



آرک فراسوی مواد

گاهنامه علمی - دانشجویی فراسوی مواد | ویژه نامه معرفی رشته مواد و گرایش ها | پاییز ۱۴۰۰

انجمن علمی - دانشجویی دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران

گرایش خوردگی و حفاظت از مواد

گرایش ریخته گری

گرایش نانو مواد

گرایش جوشکاری

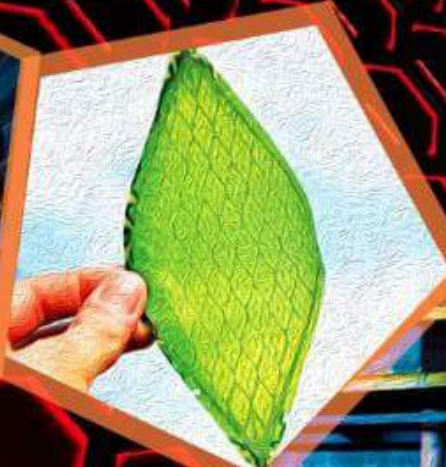
گرایش بیو مواد

گرایش سرامیک

گرایش شکل دادن فلزات

گرایش استخراج فلزات

گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی



تلب

شناسنامه

گاهنامه‌ی علمی-دانشجویی فراسوی مواد
دارای امتیاز نشریه‌ی حرفه‌ای
دوره‌ی پنجم، ویژه‌نامه‌ی معرفی رشته‌ی مهندسی مواد و
متالورژی و گرایش‌های آن، پاییز ۱۴۰۰

صاحب امتیاز: انجمن علمی-دانشجویی دانشکده‌ی مهندسی
مواد و متالورژی دانشگاه تهران

مدیر مسئول: ابوالفضل انوری
سردبیر: مبینا شادلو
ویراستار علمی: ابوالفضل انوری
ویراستار ادبی: مبینا شادلو
طراح جلد: علیرضا علی‌اصغری
طراح گرافیک و صفحه‌آرا:
پردیس پیروزمند و فاطمه معادی

اعضای هیئت تحریریه:

نیوشا اخوان ملایری، مرجان دریابان، رها امیراسکندری،
مبینا نجفی، نغمه آتش‌نژاد، امیرحسین حمیدی، محمدصالح
محمودی، مبینا شادلو، امیررضا اردلانی، مبین زربو، ساجده
زنده‌دل، رعنا کفیلی، ابوالفضل انوری و مرتضی فتاح‌پور

 FarasoyeMavadsj.ut.ac.ir

 [FarasoyeMavadUT](https://www.instagram.com/FarasoyeMavadUT)

 [@FarasoyeMavadUT](https://twitter.com/FarasoyeMavadUT)

فراسوی مواد



فهرست مطالب

سخن مختصر و (شاید) مفید مدیر مسئول، ابوالفضل انوری	۴
معرفی رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران	۵
معرفی گرایش انتخاب و شناسایی مواد	۱۳
معرفی گرایش بیومواد	۱۷
معرفی گرایش شکل دادن فلزات	۲۸
معرفی گرایش خوردگی	۳۷
معرفی گرایش استخراج فلزات	۴۴
معرفی گرایش نانوفناوری	۵۱
معرفی گرایش ریخته‌گری	۶۱
معرفی گرایش سرامیک	۶۶
معرفی گرایش مهندسی جوشکاری	۷۱
کلام آخر	۷۸

سخن مختصر و (شاید) مفید مدیرمسئول، ابوالفضل انوری

دانشجویان مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران،
مخصوصاً شما ورودی‌های ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ کارشناسی...

بند اول- هرکس که متالورژی و مهندسی مواد تهران
قبول می‌شود، دو تبریک بر او واجب است؛ تبریک اول
به مناسبت دانشگاه تهرانی شدن و تبریک دوم به خاطر
قبولی در رشته‌ای گسترده و آینده‌دار.

بند دوم- نشریه‌ی فراسوی مواد، بعد از کسب امتیاز
نشریه‌ی حرفه‌ای دانشجویی، این ویژه‌نامه را با هدف
آشنایی بیشتر دانشجویان با رشته و دانشکده ترتیب داده
است. اگر نام گرایش‌های ارشد و کلمات تخصصی‌ای را
دیدید که معنای آن‌ها را نمی‌دانستید، اصلاً نترسید. به دلیل
ماهیت بین‌رشته‌ای بودن مباحث مهندسی مواد و زمینه‌های
کاری مختلف، نیاز دیدیم که با دید گرایش‌های تخصصی‌تر
این رشته را معرفی کنیم؛ چرا که شما اگر انتهای مسیر را
بینید، از همین ابتدا می‌توانید تکلیف خودتان را مشخص
کنید که به چه چیزی علاقه دارید؛ مثلاً چه درس‌هایی را
بهتر بخوانیم تا در حوزه‌ی خاصی موفق‌تر شویم و از این
قبیل تخمین‌ها و تصمیم‌ها.

معرفی رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



نیوشا اخوان ملایری،

دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



علم مواد و متالورژی به عنوان یک صنعت مادر، نه تنها در حال حاضر نقش مهمی را در پیشبرد تکنولوژی دارد، بلکه پیش بینی می شود در آینده نیز یکی از عوامل مهم پیشرفت تمدن بشری باشد.

