشگاه توکیو (design of/for/with material) است که هر کدام در زیر توضیح داده شده است.

• **Design of material:** در مرحله اول باید طراحی مواد در نظر گرفته شود. مواد فقط زمانی قابل توصیف هستند که کاملاً از لحاظ فیزیکی و یا شیمیایی مشخص و سیستماتیک باشند. توانایی ذاتی آن‌ها نیز از طریق تئوری‌ها و شبیه‌سازی‌های مختلف دنبال می‌شود. مرحله دوم طراحی مواد است. پردازش مواد، که سازگار با محیط زیست است، برای ارضای عملکرد هدف، شکل و محدودیت اقتصادی ضروری است. ما روش موثری را در استفاده از مواد از طریق طراحی مواد ایجاد می‌کنیم.

• **Design for material:** مرحله دوم طراحی برای مواد است. پردازش موادی که سازگار با محیط زیست است، برای ارضای عملکرد هدف، شکل و محدودیت اقتصادی ضروری است. ما روش موثری را در استفاده از مواد برای طراحی مواد ایجاد می‌کنیم.

• **Design with material:** سرانجام، ما زمینه تحقیقات خود را تا طراحی با مواد گسترش می‌دهیم. اخیراً توجه و انتخاب مواد از دیدگاه زیست‌محیطی قبل از کارکردهای آن‌ها از قبیل بازیافت و مدیریت زباله و غیره از اهمیت بیشتری برخوردار شده است.



東京大学 材料工学専攻 材料工学専攻
Department of Materials Engineering, The University of Tokyo

مصاحبه با دکتر عزیز شفیعی



«چرا رشته مهندسی مواد رو برای تحصیل، تدریس و کار انتخاب کردید؟»

صادقانه بگویم، انتخاب مهندسی مواد تحت تاثیر فضای بعد کنکور اتفاق افتاد. یعنی در آن زمان شناخت خاصی از این رشته نداشتیم و بعد از کنکور بر اساس شنیده هام مهندسی مواد رو انتخاب کردم. و حقیقتاً اوایل علاقه زیادی بهش نداشتیم ولی کم کم از سال دوم وسوم که درس های تخصصی شروع شد، ارتباط بیشتری باهاش برقرار کردم.

علت اینکه چرا در گرایش جوشکاری در ادامه تحصیل دادم، این بود که شنیدم: «پول خوبی توش هست». اون زمان می گفتن: «پول تو جوش» و اینطوری شد که رفتم جوشکاری خوندم. ولی هرچی که گذشت علاقم بیشتر شد والان واقعا علم مواد (material science) رو دوست دارم و یه جورایی عاشقش هستم. به این خاطر که دید خیلی خوبی به آدم می ده و شما فقط ظاهر قضیه یا پوسته بیرونی رو نمی بینید. ریز می شنید و نگاه می کنید که در داخل مواد در مقیاس اتمی چه اتفاقی می افتد و مواد چه ویژگی هایی می توانند داشته باشند. نوع تحلیل هایی که در مهندسی مواد انجام می شه، می تواند دید انسان رو نسبت به جهان هستی و زندگی مقداری بهتر کند. این رشته هم علم هست وهم مهندسی، و خب از این جهت هم خیلی دوست داشتنی هست.

«چرا استاد شدن رو انتخاب کردید؟ به چه شغل دیگه ای علاقه مندید؟ (چرا شغل دیگه ای رو انتخاب نکردید؟)»

خب قاعدتاً می تواند ریشه در یک سری مسائل داشته باشد. مثلاً یادم هست چهارم

«اول از همه خودتون رو معرفی کنید؟»

عزیز شفیعی هستم، متولد سال ۱۳۶۱. استاد بخش مهندسی مواد. بیشتر در زمینه جوشکاری، اتصال مواد، چاپ سه بعدی فلزات و کامپوزیت ها کار می کنم. ورودی سال ۱۳۸۰ کارشناسی در دانشگاه شیراز بودم. مقطع کارشناسی ارشد را در دانشگاه تهران و دکتری را هم در دانشگاه تهران گذراندم. و بخشی از پروژه رساله ام را هم در دانشگاه واترلو (Waterloo) در کانادا انجام دادم.

«دکتر، اطلاعات مختصری درباره دوران کودکی و دوران مدرسه بهمون بدید.»

تا سال دوم ابتدایی رو در مدرسه شهید قمری گذروندم (عمارت جمشیدی کنونی). بعد از آن به شهر مادریم ارسنجان نقل مکان کردیم، خاطره ای که از دوران ابتدایی دارم شلوغی های مدرسه و روزها و شب های بمباران جنگ بود، اما در نهایت دوران کودکی روزگار زیبایی بود. تا سال ۱۳۸۰ ارسنجان بودم و دوران راهنمایی و دبیرستان رو اونجا گذروندم.



شکل ۴ کتابخانه عمومی دانشگاه توکیو



شکل ۳ دپارتمان مهندسی مواد دانشگاه توکیو

منابع

- 1- u-tokyo.ac.jp
- 2- tus.ac.jp
- 3- material.t.u-tokyo.ac.jp
- 4- k.u-tokyo.ac.jp

این دپارتمان ۱۲ آزمایشگاه که شامل آزمایشگاه های مواد کریستالی مایع، مهندسی فلزات، دستگاه های نیمه هادی، نانو مواد پلیمری، مهندسی مواد شیشه ای غیر معدنی، تکنولوژی و علم مواد سرامیکی، مواد کامپوزیتی، مواد فوتونیک، تکنولوژی و علم بایو مواد، مواد سیستم های مکانیکی پیشرفته، مهندسی سیستم های نانو مواد و ... است.

دپارتمان مهندسی مواد دانشگاه توکیو در آخرین رتبه بندی ارائه شده توسط QS در بین بیست دانشگاه برتر در حوزه علم و مهندسی مواد قرار گرفته است.

دبستان که بودم تدریس رو دوست داشتم و برای هم سن و سال هام نقش معلم رو بازی می کردم. جدا از این آدم کنجکاوی بودم همیشه دوست داشتم از مسائل سر در بیارم و دنبالشون برم، و به راحتی هر چیزی را قبول نمی کردم. بعدتر که وارد دانشگاه شدم در صنعت هم فعال بودم و به عنوان مهندس کار کردم، و یک روند نسبتاً تکراری رو در کارهای مهندسی دیدم که به صورت دیکته شده اجرا می شه و به نظرم زیاد خلاقیت درش نیست بر عکس تدریس. مساله دیگر این است که در چهارچوب های قراردادی و از پیش تعیین شده نداشتیم. این نوع نگاه من را به سمت انتخاب کار آکادمیک سوق داد.

اگر استاد نمی شدم؟! قطعاً می خواستم، شدم و هستم. راستش این مدل سوال هارا از خودم نمی پرسم، و فکر می کنم یک انسان همیشه بهترین تصمیم هایش را گرفته است. ما همیشه بر مبنای دانسته ها و شرایطمان بهترین تصمیم ها را گرفته ایم به همین دلیل به نظرم نیاز نیست برگردیم و گذشته را واکاوی کنیم و بگوییم اگر این کار را می کردیم بهتر بود و یا کار دیگری، در این صورت براساس دانسته های زمان حال، گذشتمان رو قضاوت می کنیم که خب درست نیست.



کارآفرینی یا اپلای؟ چرا؟

قاعدتاً هرکس با توجه به شرایط خودش و اهدافش یکی از این دو را انتخاب می کند، و هر کدام از این ها خوبی های خودش را دارد. به طور مثال در کارآفرینی؛ شما می توانید ثروت ایجاد بکنید و می توانید چند نفر را شاغل بکنید که این موارد نقاط مثبتی است، و از طرفی کارآفرینی به فردی نیاز دارد که قدرت مدیریت و ذهن پولسازی داشته باشد. از طرف دیگر اپلای کردن، به نظر برای کسی مناسب است که خارج از ایران برای خودش زندگی بهتری تصور کرده و یا می خواهد زندگی خارج از ایران را تجربه کند.

بنظر شما دانشجویان برای ورود به صنعت و شرکت های نوپا و یا تبدیل شدن به یک کارآفرین چه مهارت های تجربی و تئوری باید یاد بگیرند؟

کسی که می خواهد حرفه ای را مدیریت کند، از نظر من باید اول از همه یاد بگیرد چه طور زندگی خودش و ذهنش را مدیریت بکند، و این فقط در بحث کارآفرینی هم نیست. هنر برقراری ارتباط با دیگران و معرفی صحیح و بجای مهارت ها و توانایی ها کمک بزرگی به پیشرفت شغلی در هر شاخه ای می کند.

دانشجو خوب و ایده آل از نظر تون چه دانشجویی هست؟ چه رفتارهایی باعث می شه از دانشجو ناامید شین و اذیتتون می کنه؟ در این موقعیت ها چه برخوردی می کنید؟

همه ما خوبی و عالی هستیم. هرکس باید بتواند بهترین خودش باشد. هر کدام از ما فارغ از عنوانی که داریم می دانیم چه کار باید بکنیم که در کارمان خوب باشیم. خوب است که نقاط قوت و ضعفمان را بشناسیم و روی آن ها کار کنیم. و قبل از آن سوال را خود پرسیم که واقعا می خواهیم دانشجو باشم یا خیر.

از کسی ناامید نمی شوم و بنظرم همه دانشجو ها عالی هستند و هر دانشجو در مسیری که برای

خودش در نظر گرفته خوب پیش می رود. شاید یک نفر هدفش درس خواندن زیاد باشد، یک نفر کسب مهارت ارتباط با دیگران برایش اهمیت داشته باشد، و شاید یکی آمده دانشگاه تا کسب تجربه کند. قرار نیست دانشجو کاری انجام دهد که من از او راضی باشم یا خیر، هرکس برای خودش تلاش می کند.

باتوجه به شرایط اقتصادی موجود و ناامیدی اکثر دانشجویان در پیدا کردن کار مناسب، نظر و توصیه شما چیست؟

به نظرم اگر بخواهیم مدام به جنبه های منفی شرایطی که در آن قرار داریم فکر بکنیم و روی آن حساس شویم و مدام به خود بگوییم که وضع اقتصادی بد هست، دلار گران شده، پیدا کردن شغل سخت شده است و ... نمی توانیم به موفقیتی که مدنظرمان هست برسیم.

حافظ می فرماید:

هنگام تنگدستی در عیش کوش و مستی

کین کیمیای هستی قارون کند گدا را

یعنی اینکه هر چه قدر شرایطمان سخت باشد بهتر است به گونه ای از این سختی ها رها شده و از این فضای ذهنی بیرون آمد. چون اندیشه ماست که شرایط بیرونی را خلق می کند. به همین خاطر است که مولانا می فرماید:

بیرون ز تو نیست هرچه در عالم هست

در خود بطلب هر آنچه خواهی که تویی

همه ما می دانیم که ذهنمان از یک قسمت خودآگاه و یک قسمت ناخودآگاه تشکیل شده است، که بخش اعظم آن ناخودآگاه هست. مانند کوه یخی که بخش اعظم آن در زیر آب است و قسمت کوچکی از آن دیده می شود. این ناخودآگاه است که سرنوشت ما را رقم می زند، علاوه بر پیچیدگی که دارد بسیار زود باور است. من اگر به شما بگویم به فیل صورتی فکر نکن. شما فکر می کنید و به ذهنتان می آید. زیرا علی رغم اینکه ما به

ناخودآگاهمان دسترسی نداریم و ساختار پیچیده ای دارد، ناخودآگاه ما ساده لوح است، ما هر ورودی به آن بدهیم همان را برای ما خلق می کند. بنا بر این اگر ما به جنبه های منفی شرایطمان فکر بکنیم هیچگاه از این تفکرات موفقیت حاصل نمی شود. بنابراین من اگر می خواهم موفق بشوم باید اول از همه از شرایطی که در آن قرار دارم لذت برده و شکرگزار آن باشم. بسته به فرکانسی یا احساسی که از خود ساطع می کنیم، دنیای بیرونمان هم همانطور ساخته می شود. مثلاً در ماکروسافت یک مدت به کارمندان یک سری ادکلن با بوی دلار می دادند. چون ناخودآگاه هر روز بوی دلار حس می کرد. احساس می کرد که دور و بر آن پر از پول هست. و این باعث می شد ریز به ریز تصمیمات کارمندان ماکروسافت به گونه ای باشد که خلق پول کنند.

در شرایط فعلی مدرک دانشگاهی رو تا چه حد مهم ارزیابی می کنید؟ آیا ادامه تحصیل در مقاطع عالی واقعا گزینه خوبی هست؟

واقعیت را بخواهید خیر. در حال حاضر شرکت های بزرگ برای مهارت ارزش بیشتری نسبت به مدرک تحصیلی قایل هستند.

در رابطه با تحصیل در مقاطع عالی در صورت علاقه به فعالیت پژوهشی گزینه مناسبی است.

بنظر شما رفتار متقابل استاد و دانشجو در دانشگاه شیراز تا چه حد در کانال درستی قرار داره و چه پیشنهادی برای بهبود این مسئله دارید؟

در حالی که خوبه، می تواند از این هم بهتر شود. با کم رنگ تر کردن القاب استاد و دانشجو در عین حفظ چهارچوب ها می توان رابطه نزدیک تر و صمیمانه تری نیز داشت.

به جز مسائل مربوط به درس و

دانشگاه به سایر ابعاد یک دانشجو مثل اخلاق و رفتار حرفه‌ای هم توجه می‌کنید؟ بنظر شما دانشگاه در موارد غیردرسی به اندازه کافی توجه داره؟

به نظرم کمتر از درس توجه نمی‌کنم. امیدوارم همینطور باشد. در رابطه با بخش دوم سوال خوب مشخصه که در حال حاضر سیستم آموزشی نقش چندان در افزایش مهارت‌های زندگی نداشته و بیشتر نقش پر کردن ذهن‌ها از داده و اطلاعات را دارد. در هر صورت هرکس با ورود به دانشگاه به واسطه قرار گرفتن در محیط جدید و ارتباط با انسان‌های مختلف کسب تجربه کرده و مهارت‌های غیر درسی را در خود تقویت می‌کند.