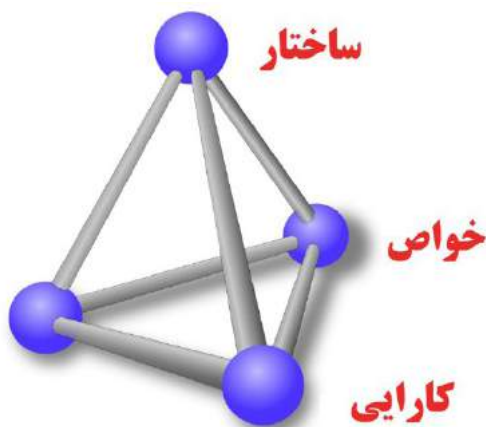
به زبان ساده، مهندسی مواد، استفاده ی عملی و کاربردی از علم مواد است. به بیان دیگر مهندسی مواد را می توان استفاده از رابطه ی موجود میان ساختار و خواص مواد برای ساخت و طراحی مواد جدید با خواص دلخواه دانست.

متالورژی به عنوان یک علم، دانش نسبتاً جوانی است که تنها صدسال از عمر آن می گذرد و با کشف روش های جدید استخراج و تصفیه ی فلزات، شناسایی مشخصات ساختاری و فیزیکی مواد، فنون جدید شکل دادن و تولید فلزات متولد شده است و در گذشته ی دورتر، از آن به عنوان هنر متالورژی یاد می شد.

هرم علم مواد

یک دانشمند مواد باید به چهار مفهوم به هم وابسته **ساختار، خواص، کارایی و فرایند** به خوبی مسلط باشد. ماده با به کارگیری مجموعه ای از روش های پردازش همچون ریخته گری، شکل دهی، جوشکاری، متالورژی پودر و غیره، سنتز و ساخته می شود.

ساختار ماده بسته به نوع روش پردازش، مشخص می شود و ساختار نیز به همین ترتیب خواص را مشخص می کند که این خواص کارایی ترکیب را دیکته خواهند کرد. بنابراین تمامی این مفاهیم به یکدیگر مرتبط هستند.



هدف مهندسی مواد را می توان تولید مواد با کارایی های مورد نیاز جهان امروزی دانست. در واقع مهندسی مواد با شناخت تمام عناصر ذکر شده باید ماده ای تولید کند که نیازهای امروزی را برطرف کند، در شرایط استفاده کارایی مورد نیاز را داشته باشد، هزینه ها را تا حد امکان کاهش دهد و منابع طبیعی را حفظ کند. همچنین مواد تولید شده باید دوستدار محیط زیست باشند و سلامت کمره ی زمین و موجودات زنده را تهدید نکنند.

شکل ۱ - هرم علم مواد شامل چهار مفهوم ساختار، خواص، کارایی و فرایند

وضعیت نیاز کشور به این رشته در حال حاضر

از آنجایی که امروزه متالورژی در کلیه ی صنایع نقش مهمی را ایفا می کند، نیاز کشور به این رشته و فارغ التحصیلان این رشته نسبتاً زیاد و فراوان است.

توانایی‌های مورد نیاز یک مهندس مواد و متالورژی

توانایی ادراکی: دانشجوی

این رشته، باید ذهنی خلاق و کنجکاو داشته و همچنین به این رشته علاقه‌مند باشد.

توانایی علمی: وقتی صحبت از

مهندسی مواد می‌شود، دو علم شیمی و فیزیک اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کنند. چرا که بررسی خواص مواد بدون آشنایی با این دو علم امکان‌پذیر نیست. دانشجوی این رشته علاوه بر فیزیک و شیمی، باید از دانش ریاضی نیز اطلاعات کافی داشته و قدرت تجزیه و تحلیل خوبی داشته باشد. همچنین نیاز به آشنایی با زبان

انگلیسی در این رشته همانند بسیاری از دیگر رشته‌های مهندسی اهمیت دارد.

توانایی کارهای عملی: بسیاری

از مردم تصور می‌کنند که یک مهندس متالورژی فقط در کنار کوره کار می‌کند و به همین دلیل برای موفقیت در این رشته، اصل را بر قدرت بدنی و توان جسمانی بالا می‌گذارند اما این یک تصور اشتباه است؛ زیرا بدون شک مهندس این رشته بیش از توان جسمانی خوب نیاز به ذهنی خلاق و کنجکاو دارد و همچنین باید به این رشته علاقه‌مند باشد تا بتواند به پیشبرد علم متالورژی کمک کرده و یا

حداقل در بازار کار، مهندسی موفق شود. لازم به ذکر است رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی به‌عنوان یکی از رشته‌های مادر، گرایش‌های زیادی دارد که دانشجویان این رشته در مقاطع بالاتر بر حسب توانایی و علاقه می‌توانند یکی از این گرایش‌ها را انتخاب کنند. این رشته، برخلاف انتظار عموم صرفاً به فلزات ختم نمی‌شود؛ چرا که می‌توان به گرایش‌های دیگری از این رشته مانند نانومواد، بیومواد، سرامیک‌ها و غیره اشاره کرد که با قدرت بدنی فرد ارتباطی ندارد و اکثراً آزمایشگاهی هستند.

اختصاصی دانشگاه تهرانی‌ها

دانشکده‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران، در خیابان کارگر شمالی و پردیس دانشکده‌های فنی واقع شده است.

دانشکده‌ی مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه تهران با زیربنایی بالغ بر ۱۷۸۰۰ متر مربع، سرانه فضای آموزشی و کمک آموزشی برابر ۲۹ متر مربع به‌ازای هر دانشجو را دارد. این دانشکده با دارا بودن تعداد ۳۲ آزمایشگاه و کارگاه آموزشی و پژوهشی و با در اختیار داشتن تجهیزات مناسب و به‌روز مانند دستگاه‌های TEM، SEM، XRD، SSRT، EG & G و غیره، امکانات پژوهشی ویژه و موقعیت منحصر به فردی را نه تنها در کشور بلکه در سطح خاورمیانه داراست.

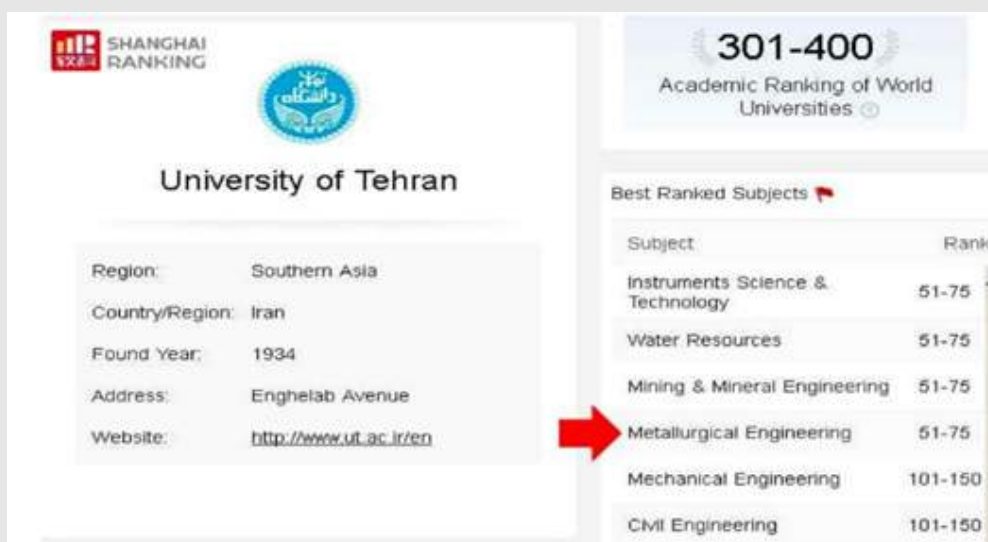


شکل ۲- یکی از ورودی‌های دانشکده‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران واقع در خیابان کارگر شمالی

آخرین رتبه‌بندی رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران بر اساس نظام رتبه‌بندی شانگهای

در حال حاضر طبق این رتبه‌بندی، رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران در رتبه‌ی نخست کشوری و همچنین رتبه‌ی ۵۱-۷۵ در سطح جهانی قرار دارد.

رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی، یکی از رشته‌های زیرگروه ۱ در پذیرش دانشگاه‌های کشور است که دانشجویان با گذراندن آزمون ورودی دانشگاه‌ها هر ساله در این رشته در دانشگاه‌های مختلف کشور از جمله دانشگاه تهران پذیرفته می‌شوند.



SHANGHAI RANKING	
301-400 Academic Ranking of World Universities	
University of Tehran	
Region:	Southern Asia
Country/Region:	Iran
Found Year:	1934
Address:	Enghelab Avenue
Website:	http://www.ut.ac.ir/en
Best Ranked Subjects	
Subject	Rank
Instruments Science & Technology	51-75
Water Resources	51-75
Mining & Mineral Engineering	51-75
Metallurgical Engineering	51-75
Mechanical Engineering	101-150
Civil Engineering	101-150

شکل ۳- جایگاه رشته‌ی مهندسی متالورژی دانشگاه تهران در جهان بر اساس رتبه‌بندی شانگهای

در دانشگاه‌های دیگر کشور، دانشجویان باید گرایش مورد نظر خود را از بین سه گرایش متالورژی استخراجی، متالورژی صنعتی و سرامیک در مقطع کارشناسی انتخاب کنند اما در مقطع کارشناسی دانشگاه تهران، انتخاب گرایشی صورت نمی‌گیرد و پیش‌گفتاری از تمامی گرایش‌ها تدریس می‌شود.

در مقطع کارشناسی دانشگاه تهران، دانشجویان فقط از بین دو شاخه‌ی بلور و استاتیک، یک شاخه را انتخاب می‌کنند و طبق چارت درسی همان شاخه که از جانب آموزش دانشکده پیشنهاد می‌شود، هر ترم واحدهای درسی خود را اخذ می‌کنند. البته لازم به ذکر است که در نهایت تمامی دانشجویان از هر دو شاخه واحدهای مشابهی را می‌گذرانند و فقط ترتیب برداشتن دروس در ترم‌های مختلف، برای آن‌ها متفاوت است.

مبنای اسم‌گذاری دو شاخه فقط بر اساس اولین درس اختصاصی است که دانشجویان در ترم دوم اخذ می‌کنند؛ بدین صورت که دانشجویان شاخه‌ی استاتیک در ترم دوم اولین درس تخصصی را استاتیک انتخاب کرده و به همین ترتیب دانشجویان شاخه‌ی بلورشناسی، درس بلورشناسی را اخذ می‌نمایند.