«به هیچکدام از دانشجویان غبطه خور دید؟»

چیزهای خوب زیادی در دانشجویان می‌بینم که تحسین می‌کنم و دوست دارم در خودم تقویتشون کنم. خیلی چیزها از دانشجویان یاد گرفتم. اینکه شجاع و باانگیزه و مهربان هستند، و شهامت و جسارت و پشت کار دارن برام الهام بخشه.

«تا چه حد اصرار دارید فرزندانتون تحصیل کنن؟ اگر نخوان ادامه تحصیل بدن واکنش شما چیه؟»

اصراری به ادامه تحصیل فرزندانم ندارم و البته امیدوارم به زودی الگوی آموزشی در مدارس و دانشگاه‌ها بهبود یابد.

«عوامل موفقیت تون از کارشناسی تا دکترا چه مواردی بوده؟ جمله طلایی برای خودتون دارید؟»

فکر می‌کنم سماجت و امید. جمله خاصی نیست، این باور هست که کمک می‌کنه بهتر پیش برم که خداوند و خالق هست که با نظم بینهایت دقیقی داره طبیعت رو پیش می‌بره و ما در جریان رودخانه‌وار زندگی قرار داریم و کاری که

می‌شه کرد اینه خودمون رو به جریان زندگی بسپاریم و ازش لذت ببریم.

حافظ می‌فرماید:

مباش بی می و مطرب که زیر طاق سپهر بدین ترانه غم از دل برون توانی کرد

«اگر قرار باشه دوباره برای تحصیل به دانشگاه برید چه رشته‌ای رو انتخاب می‌کنید؟»

در کنار مهندسی مواد، به فیزیک، موسیقی و روانشناسی علاقه دارم و شاید دنبال یکی از این‌ها می‌رفتم.

«از صفر تا صد به تلاشتون برای رسیدن به موفقیت و اهداف تون چه نمره‌ای می‌دید؟»

به نظرم بهتر است همیشه به خودمون صد بدیم.

«با توجه به درجه علمی و توانایی تون در تحصیل و با داشتن تجارب بسیار زیاد انگیزتون از موندن تو ایران چی هست؟»

اول از همه اینکه همه جا سقف بالای سرمان آسمان است و فرش زیر پایمان زمین. قطعاً چیزهایی اینجا هست که حالمان را خوب می‌کند. قطعاً زندگی در ایران موارد دوست داشتنی زیادی دارد. بدون نیاز به مقایسه، فارغ از اینکه کجا زندگی می‌کنیم مهم این است که بتوانیم حال خودمان را خوب کنیم و اگر اینجا نتوانیم، جای دیگر هم نخواهیم توانست.

«تا حالا در شرایط سخت و بحرانی قرار گرفتید که ابعاد زیادی از زندگی تون مثل شغل و تحصیل و

... تحت تاثیر قرار گرفته باشه؟ چه کارهایی رو برای حل مشکل انجام دادید؟»

بله دوران نسبتاً سختی را در مقطعی گذراندم که هم روی کار و زندگی شخصی‌ام تاثیر گذاشت. به نظرم پذیرفتن شرایط، عدم قضاوت و سرزنش خود و دیگران، تحرک و ورزش و امید به روزهای بهتر پیش رو بسیار می‌تواند به برون رفت از شرایط سخت کمک کند.

اگه قرار باشه یک مسیر طولانی رو با قطار بگذرونید، کتاب خوندن رو انتخاب می‌کنید یا فیلم دیدن؟ چه کتاب‌ها و فیلم‌هایی رو به بچه‌ها پیشنهاد می‌کنید؟»

فیلم دیدن رو انتخاب می‌کنم. کتاب «امی کودک کهکشانی» از انریکه باریوس و «ماورای طبیعی شدن» از دکتر دیسپینزا رو اخیراً خوندم و فکر می‌کنم می‌توانند جذاب و تاثیرگذار باشند.

«از بین دو گزینه یکی رو انتخاب کنید:»

فیزیک یا شیمی، فیزیک

فیلم یا موسیقی، موسیقی

انتقادگر و مطالبه‌گر، مطالبه‌گر



«حستون راجع به کلمات زیر:

استاد، احترام

ورزش، نشاط

مطالعه، آگاهی

دانشجو، دوست داشتنی

مواد، انرژی

«لطفاً خاطره ای از دوران دانشجویی برامون تعریف کنین:

سال سوم یا چهارم دانشگاه بودم که دیدم اسم من و یکی از دوستانم که اتفاقاً ایشون هم الان استاد دانشگاه هستند را توی بورد زده بودند تا به آموزش مراجعه کنیم. رفتیم پیش مسئول آموزش و پرسیدیم که ماجرا چیست؟ گفتند که پیپ یکی از اساتید، از توی اتاقش دزدیده شده و یک نفر گفته که شما برداشتید. این استاد هم جذبه و ابهت خاصی داشتن و اگر با دانشجویی به مشکل بر می خوردن، حسابی دانشجو را اذیت می کردند و خلاصه یک جورایی همه می ترسیدند و حساب می بردند از ایشون.

خلاصه اینکه ما هم گفتیم که برنداشتیم و گفت که برید با خودتون صحبت کنید. ما هم کلا ترسیده بودم و جا خورده بودیم که ماجرا چی هست و رفتیم پیششون (پیش استاد)، گفتیم اینجور شده!

گفتن: پیپ را آوردید؟

گفتیم که ما برنداشتیم.

گفتن: خیلی خوب. برید.

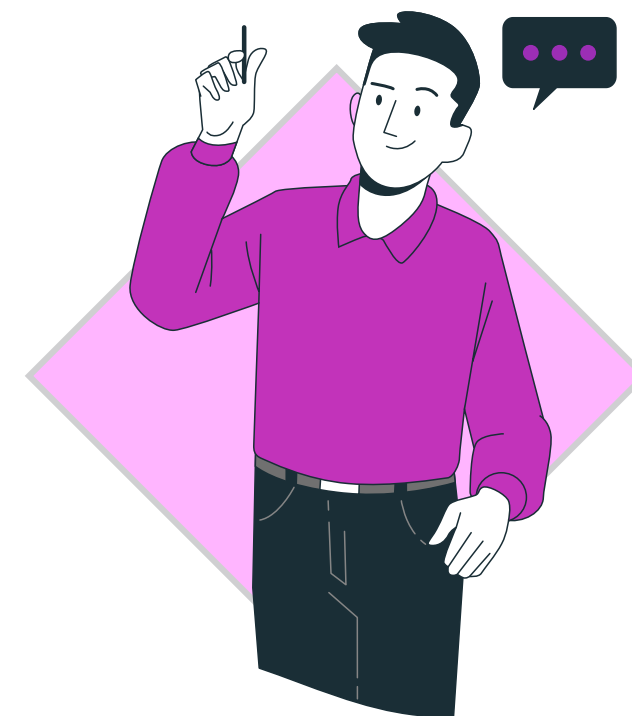
ما هم رفتیم ولی، این ترس را داشتیم که حالا چکار کنیم و سرانجام چی می شه و ... بعد فکر کردیم که بهتره قضیه را با دکتر جوادپور مطرح کنیم. بخاطر حمایت هایی که از جانب ایشان نسبت به دانشجویها دیده بودیم. و خب ایشان آن زمان ریاست دانشکده را بر عهده داشتند با صحبت هایشان به ما دلگرمی دادند.

«توصیه ای برای دانشجویان:

حقیقتش خودم را کوچک تر از اونی می دونم که بخواهم به کسی توصیه ای بکنم. ولی چند تا پیشنهاد دارم که به نظرم خیلی کمک می کند که بتونیم زندگی با آرامش، شاد و رو به پیشرفتی را داشته باشیم.

اول اینکه تلویزیون ها را خاموش کنیم. بعدش اینکه اطرفیانمون را بیشتر بغل کنیم. چون واقعا بغل معجزه می کند. پیشنهاد دیگه ام این است که دیگران را واقعا از صمیم قلب ببخشیم و سعی کنیم که به همه چیزهایی که اطرافمان داریم عشق بورزیم و سپاسگزار باشیم.

در پایان از شما و دوستانتان درانجمن علمی بسیار سپاسگزارم. به خاطر زحماتتان و فضای پر از انرژی که در انجمن فراهم کردید و بخاطر لطفی که به بنده داشتین برای انجام این مصاحبه. خدا قوت می گم بهتون و براتون آرزوی کامیابی می کنم.



کاربرد های صنعتی گرایش های مختلف مهندسی مواد و متالورژی

فاطمه چیت سازی، دانشجوی کارشناسی، مهندسی مواد، دانشگاه شیراز



کارشناسی ارشد مهندسی مواد در دانشگاه های ایران به ۹ گرایش تقسیم می شود، که شامل موارد زیر می شود:

▼ کارشناسی ارشد گرایش بیومتریال

کاربرد گرایش مهندسی پزشکی بیومتریال استفاده از بافت های زنده و مواد مصنوعی در بدن است. انتخاب مواد صحیح برای کاشت و پیوند در بدن انسان یکی از حساس ترین و مشکل ترین عملیات مهندسی پزشکی است.

مواد مورد استفاده در بافت های مصنوعی باید ایمن و غیر سمی و از نظر شیمیایی غیر فعال باشد. ضمناً، دارای استحکام مکانیکی لازم نیز باشد، از موادی چون آلیاژهای فلزی، سرامیک ها، پلیمرها و کامپوزیت ها در بافت های مصنوعی استفاده می شود.

▼ کارشناسی ارشد گرایش شناسایی و انتخاب مواد

این گرایش شامل دروس یکی از گرایش های ارشد مهندسی مواد، شناسایی و انتخاب مواد مهندسی می باشد. نظری، آزمایشگاهی پیشرفته به منظور طراحی و بهینه سازی مواد مهندسی و بررسی خواص و فرایند ساخت آن ها می باشد.

اغلب دانشگاه های سراسر کشور این گرایش را ارائه می دهند.

وظیفه اصلی دانش آموختگان این گرایش، انتخاب مواد و فرآیند به منظور تولید یک قطعه می باشد. از این رو، تحصیل در این گرایش موجب افزایش توانمندی مهندسان برای این امر مهم می شود.

دانش آموختگان کارشناسی ارشد شناسایی و انتخاب مواد مهندسی، در زمینه های زیر توانایی کسب می کنند:

۱. انتخاب و شناسایی مواد و ارائه راهکارهای تولید قطعه
۲. بررسی علل تخریب قطعه و ارائه روش های مناسب برای جلوگیری از آن
۳. همکاری در زمینه طراحی، تاسیس و گسترش مراکز صنعتی و آموزشی کشور

کارشناسی ارشد گرایش شکل دهی فلزات



علم شکل دادن فلزات علمی است که در آن اصول و روش‌های تغییر شکل فلزات شکل پذیر، به وسیله اعمال نیرو به آن بررسی می‌شود. امروزه شکل دهی فلزات به عنوان یکی از روش‌های مهم ساخت و تولید قطعات محسوب می‌شود. از این رو شناخت هر چه دقیق‌تر آن، صنعتگران را به سمت تولید قطعات با کیفیت بالاتر سوق می‌دهد.

گرایش شکل دادن فلزات نزدیک‌ترین گرایش مهندسی مواد به مهندسی مکانیک می‌باشد. به طوری که دانشجویان این گرایش جهت موفقیت در ادامه روند تحصیلی و شغلی به یادگیری نرم افزارهای طراحی و شبیه سازی مکانیکی نیاز دارند. برخی از توانایی‌های دانش آموختگان مهندسی مواد گرایش شکل دادن فلزات عبارتند از:

۱. طراحی و تحلیل فرآیندهای شکل دادن از قبیل آهنگری، نورد، اکستروژن، شکل دادن ورق
۲. تحلیل اثر پارامترهای مختلف بر فرآیندهای شکل دهی فلزات
۳. تحلیل رفتار میکرو و ماکرو فلزات به هنگام شکل دادن و کنترل ریزساختار آن با هدف بهبود خواص مکانیکی
۴. تحلیل قابلیت شکل پذیری و کارپذیری سرد و گرم فلزات و آلیاژها

کارشناسی ارشد گرایش جوشکاری



در گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی مواد، گرایش جوشکاری به منظور تربیت نیروهای متخصص در زمینه اتصالات مواد مختلف (اعم از فلزی و غیر فلزی) می‌پردازد.

جوشکاری، تمامی علوم متالورژی مانند گرمایش، سرمايش، ذوب، انجماد، تشکیل فازها، رشد دانه را شامل می‌شود. همچنین در حین و پس از جوشکاری، هر سه حالت فیزیکی ماده شامل جامد، مایع و گاز پدید می‌آید.

مهندسين جوشکاری در جوشکاری مخازن تحت فشار به کار رفته در صنایع مختلف، صنایع هوایی، جوشکاری لوله‌های انتقال نفت و گاز، جوشکاری و ترمیم مبدل‌های حرارتی و جوشکاری سازه‌ی پل‌ها و ساختمان‌ها حضور دارند.

دانش آموختگان کارشناسی ارشد مهندسی مواد گرایش جوشکاری در زمینه‌های زیر توانایی کسب می‌کنند:

۱. طراحی و ارائه روش‌های اتصالات مواد در ساخت و تولید بر مبنای استانداردهای بین المللی
۲. بررسی علل تخریب قطعه در اتصالات و ارائه روش‌های مناسب برای جلوگیری از آنها
۳. انجام کنترل کیفی بر مبنای استانداردهای بین المللی و تعیین کیفیت قطعه کار
۴. بهینه سازی شرایط جوشکاری در واحدهای مختلف صنعتی و نوآوری در فرآیندهای جوشکاری

کارشناسی ارشد گرایش استخراج فلزات

کارشناسان مهندسی مواد گرایش استخراج فلزات با انجام فرآیندهایی مانند خردایش سنگ‌های استخراج شده از معدن به کمک دستگاه‌های سنگ‌شکن، تغلیظ آنها به کمک روش‌های شیمیایی و مغناطیسی و شناورسازی آنها و سپس ذوب و پالایش سنگ معدن، عیار عنصر موردنظر را بالا می‌برند. پس از افزایش عیار یک عنصر، محصول موردنظر در قالب ورق، شمش یا تختال تحویل داده می‌شوند.

کارشناسی ارشد گرایش خوردگی و حفاظت از مواد



کارشناسی ارشد خوردگی و حفاظت از مواد، یکی دیگر از گرایش‌های ارشد مهندسی مواد است. این گرایش جهت بهبود و مقابله با اثرات زیان بار پدیده خوردگی و ارائه روش‌های نوینی برای این کار پدید آمده است.