به‌طور معمول دانشگاه تهران برای این رشته، هر ساله ۶۰ نفر ظرفیت دانشجویان ورودی جدید را دارد.

دروس رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی

دانشجویان در طول سال تحصیل ۲۲ واحد از دروس عمومی، ۳۰ واحد از دروس پایه، ۷۷ واحد از دروس تخصصی، ۱۳ واحد دروس اختیاری و ۲ واحد از کارآموزی را می‌گذرانند.



دروس پایه رشته



شیمی عمومی	برنامه‌نویسی کامپیوتر	فیزیک ۱ و ۲	ریاضی ۱ و ۲
محاسبات عددی	ریاضی مهندسی	معادلات دیفرانسیل	نقشه‌کشی صنعتی
	آزمایشگاه شیمی	آزمایشگاه فیزیک ۱	

دروس تخصصی رشته



اصول خوردگی و اکسیداسیون	آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد	مهندسی سطح	استاتیک
هیدرومتالورژی	مقاومت مصالح	انتقال مطالب علمی و فنی	زبان تخصصی
شناخت آلیاژهای مهندسی	ترمودینامیک و سینتیک مواد	آزمایشگاه متالوگرافی	پیرومتالورژی
پروژه‌ی کارشناسی	اصول انجماد و ریخته‌گری	شیمی فیزیک مواد	اقتصاد و مدیریت مهندسی
پدیده‌های انتقال	اصول شکل‌دادن فلزات	متالورژی فیزیکی ۱ و ۲	آزمایشگاه بلورشناسی
مواد سرامیکی	آزمایشگاه عملیات حرارتی	مواد پلیمری	بلورشناسی
عملیات حرارتی	آزمایشگاه خوردگی	مواد کامپوزیتی	خواص مکانیکی مواد ۱ و ۲
آزمایشگاه متالورژی استخراجی	مبانی مهندسی برق	کارگاه عمومی	روش‌های آنالیز مواد
آزمایشگاه انجماد و ریخته‌گری		آزمایشگاه اتصال فلزات	اصول و فرایندهای اتصال فلزات

دروس اختیاری رشته



مواد مغناطیسی	فروآلیاژها	مواد دیرگداز	آشنایی با ارزش‌های دفاع مقدس
بازرسی غیرمخرب	فلسفه‌ی علم و تکنولوژی	آزمایشگاه متالورژی پودر	مبانی کارآفرینی
آزمایشگاه بازرسی غیرمخرب	سرامیک‌های مهندسی	ترمودینامیک مواد ۲	مهارت‌های زندگی
آزمایشگاه تخصصی ریخته‌گری	علم و فناوری شیشه‌ها	فیزیک مدرن	تریبولوژی
تولید فلزات غیرآهنی	پوشش‌دهی و حفاظت مواد	کنترل فرایندها	نانومواد
خواص الکترونی مواد	شبیه‌سازی در فرایندهای ساخت	آزمایشگاه شکل‌دادن فلزات	متالورژی پودر
بازیافت مواد	بیومواد	تکنولوژی ریخته‌گری فلزات	فولادسازی
ملاحظات محیط زیست	جوشکاری آلیاژهای صنعتی	کانه‌آرایی	سوخت و انرژی

مهم ترین دروس تخصصی رشته مهندسی مواد

کریستالوگرافی (بلورشناسی): معرفی ساختار داخلی مواد از لحاظ نوع و شکل چیدمان اتم‌ها، نام گذاری ساختار داخلی مواد و همچنین برقراری ارتباط بین نوع چیدمان کریستالی، طبیعت ماده و خواص حاصل.

شیمی فیزیک مواد: معرفی قوانین حاکم بر مواد در حالت‌های جامد و مایع، بررسی انرژی‌های مؤثر در تشکیل و تجزیه مواد و همچنین پیش‌بینی انجام واکنش‌های شیمیایی. **خواص مکانیکی ۱ و ۲:** بررسی خواص مکانیکی مواد از جمله استحکام، سختی، انعطاف‌پذیری و تغییر شکل در دمای محیط یا دمای بالا و توجیه عوامل مؤثر بر حصول خواص مورد نظر از نقطه نظر ساختار داخلی مواد.

خواص فیزیکی ۱ و ۲: بیان وابستگی خواص مواد و قطعات بر اساس ویژگی‌های فیزیکی همچون ارتباط عناصر و اتم‌های مختلف با یکدیگر و امکان توسعهی آلیاژهای جدید بر اساس قوانین مشخص.

ترمودینامیک و سینتیک مواد: بررسی سینتیک تشکیل مواد و محلول‌های مختلف مایع و جامد بر اساس دمای ذوب و تبخیر و میزان انحلال‌پذیری و همچنین تکمیل مباحث مطرح‌شده در درس شیمی فیزیک.

عملیات حرارتی: انجام عملیات گرمایی در زمان، دما و محیط مشخص به منظور بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی قطعه‌ی تولیدشده به روش معین و بر اساس ارتباط بین ریزساختار داخلی با تغییرات دما و زمان.

شکل‌دهی فلزات: بررسی و شناخت روش‌های تولید قطعات، پارامترهای مؤثر و همچنین اثرات نوع آلیاژ مطلوب بر انتخاب روش مناسب تولید.