خوردگی مواد، به ویژه فلزات، همه صنایع را تحت تاثیر خود قرار داده است. سالانه هزینه‌های قابل توجهی برای جبران این پدیده مخرب پرداخت می‌شود. این خسارات اغلب شامل تعویض قطعه خورده شده، توقف کار، آتش سوزی و انفجار، آلودگی مواد تولیدی است. از آنجا که خوردگی در صنایع بسیار شایع است، به نظر می‌رسد، آشنایی با اصول و مبانی فرایند خوردگی و همچنین روش‌های عمومی برای کنترل این پدیده، برای همه کارشناسان ارشد مهندسی مواد ضروری است.

ضروری است.

دانش آموختگان کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت از مواد، در زمینه‌های زیر توانایی کسب می‌کنند:

۱. اصلاح و بهبود خواص آلیاژهای مورد استفاده در صنعت از نظر خوردگی
۲. حفاظت از فلزات و آلیاژها در برابر در محیط‌های مورد استفاده به کمک ممانعت کننده‌ها
۳. حفاظت کاتدی و آندی خصوصاً در مورد لوله‌های زیر زمینی و تاسیسات دریایی
۴. کاربرد پوشش‌های مختلف غیر فلزی در صنایع
۵. تهیه مواد کاهش دهنده خوردگی، ایجاد آبکاری و پوشش و بهبود کیفیت آنها برای جلوگیری از خوردگی، پوشش‌ها و بهبود کیفیت آنها

دانش آموختگان این رشته می‌توانند در صنایع کشتی سازی و اسکله و بنادر، صنایع هواپیمایی، نیروگاه‌ها، صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی و ... فعالیت کنند.

کارشناسی ارشد گرایش سرامیک

کارشناسی ارشد مهندسی مواد گرایش سرامیک به منظور تولید مواد سرامیکی و روش‌های تبدیل آنها به فرآورده‌های مفید ایجاد شده است.

علم سرامیک به طور کلی علم ساختن و به کار بردن اشیا جامدی است که اجزاء تشکیل دهنده اصلی و عمده آنها مواد غیرآلی و غیرفلزی است. بنابراین علم سرامیک علاوه بر سفالینه‌ها شامل می‌شود از تعدادی از این کاربردها کاسته شود و به کاربردهایی نظیر سرامیک‌های مهندسی مانند پیزوالکتریک‌ها، جلیقه‌های سرامیکی، دیرگدازهای سرامیکی به کار رفته شده در کوره‌ها اشاره کرد.

مشخصه اصلی سرامیک‌ها، مقاومت بسیار زیاد آنها در برابر تاثیر مواد شیمیایی و دماهای بالا است؛ یعنی بیشتر فرآورده‌های سرامیکی مانند

اجزای متشکله خود، در برابر آب، اسیدها، گازها، نمک‌ها و دماهای بالا مقاومت خوبی دارند و سرامیک‌های مهندسی برای دمای بالا و استحکام مکانیکی بالا بسیار پرکاربردتر از خوردگی هستند.

یکی دیگر از ویژگی‌های مواد سرامیکی ارزان نیستند. امروزه مهندسان مواد سرامیک با کنترل نوع و نسبت ترکیب مواد اولیه، فرآورده‌های گوناگونی همچون آجر و کاشی، آجر نسوز، ظروف چینی و سفالی، لعاب‌ها (به عنوان روکش فلزات و سرامیک‌های دیگر)، آلومین و تیتانات باریوم (در الکترونیک)، دی اکسید اورانیوم (به عنوان سوخت هسته‌ای)، لعل یا نارسنگ (در لیزر)، شیشه و سیمان طراحی و تولید می‌کنند.

در مورد بازار کار مهندسی مواد گرایش سرامیک نیز باید گفت که امروزه صنایع سرامیک برای رشد اکثر صنایع اهمیت بسیاری دارند. برای مثال صنایع متالورژی و سایر صنایعی که با درجه حرارت بالا سروکار دارند، مصرف‌کننده مواد دیرگداز هستند. همچنین، صنایع الکترونیک احتیاج به قطعات مختلف سرامیکی با خواص الکترونیکی و مغناطیسی مطلوب دارند. همچنین صنایع اتومبیل‌سازی، صنایع ساختمانی، صنایع تولید نیرو، مخابرات و بالاخره هر خانه و خط تولید هر کارخانه‌ای نیاز به فرآورده‌های سرامیکی دارد. در حال حاضر کشور ما کارخانه‌های عمده کاشی‌سازی، چینی‌سازی، تولیدکننده مواد نسوز، تولیدکننده سرامیک‌های الکترونیکی، شیشه‌سازی، آجرسازی و سیمان دارد که فارغ‌التحصیلان رشته سرامیک می‌توانند در آن‌ها مشغول به کار گشته و به افزایش کارایی و راندمان کارخانه و همچنین بهبود کیفیت محصول آن کمک نمایند.

کارشناسی ارشد گرایش نانو مواد

برای معرفی کارشناسی ارشد نانو مواد، تعریفی از مواد نانویی یا نانو مواد ارائه می‌نماییم. موادی که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، مواد نانویی یا نانو مواد نامیده می‌شوند. نانو فناوری، توانمندی تولید و ساخت

مواد، ابزار و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در مقیاس نانومتری و استفاده از خواصی است که در این سطوح ظاهر می‌شوند.

نانودانش و نانوفناوری مبتنی بر شناخت ما از ساختار مواد است. از سوی دیگر، به کمک علم نانو می‌توان اقدام به اصلاح و ایجاد ساختارهای جدید با کارایی بهتر در صنایع مختلفی مانند صنایع رنگ و پوشش، صنایع سرامیک و صنایع فولاد نمود.

مهندسی نانو مواد نقش اساسی در پیشرفت صنایع هسته‌ای، انرژی، تکنولوژی پزشکی، هوافضا، نظامی دارد. بسیاری از مهندسان نانو مواد در صنایع فلزی، الکترونیکی، تجهیزات صنعتی امکان اشتغال دارند و نیاز به تخصص ایشان در تولید مواد نانو مواد به دلیل خواص منحصر به فرد نانومواد در حال افزایش است.

کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان، بتن‌های سبک، حسگرهای ساختمانی، صنایع رنگ، عایق‌های حرارتی، صنعت نساجی، صنایع عایق‌سازی، صنایع لوله‌سازی، صنایع دارو، صنعت چوب وجود دارد.

کارشناسی ارشد گرایش ریخته‌گری

در کارشناسی ارشد مهندسی مواد گرایش ریخته‌گری، تکنیک‌های مربوط به روش‌های مختلف ریخته‌گری به عنوان بخشی از روش‌های تولید قطعه به روش ریخته‌گری هست. مورد بحث قرار گرفته و عوامل موثر در چگونگی طراحی و ساخت قطعات و نیز بهینه‌سازی خواص آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

ریخته‌گری تولید فلزات و آلیاژهای فلزی به وسیله ذوب فلزات و تولید مذاب، سیلان آن در قالب و سرد کردن آن و انجماد آن به شکل معین می‌باشد. این روش قدیمی‌ترین فرایند شناخته شده برای بدست آوردن شکل مطلوب فلزات است.

برخی از توانایی‌های دانش آموختگان ارشد مهندسی مواد گرایش ریخته‌گری عبارتند از:

۱. افزایش بهره‌وری واحدهای صنعتی ریخته‌گری

در کشور

۲. طرحی قطعات ریخته‌گری متناسب با مواد پش بینی شده و انتخاب روش ریخته‌گری مناسب برای تولید قطعه

۳. بررسی علل ایجاد عیوب در قطعات ریخته‌گری و ارائه راه‌های مناسب برای رفع آن‌ها

۴. طراحی و برنامه ریزی ذوب و ریخته‌گری آلیاژهای پیشرفته و جدید مهندسی

۵. طراحی واحدهای صنعتی ریخته‌گری

۶.



مهندسی مواد در حال حاضر در صنعت ایران اغلب در چند جایگاه وارد بازار کار می‌شوند

کارشناس کنترل کیفیت:

حقیقت امر این است که اساساً مهندسان مواد نه در اصل مفهوم و نه در دانشگاه برای جایگاه کارشناس کنترل کیفیت تربیت نمی‌شوند. اما بیش از هر جایگاه دیگری، صنعت مهندسی مواد را برای جایگاه کارشناس کنترل کیفیت در کنار مهندسی مواد جذب می‌کند. برای کسب جایگاه

شغلی به عنوان کارشناس کنترل کیفیت به درک و یادگیری استانداردها و تسلط به تست‌های مخرب و غیر مخرب نیاز است. معمولاً هیچ کدام از این مهارت‌ها در حین تحصیل مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد در دانشگاه‌های ایران به دانشجویان آموزش داده نمی‌شود و دانشجویان می‌بایست با مطالعه شخصی یا شرکت در دوره‌های آموزشی آموزشگاه‌های آزاد آن‌ها را کسب کنند.

اپراتور خط تولید:

از مهندسی مواد در جایگاه اپراتور تولید نیز آنطور که شایسته است استفاده نمی‌شود چراکه کارفرمایان ترجیح می‌دهند مهندسی مکانیک که ماهرتر هستند، استفاده کنند مگر در شرایطی که امکان استفاده از مهندسی مکانیک نباشد مهندسی مواد به کار گرفته می‌شوند به عنوان مثال: اتاق کنترل LF در کارخانجات فولادسازی که نیاز به دانش آلیاژسازی است که این جایگاه شغلی معمولاً نیازمند مهارت خاص و ویژه‌ای ندارد و صرفاً آنچه دانشجوی در مقطع کارشناسی می‌آموزد کافی است و مهارت مورد نیاز را پس از استخدام در محل کار کسب می‌کند.

کارشناس فروش:

در حال حاضر از مهندسی مواد در موقعیت‌های شغلی "کارشناس فروش" و "مهندسی فروش" استفاده می‌شود. که البته تعداد آن‌ها نیز نسبت به سایر موقعیت‌ها کم نیست و می‌توان گفت به تنهایی نیمی از فرصت‌های شغلی مهندسی مواد را تشکیل می‌دهد. هرچند که کارشناس فروش و مهندسی فروش نیز برای برخی از فارغ‌التحصیلان منطقی بنظر می‌رسد اما تخصص اصلی مهندسی مواد در بحث بازرگانی، باید "کارشناس خرید" و "مهندسی خرید" و تامین مواد باشد در صورتی که در این حوزه تعداد فرصت‌های شغلی در ایران برای مهندسی مواد آن چنان اندک است که می‌توان آن را صفر برشمرد!

مهندس مواد با توجه به شناخت کافی نسبت

به مواد و ساختار آن‌ها می‌تواند مواد بهینه برای یک پروژه را انتخاب و خریداری کند.

• مهندسی جوش و بازرسی:

این جایگاه شغلی در ایران مابین چندین رشته مهندسی مواد، مهندسی مکانیک، مهندسی صنایع، مهندسی عمران، و البته سایر رشته‌های غیر مهندسی، تقسیم می‌شود. برای ورود به بازار کار بازرسی جوش و تست‌های غیرمخرب بایستی در دوره‌های آموزشگاه‌های آزاد شرکت و کدکد مربوطه را کسب کرد البته محدودیت رشته وجود ندارد و از رشته‌های مختلف می‌توانند دوره‌ها را تهیه و وارد بازار کار شوند. مهندسی جوش، اگرچه مختص مهندسی مواد نیست، اما یک شغل پردرآمد اما حساس است. در مقطع کارشناسی دانشجویان مهندسی مواد مهارتی در آن کسب می‌کنند اما در مقطع کارشناسی ارشد تنها در گرایش جوشکاری و تنها طی چند واحد تئوری آموزش‌هایی کسب می‌کنند و برای ورود به بازار کار مهندسی جوش نیاز به گذراندن دوره‌های فنی مختلفی است که توسط آموزشگاه‌های فنی و از جمله فنی حرفه‌ای برگزار می‌شود.

• اپراتور یا سرپرست آزمایشگاه:

یکی از ایده‌آل‌ترین موقعیت‌های شغلی که برای فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی مواد می‌تواند به وجود آید کار در فضاهای آزمایشگاهی کارخانجات است. جایی که مواد ورودی و محصولات خروجی مورد آزمایش قرار می‌گیرند. به عنوان مثال آزمایشگاه بخش فولادسازی کارخانجات فولاد، از مذاب فولاد در لحظه نمونه‌گیری و آنالیز می‌کنند تا وضعیت آنالیز شیمیایی مذاب را در آلیاژسازی و ترکیب شیمیایی را بررسی نمایند. برای تصدیق این جایگاه، نحوه استفاده از استانداردها و آشنایی با آزمون‌های مخرب، روش‌های آنالیز مواد و بررسی‌های ریزساختاری نیاز است که اغلب در طی دروس دانشگاهی قابل کسب بوده اما کافی نیست. توانایی مورد نیاز جایگاه شغلی با آنچه در دانشگاه انجام می‌گردد بسیار متفاوت است.

پیرامون این موضوع، دوره‌هایی مانند دوره آموزش کار با دستگاه کوانتومتری در مراکز فنی حرفه‌ای وجود دارد.

• کارشناس تحقیق و توسعه:

کارشناس (Research and Development R&D) در بخش مواد نیز از بهترین موقعیت‌های شغلی است که مهندسی مواد می‌توانند در آن شاغل شوند. در اصل یک مهندس مواد بایستی در جایگاه "بایستی در راستای بررسی و مطالعه مواد مهندسی و رفتار مواد به خدمت گرفته شوند" فعالیت کند اما نه تنها صنعت هیچ استقبالی در برابر این مهارت ندارد بلکه دانشگاه‌ها نیز فارغ‌التحصیلان ماهری در این زمینه تربیت نمی‌کنند. که در ایران به حاشیه کشیده شده و فارغ‌التحصیلان ناچاراً در زمینه‌های فرعی شاغل می‌شوند. البته این عدم بکارگیری مهندسی مواد در جایگاه اصلی خود و عدم کارشناسی و انتخاب مواد صحیح در ایران خسارات بسیار سنگینی را به اقتصاد و صنعت ما وارد می‌کند.