اصول انجماد و ریخته‌گری: شناخت فرایند انجماد و اصول حاکم بر آن در حین ذوب و ریخته‌گری به عنوان یکی از وسیع‌ترین روش‌های تولید قطعات.

فارغ التحصیلان رشته مهندسی مواد در صنعت

گستره‌ی وسیعی از کارهای نظارتی، عملیاتی، تولیدی و اجرایی توسط فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی مواد قابل انجام است و در اینجا، تنها به برخی از شاخص‌ترین مواردی که یک فارغ‌التحصیل این رشته می‌تواند در آن‌ها شاغل شود پرداخته‌ایم:

شرکت‌های خودروسازی، ساخت قطعات مانند شرکت‌های ریخته‌گری یا اکستروژن‌نورد، جوشکاری به روش‌های پیشرفته، صنایع فولاد، مس و آلومینیم، بازرسی خطوط انتقال نیرو، آب و نفت، صنایع هوافضا و نظامی، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، ساخت ظروف و قطعات آشپزخانه، پوشش‌دهی سطح قطعات منزل و ادارات، ساخت و پوشش‌دهی قطعات تزئینی، شبیه‌سازی فرایندها و قطعات صنعتی، صنایع الکترونیک، مشاوره در انتخاب مواد و آلیاژهای مورد استفاده در بخش‌های صنعتی مختلف، بازیافت و مهندسی پزشکی.

معرفی مسئولین دانشکدهی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



دکتر مهدی ملکان

ریاست

دانشکدهی مهندسی متالورژی و مواد



دکتر محمود سرکاری خرمی

معاونت آموزش و تحصیلات تکمیلی
دانشکدهی مهندسی متالورژی و مواد



دکتر حامد میرزاده سلطانپور

معاونت پژوهشی

دانشکدهی مهندسی متالورژی و مواد

ادامه‌ی تحصیل در مقاطع بالاتر رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی

برای ادامه‌ی تحصیل در رشته‌ی مهندسی مواد، دانشجویان می‌توانند یکی از گرایش‌های ذیل را برای کارشناسی ارشد انتخاب کنند:

۱- گرایش شناسایی و انتخاب مواد ۲- گرایش بایومتریال (بیومواد):

مهندسی:

دانشجویان این گرایش توانایی‌های طراحی و ارائه‌ی روش‌های ساخت و همچنین بررسی علل تخریب و ارائه‌ی روش‌های مناسب برای جلوگیری از آن را کسب می‌کنند. شناسایی و انتخاب مواد مهندسی به‌عنوان یک رشته‌ی مهم و اساسی در بسیاری از علوم و صنایع از جمله خودروسازی، هوافضا، معادن، پزشکی و غیره کاربرد بنیادین دارد.

کاربرد این گرایش در استفاده از بافت‌های زنده و مواد مصنوعی به‌منظور کاشت آن‌ها در بدن نمود پیدا می‌کند. انتخاب مواد صحیح برای کاشت و پیوند در بدن انسان یکی از حساس‌ترین و مشکل‌ترین عملیات مهندسی پزشکی است. آلیاژهای فلزی، سرامیک‌ها، پلیمرها و کامپوزیت‌ها از جمله مواد مورد استفاده در کاشت بافت‌های مصنوعی هستند. اینگونه مواد باید غیرسمی، غیرسرطان‌زا، از نظر شیمیایی غیرفعال و بادوام و همچنین دارای قدرت مکانیکی کافی باشند.

۳- گرایش نانومواد:

موادی که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، مواد نانویی یا نانومواد نامیده می‌شوند. خواص و کاربردهای نانومواد باعث شده است که در اکثر حوزه‌ها نفوذ کرده و سبب پیشرفت‌های نوین شوند.

۷- گرایش استخراج فلزات:

در استخراج فلزات ابتدا باید کانه‌ی مربوط به هر فلز را شناسایی و از معادن استخراج کرد و سپس با انجام یکسری فعالیت‌های شیمیایی و فیزیکی، فلز مورد نظر را به‌حالت عنصری از سنگ معدن یا کانه‌ی آن به‌دست آورد.

۴- گرایش شکل دادن فلزات:

در این گرایش اصول و روش‌های شکل دادن فلزات با استفاده از اعمال نیرو به آن‌ها بررسی می‌شود. نزدیک‌ترین گرایش ارشد مهندسی مواد به مجموعه‌ی مهندسی مکانیک همین گرایش است. به‌طوری که دانشجویان این گرایش جهت موفقیت در ادامه‌ی روند تحصیلی و شغلی نیازمند یادگیری اکثر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مکانیکی و طراحی مکانیکی هستند.

۸- گرایش سرامیک:

این گرایش به‌منظور تولید مواد سرامیکی و روش‌های تبدیل آن‌ها به فرآورده‌های مفید ایجاد شده است. علم سرامیک به‌طور کلی علم ساختن و به‌کار بردن اشیای جامدی است که اجزای تشکیل‌دهنده‌ی اصلی و عمده‌ی آن‌ها، مواد غیرآلی و غیرفلزی است. مشخصه‌ی اصلی سرامیک‌ها، مقاومت بسیار زیاد آن‌ها در برابر تأثیر مواد شیمیایی و دماهای بالا است. به همین دلیل در ساخت قطعات مقاوم نسبت به خوردگی و یا در روش‌های حفاظت از خوردگی، از آن‌ها استفاده زیادی می‌شود.