پژوهش در مهندسی مواد و متالورژی

رشته مهندسی مواد از آنجایی که تنها رشته مهندسی است که دانش در آن جایگاه بنیادی دارد (علم و مهندسی مواد) زمینه‌های پژوهشی بسیار گسترده‌ای دارد. در این رشته می‌توان پروژه‌های پژوهشی را هم در قالب فعالیت علمی تعریف کرد. پژوهش‌ها از فرآیندهای اجرایی مانند جوشکاری و ریخته‌گری گرفته تا فعالیت‌های کاملاً تئوریک نانو مواد و مواد پیشرفته گسترده می‌شوند. در این رشته به راحتی و با قدرت انتخاب بالا می‌توان زمینه پژوهشی را انتخاب کرد و گستره پژوهشی بسیار بالایی دارد.

آینده شغلی رشته مواد

امروزه مهندسی متالورژی و مواد، نقشی کلیدی

در پیشرفت صنایع فوق‌مدرن و جدید مانند صنایع هسته‌ای، صنایع انرژی، تکنولوژی پزشکی و کاربردهای فضای و نظامی داشته و تحقیقات کاربردی و پایه‌ای در متالورژی و مواد، پیوسته افق‌های جدیدی را گشوده است. از آنجایی که مواد، تمامی قطعات و تجهیزات از مواد تشکیل می‌شوند، مهندسی مواد در طیف وسیعی از صنایع تولید کننده به کار مشغولند. درصد بالایی از این مهندسی در صنایع مربوط به فلز، قطعات الکترونیکی، وسایل حمل و نقل تجهیزات صنعتی کار می‌کنند. نیاز به مهندسی مواد در کار تولید مواد جدید برای مواد الکترونیکی و پلاستیکی رو به افزایش است. بازار کار جدیدی که برای این رشته باز شده شرکت‌های نفتی و شرکت‌های تابعه آن‌ها هستند که اخیراً پی برده‌اند به علت نیازمندی به تسلط به مباحثی چون خوردگی، جوشکاری و NDT، مهندسی مواد دارای صلاحیت لازم برای تصدی این جایگاه شغلی هستند.

بازار کار گرایش‌های ذکر شده با دارا بودن مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد، به ترتیب اولویت به شرح زیر است:

۱. مخازن نفت و گاز (گرایش جوشکاری و خوردگی)
۲. صنایع نیروگاهی (گرایش انتخاب و شناسایی مواد، جوشکاری و خوردگی)
۳. صنایع خودرو سازی (گرایش ریخته‌گری، شکل دادن فلزات و جوشکاری)
۴. قطعات فلزی و سرامیکی (گرایش سرامیک، شکل دادن فلزات، ریخته‌گری و انتخاب و شناسایی مواد)
۵. تجهیزات پزشکی و اینپلنت‌ها (گرایش بیومواد)
۶. صنایع فولاد و آلومینیوم سازی و تولید قطعات فلزی (گرایش استخراج فلزات، ریخته‌گری، انتخاب و شناسایی مواد و شکل دادن فلزات)
۷. نورد و تولید ورق (گرایش ریخته‌گری و شکل دادن فلزات)
۸. قطعات عایق صنعت برق (گرایش سرامیک)

۹. لوله سازی و ماشین سازی (گرایش جوشکاری، شکل دادن فلزات، ریخته‌گری، خوردگی و انتخاب و شناسایی مواد)

زمینه‌های ادامه تحصیل در ایران و جهان

دانش‌آموزانی که علاقه‌مند به درک عمیق پدیده‌ها و رفتار مواد مختلف و یافتن کاربردهای نوین و طراحی مواد جدید متناسب با نیازهای روزافزون بشری می‌باشند و همچنین علاوه بر داشتن علائق مهندسی، خود را به علوم نیز نزدیک حس می‌کنند می‌توانند در این رشته موفق باشند.

منابع

۱. <https://fa.wikipedia.org>
۲. <https://iran-mavad.com>
۳. گرایش به جوشکاری در ایران (عبدالوهاب ادب آوازه)
4. <http://metallurgyha.blogfa.com>
5. <https://blog.faradars.org>
6. <https://3gaam.com>

چرا که عدم حفاظت مناسب از تجهیزات در برابر خوردگی علاوه بر هزینه تعویض تجهیزات معیوب می‌تواند فعالیت واحد تولیدی را نیز دچار تعلیق کند.

اعمال پوشش روی قطعات، از جمله نخستین روش‌ها برای جلوگیری از خوردگی می‌باشد، پوشش‌های فلزی، سرامیکی و آلی می‌تواند به طور قابل زیر لایه را در برابر خوردگی محافظت کند.

این کتاب مشتمل بر یازده فصل است و در آن به بررسی ترکیب پوشش‌های پلیمری، بلاستینگ و دیگر پیش عملیات سنگین سطح، پاشش ساینده و آلاینده‌های سنگین، هوازگی و پیرسازی رشد می‌پردازد، همچنین پیش‌زمینه‌های تئوری و



فرایند حفاظت از تجهیزات صنعتی در برابر خوردگی امری بسیار حیاتی است که حتی می‌تواند از فرایند تولید آن‌ها نیز مهم‌تر باشد



معرفی کتب رشته مهندسی مواد

حامد درخشان، دانشجوی کارشناسی ارشد، گرایش نانومواد، دانشگاه شیراز

کشیده است، از آنجا که فناوری نانو جنبه‌ای بین رشته‌ای دارد، سعی نویسنده بر این بوده است تا از ورود به جزئیات عمیق علمی پرهیز کند تا فهم آن برای کلیه دانشجویان در رشته‌های فنی و مهندسی و علوم پایه آسان گردد.

این کتاب به هشت فصل تقسیم بندی شده است، فصل اول مقدمه‌ای بر فناوری نانو و مرزهای آن را ارائه می‌کند، همچنین جایگاه مواد نانو و به خصوص نانو ذرات برجسته شده و روند تاریخی آن‌ها معرفی شده است، در فصل دوم مواد نانو ساختار با ذکر جزئیات و گونه‌های مختلف آن تشریح شده است، در فصل سوم به روش‌های شناسایی و آنالیز مواد نانو ساختار و نانو ذرات می‌پردازد، فصل چهارم خواص نانو ذرات را ارائه می‌کند و در سه فصل بعدی روش‌های مختلف فرآوری این مواد به ترتیب در محیط‌های مایع، گاز و جامد بررسی شده‌اند، اگرچه روش‌های فرآوری بسیار متنوع هستند، با وجود این سعی شده است اصلی‌ترین روش‌ها، همراه اصول فرایند، عوامل موثر بر مشخصات ذرات و ویژگی‌ها و معایب هر دو روش به طور جداگانه مورد بحث قرار می‌گیرند و در فصل پایانی کتاب، کاربرد وبازار نانو ذرات به اختصار معرفی شده است.