۵- گرایش خوردگی و حفاظت مواد:

این گرایش جهت بهبود و مقابله با اثرات زیان‌بار پدیده‌ی خوردگی و ارائه‌ی روش‌های نوینی برای این کار پدید آمده است. سالانه هزینه‌های قابل توجهی برای جبران این پدیده‌ی مخرب پرداخت می‌شود. همچنین ذخایر فلزی جهان رو به اتمام است، در نتیجه نیازها به علم خوردگی و حفاظت روز به روز بیشتر می‌شود.

۹- گرایش ریخته‌گری:

در این گرایش تکنیک‌های مربوط به روش‌های مختلف ریخته‌گری به‌عنوان بخشی از روش‌های شکل‌دهی قطعات فلزی مورد بحث قرار گرفته است. ریخته‌گری فن شکل دادن فلزات و آلیاژها از طریق ذوب، ریختن مذاب در محفظه‌ای به نام **قالب** و آن‌گاه سرد کردن و انجماد آن مطابق شکل محفظه‌ی قالب است.

۶- گرایش جوشکاری:

گرایش جوشکاری به‌منظور تربیت نیروهای متخصص در زمینه‌ی اتصالات مواد مختلف (اعم از فلزی و غیرفلزی) به‌گونه‌ای که خواص اتصال برابر با خواص ماده‌ی پایه باشد، برنامه‌ریزی شده است.

معرفی گرایش انتخاب و شناسایی مواد



مرجان دریابان،

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران



هر یک از این چهار کارکرد از نظر فکری چالش برانگیز است اما آنچه که سبب جذابیت رشته‌ی علم مواد می‌شود، وابستگی این چهار کارکرد به یکدیگر است. در واقع جدا از شیمی، فیزیک، مهندسی، زیست‌شناسی، علوم زمین و ریاضیات، این همان چیزی است که جایگاه علم مواد را به خودی خود به یک رشته ارتقاء می‌دهد.

گرایش شناسایی و انتخاب مواد

شناسایی و انتخاب مواد مهندسی گرایشی از رشته‌ی مهندسی مواد است که علاوه بر آن به‌صورت بین‌رشته‌ای در رشته‌های دیگر نیز کاربرد دارد. به عبارت دیگر شما هرگونه شغل از جمله تولید، واردات مواد اولیه، و فروش به صنایع مختلف را داشته باشید، یا اگر حین تحقیقات دانشگاهی و علمی برای مواد و دستگاه‌های خود نیاز به شناسایی و انتخاب داشته باشید، با گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی سر و کار خواهید داشت. شناسایی و انتخاب مواد مهندسی به‌عنوان رشته‌ای مهم و اساسی و پایه در بسیاری از علوم و صنایع از جمله خودروسازی، هوافضا، معادن، پزشکی و غیره کاربرد بنیادین دارد.

در زمینه‌ی شناسایی و انتخاب مواد مهندسی، دامنه‌ی وسیعی از مواد در دسترس هستند که هر کدام خواص، امتیازها، محدودیت‌ها و کاربردهای خودشان را دارند. این مواد را به پنج دسته کلی زیر می‌توان تقسیم کرد:

۱. مواد فلزی
۲. مواد پلیمری
۳. سرامیک‌ها
۴. کامپوزیت‌ها
۵. سایر (نظیر چوب، نیمه‌هادی‌ها و غیره)

از طرف دیگر هنگام انتخاب یک ماده برای یک کاربرد خاص، خواص ماده باید تأمین‌کننده کاربرد و شرایط کارکرد جزء یا ساختاری باشند که در حال طراحی است.

علم مواد یک رشته‌ی میان‌رشته‌ای است که شامل خصوصیات ماده و کاربردهای آن در زمینه‌های مختلف علمی و مهندسی بوده و عناصر کاربردی در فیزیک و شیمی و همچنین مهندسی مکانیک، مهندسی عمران و مهندسی برق را داراست.

بر اساس گزارش‌های ارائه‌شده از سوی دانشگاه موناش^۱ استرالیا، پنج دلیل برای انتخاب رشته‌ی مهندسی مواد وجود دارد:

۱. جذابیت رشته به‌دلیل چندرشته‌ای بودن آن
۲. وجود مشاغل متنوع مرتبط
۳. به‌دست آوردن طیف گسترده‌ای از مهارت‌ها
۴. تحقیقات دانشگاهی قوی و ارتباط با صنعت
۵. کسب یک حرفه‌ی بین‌المللی

شناسایی و انتخاب مواد مهندسی مجموعه‌ای از دروس نظری، آزمایشگاهی پیشرفته و پروژه‌های تحقیقاتی است که برای طراحی و بهینه‌سازی مواد مهندسی و پژوهش در خواص و ارتباط با روش ساخت آن‌ها برنامه‌ریزی شده است. این رشته شامل دروس اصلی گرایش مهندسی متالورژی است و به‌صورت معمول در مجموعه‌ها و گروه‌های مهندسی متالورژی سراسر کشور ارائه می‌شود.

علم مواد چیست؟

چه چیزی علم مواد را تشکیل می‌دهد؟ شاید ساده‌ترین راه برای پاسخ به این سوال این باشد که ببینیم دانشمندان از چه موادی استفاده می‌کنند.

۱. تعیین ساختار مواد
۲. اندازه‌گیری خصوصیات ماده
۳. روش‌های پردازش مواد به‌عنوان مثال: تولید مواد جدید و تبدیل مواد موجود به موارد مصرفی مفید
۴. چگونگی تولید یک ماده‌ی مناسب با توجه به هدف و دریافت بهترین عملکرد

^۱ Monash University

در طراحی هرگونه قطعه‌ی مهندسی، انتخاب مواد آن است. انتخاب مواد به‌گونه‌ای که هم در حین ساخت و هم در حین کاربرد مناسب باشند و حتی بعد از دور ریخته شدن گزینه‌ی مناسبی برای چرخه‌ی طبیعت باشند، از مهم‌ترین قسمت‌های طراحی است.

مهندسان طراح، یک‌سری آزمایش‌ها و آنالیزهای مواد هم به‌صورت فیزیکی و هم به‌صورت مجازی با مدل‌سازی و شبیه‌سازی برای یافتن بهترین ماده جایگزین انجام می‌دهند. عواملی که قبل از انتخاب یک ماده برای مهندسی باید لحاظ شوند به‌شرح زیر است:

۱. هزینه‌ی ماده
۲. قابلیت تولید آن
۳. مسائل محیط زیستی
۴. خواص شیمیایی
۵. خواص فیزیکی
۶. خواص مکانیکی

دروس تخصصی گرایش شناسایی و انتخاب مواد

طبق مشخصات کلی، برنامه و آخرین سرفصل دروس وزارت علوم برای دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مواد، دانشجویان این گرایش در مقطع کارشناسایی ارشد دروس اجباری زیر را پشت سر می‌گذارند:

دروس اجباری

- ترمودینامیک پیشرفته‌ی مواد (۲ واحد)
- تغییر حالت‌های متالورژیکی (۲ واحد)
- خطاهای اندازه‌گیری در تحقیق مواد (۱ واحد)
- آزمایشگاه روش‌های پیشرفته‌ی مطالعه‌ی مواد (۱ واحد)
- روش‌های پیشرفته‌ی مطالعه‌ی مواد (۲ واحد)
- فرایندهای انجماد پیشرفته (۳ واحد)
- تئوری نابجایی (۳ واحد)

تعداد واحدهای درسی این دوره ۳۲ واحد بوده که از این میان ۱۴ واحد دروس اجباری، ۸ واحد دروس اختیاری، ۸ واحد پروژه‌ی پایان‌نامه و ۲ واحد سمینار هستند. دروس خواص مکانیکی دو، ریاضیات مهندسی، انتخاب مواد فلزی، انتقال مطالب علمی و فنی و مواد پیشرفته از دروس جبرانی این گرایش هستند.

خواصی که مستقیماً بر انتخاب ماده اثر می‌گذارند، می‌توانند به دسته‌های زیر تقسیم شوند:

۱. خواص مکانیکی نظیر سفتی^۲، استحکام^۳، شکل‌پذیری^۴، سختی^۵، چقرمگی^۶ و غیره
۲. خواص فیزیکی نظیر چگالی، هدایت الکتریکی، هدایت حرارتی و غیره
۳. خواص شیمیایی نظیر مقاومت خوردگی در محیط‌های مختلف
۴. خواص تولید نظیر قابلیت شکل‌پذیری، قابلیت ماشین‌کاری، سهولت اتصال و غیره

ملزومات یک محصول به‌طور مستقیم توسط خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی آن به‌دست می‌آیند. با این حال برای اینکه محصول از نظر فنی قابل تولید باشد، ماده باید خواص مناسب تولید داشته باشد. به‌عنوان مثال یک قطعه فورج، نیاز به ماده‌ای با قابلیت جریان‌یابی کافی بدون ترک‌خوردن حین فورجینگ^۷ دارد. یک نمونه ریختگی نیاز به ماده‌ای دارد که به‌سهولت در حالت مذاب جریان یابد و قالب را پر کند و هنگام انجماد تخلخل‌ها و ترک‌های نامطلوب ایجاد نکند.

شناسایی مواد و مشخصه‌گذاری فیزیکی آن‌ها، کلید فهم کاربردهای مهندسی، کنترل کیفیت و علل تخریب هستند. از جمله مهم‌ترین روش‌های شناسایی مواد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. متالوگرافی
۲. آزمایشگاه خواص مکانیکی
۳. میکروسکوپ الکترونی روبشی
۴. میکروسکوپ الکترونی عبوری
۵. آزمایشگاه خوردگی
۶. آزمایش‌های غیرمخرب
۷. تفرق اشعه ایکس

یکی از قسمت‌های بسیار مهم گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی، انتخاب مواد است. مسلماً یکی از اولین قدم‌ها

^۲Stiffness

^۲Hardness

^۳Strength

^۳Toughness

^۴Ductility

^۷Forging

توانایی‌ها و مهارت‌های مورد نیاز مهندسان این گرایش

سخن پایانی با خواننده

گرایش شناسایی و انتخاب مواد به عنوان اصلی‌ترین و پایه‌ترین گرایش مهندسی مواد به شمار می‌رود که این شرایط را برای دانشجو ایجاد می‌کند تا امکان ادامه‌ی تحصیل در این رشته را تا مقطع دکتری در ایران و در خارج از کشور داشته باشد. همچنین در زمینه‌های تحقیقاتی، دانش انتخاب مواد و چگونگی فرایند تولید تا اجرا را فراهم می‌سازد.