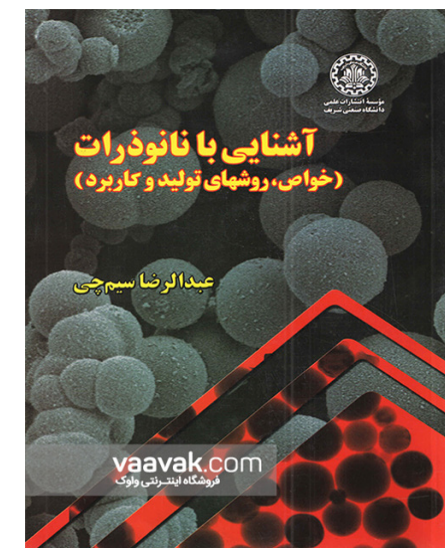
آشنایی با نانو ذرات (خواص، روش‌های تولید و کاربرد)

• نویسنده: عبدالرضا سیمچی

• تاریخ چاپ: ۱۳۹۳

• شابک: ۹۷۸۹۶۴۷۹۸۲۸۹۴

• ناشر: دانشگاه صنعتی شریف،
موسسه انتشارات علمی



نانو فناوری دانش وفنی است که اخیرا توجه بسیاری را به خود معطوف کرده است، گستره کاربرد این فناوری در علوم پزشکی، فناوری زیستی، مواد و ... می‌باشد که می‌توان از آن به عنوان یکی از انقلاب‌های بزرگ علمی دنیا نام برد.

هدف این کتاب معرفی نانوذرات و کاربرد آن‌ها است، روش‌های فرآوری بر مبنای اصول ساده علمی معرفی، مزایا و معایب هر کدام به چالش

خوردگی و پوشش‌های پلیمری

• نویسنده: محمود علی اف خضرای
و محمد حسین مرادی

• تاریخ چاپ: ۱۳۹۴

• شابک: ۹۶۴۹۳۰۴۸۹۴

• ناشر: ارمغان هنر

طرز کار آزمون‌های خوردگی، اصول طراحی پلاستیک‌های حاوی بازدارنده خوردگی و فیلم‌های حاوی بازدارنده خوردگی را نیز تشریح می‌کند.

تکنیک‌های پوشش دادن طراحی و کاربرد

- نویسنده: استن گرینچر
- مترجم: مسعود بینش
- سال چاپ: ۱۳۹۵
- شابک: ۹۶۴۷۰۸۹۷۴۰
- ناشر: طراح



باتوجه به اهمیت مکانیزم‌های تخریب و حفاظت سطح، فصل اول کتاب به مکانیزم‌های سایش اختصاص یافته و علاوه بر توضیح فرایندها و جنبه‌های اصلی سایش نظیر سایندگی، چسبندگی، خستگی سطحی، فرسایش و خوردگی، به مکانیزم‌های تشخیص عملی آن‌ها و آزمایش‌های مربوطه پرداخته است. فصل دوم به عملیات سطحی جوشکاری می‌پردازد، در جهت سهولت انتخاب مواد برای این منظور، انواع مختلف مواد به هفت گروه تقسیم شده و طی جداولی ویژگی‌های هر یک بیان شده است.

مواد و فرآیندهای پاشش حرارتی در فصل سوم مورد بررسی قرار گرفته است، علاوه بر آرایه مشخصه‌های مواد، انواع فرآیندها در این حوزه نظیر فلزپاشی، پودرپاشی و ... تبیین شده و ضمن ارائه مزایا و معایب هر روش، جنبه‌های کاربردی آن‌ها نیز باهم مقایسه شده است. پوشش‌های رسوب دهی الکتریکی و انواع روش‌های آن مانند پوشش دهی در وان، رسوب‌دهی شیمیایی، موضعی و آندکاری سخت در فصل چهارم آمده است. فصل پنجم به دو روش نوین و مهم رسوب‌دهی فیزیکی و شیمیایی اختصاص یافته و اصول کلی، مواد و کاربرد روش‌های تبخیر در خلا، پوشش دهی یونی، پراکنشی، پراکنش گازی، یونیزاسیون گازی را مورد بررسی قرار داده است، فصل ششم پوشش‌های پلاستیکی را مورد بررسی قرار می‌دهد و فصل هفتم، هشتم و نهم به ترتیب به عملیات پرداخت کاری سطحی و مسائل مربوط به تضمین کیفیت و ایمنی کار می‌پردازد.

عملیات سطحی مجموعه‌ای از فرآیندهایی را در برمی‌گیرد که به ایجاد یک لایه پوشش در سطح قطعه به منظور افزایش مقاومت به سایش و خوردگی و یا تعمیر و ترمیم سطح قطعه می‌انجامد. این فناوری‌ها در سال‌های اخیر پیشرفت سریعی داشته، اما شاید به دلیل ماهیت تخصصی آن، چشم‌انداز و سودمندی‌های آن هنوز دامنه گسترده‌ای را در برنگرفته است. این کتاب به عنوان کتاب مرجع برای کارشناسان و کارکنان حوزه مهندسی عملیات سطحی، با کاوش در سه عرصه مهم مواد، فرآیند و کاربرد، امکان و توانایی انتخاب پوشش‌های مهندسی را برای آن‌ها فراهم می‌آورد.



خانه نشریات معاونت فرهنگ اجتماعی دانشگاه شیراز با همکاری
واحد نشریات مدیریت امور فرهنگ دانشگاه تبریز برگزار می نماید:



روزنامه نگاری در نشریات سازمانی و ششمین کارگاه آموزشی ویژه دریافت مجوز نشریه

مدرس: استاد هوشنگ قلندری

- مؤلف کتاب روزنامه نگاری در نشریات دانشجویی؛ کتاب اصول و مبانی نشریات دانشگاهی؛ کتاب گرافیک مطبوعاتی
- مشاور طراحی و صفحه آرایی نشریات کاغذی و الکترونیک در دانشگاه های کشور
- رئیس کمیته داوران جشنواره های مختلف نشریات دانشجویی وزارت علوم و وزارت بهداشت

با ارایه گواهی معتبر از دانشگاه های شیراز و تبریز

سرفصل کارگاه:

- . مفاهیم اساسی در خبرنگاری و تیتراژ
- . تکنیک های مصاحبه
- . انواع مقاله های مطبوعاتی
- . شیوه های تهیه گزارش
- . گرافیک و صفحه آرایی نشریات
- . نشریات چند رسانه ای
- . دستورالعمل نشریات دانشگاهی

زمان: ۱۹ الی ۲۱ خردادماه ۱۴۰۰

ساعت ۱۶:۳۰ تا ۲۰

ثبت نام تا ۱۸ خردادماه ۱۴۰۰

مکان:

به صورت مجازی و آنلاین در سامانه دانشگاه تبریز

ثبت نام الکترونیک تا ۱۸ خرداد در سامانه

<http://Vohumanvet.ir/courses/farhangi012>

شرایط و مقررات:

۱. طبق ماده ۱۵ دستورالعمل اجرایی ضوابط ناظر بر نشریات دانشگاهی وزارت علوم، شرکت در این کارگاه برای صاحبان امتیاز، مدیران مسئول و سردبیران نشریات دارای مجوز از کمیته ناظر بر نشریات دانشگاهی که قصد انتشار نخستین شماره نشریه خود را دارند، الزامی است.

۲. صدور گواهینامه منوط به حضور در تمامی ساعات کارگاه (۱۰ ساعت) می باشد.

۳. این کارگاه ویژه دانشجویان دانشگاه شیراز و دانشگاه تبریز بوده و هزینه ثبت نام ۱۵ هزار تومان می باشد.