با توجه به این که افراد شاغل در صنایع و مراکز تحقیقاتی درگیر مسائلی همچون انتخاب ماده و فرایند برای تولید می‌باشند، تحصیل در این دوره می‌تواند موجب افزایش توانمندی‌های آنان شود.

دانش‌آموختگان مهندسی مواد گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی، در زمینه‌های زیر توانایی کسب می‌کنند:

- طراحی و ارائه‌ی روش‌های ساخت
- بررسی علل تخریب و ارائه‌ی روش‌های مناسب برای جلوگیری از آن
- همکاری در زمینه‌ی طراحی، تأسیس و گسترش مراکز صنعتی و آموزشی کشور

معرفی گرایش بیومواد



رها امیر اسکندری،

دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



از جمله فناوری‌های روز دنیا، می‌توان به مهندسی بیومواد اشاره کرد که زمینه‌ساز پیشرفت‌های فوق‌العاده درمانی و پزشکی است. با عنایت به مرتبط بودن مهندسی بیومواد و مفاهیم مهم رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی، گرایشی در مقطع کارشناسی ارشد به این حوزه اختصاص یافته است که دانشجویان را بیشتر با تعریف، عملکرد، خواص، انواع و روش‌های سنتز بیومواد آشنا می‌کند.

بیومواد



شکل ۱ - نمونه‌هایی از کاربرد بیومواد در بدن انسان

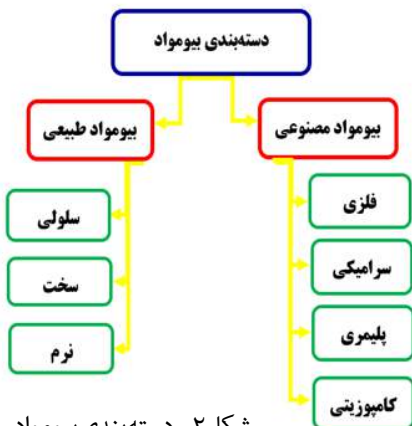
از نگاه واژه‌شناسی، **بایومتریال (Biomaterial)** از دو عبارت **بایو (Bio)** به معنای زیستی و **متریال (Material)** به معنی **مواد**، ساخته شده است که به این مواد، **زیست‌مواد** نیز می‌گوییم.

بیومواد نقش گسترده‌ای در پزشکی با بازگرداندن عملکرد قسمت آسیب‌دیده در بدن یا تسهیل روند بهبود برای بیماران پس از آسیب‌دیدگی یا مبتلا شدن به بیماری، دارند. بیومواد می‌توانند به دو صورت **طبیعی** یا **سنتزی (مصنوعی)** باشند و در کاربردهای مختلف پزشکی برای پشتیبانی، تقویت و بهبود یا جایگزینی بافت آسیب‌دیده یا عملکرد بیولوژیکی

استفاده شوند. اولین استفاده‌ی تاریخی از بیومواد مربوط به دوران باستان است؛ زمانی که مصریان باستان از بخیه‌های ساخته‌شده از رباط‌های حیوانات استفاده می‌کردند. امروزه می‌توان بیومواد را زمینه‌ی ادغام داروسازی، زیست‌شناسی، فیزیک و شیمی دانست که جدیداً متأثر از مهندسی بافت و مهندسی مواد است. این زمینه در دهه‌ی گذشته، به علت اکتشافات در زمینه‌ی مهندسی بافت، داروهای احیاکننده^۱ و سایر زمینه‌های مرتبط، به‌طور چشم‌گیری کاربرد داشته است.

فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها، شیشه‌ها و حتی سلول‌های زنده و بافت، همگی می‌توانند در ساخت یک بیوماده به کار گرفته شوند. این مواد می‌توانند بازطراحی شوند و آن‌ها را می‌توان به قطعات قالب‌دهی یا ماشین کاری شده، پوشش‌ها، الیاف، فیلم‌ها، فوم‌ها و پارچه‌ها برای استفاده در محصولات و دستگاه‌های بیومواد تبدیل کرد. این محصولات و دستگاه‌ها ممکن است شامل دریچه‌های قلب، ایمپلنت‌های مفصل ران، ایمپلنت‌های دندان، لنزهای تماسی یا محصولات بسیار دیگری باشد [۱].

طبقه‌بندی بیومواد



شکل ۲ - دسته‌بندی بیومواد

طبقه‌بندی بیومواد برای استفاده‌ی مناسب در صنایع پزشکی مطابق با استانداردهای مرجع ضروری است. این مواد بر اساس منشأ به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. بیومواد مصنوعی مورد استفاده در پزشکی طوری طراحی شده‌اند که در صورت بروز نارسایی (اختلال) در اعضای بدن، عملکرد بیولوژیکی را تا حدی یا به‌طور کامل برطرف کنند.

همچنین بیومواد بر اساس واکنش با بافت بدن به سه دسته تقسیم می‌شوند که اشاره‌ی مختصری به هر کدام از آن‌ها می‌شود:

۱. مواد زیست‌خشی: موادی هستند که با هیچ‌یک از بافت‌های اطراف، پیوند مستقیم برقرار نمی‌کنند. این ترکیبات، خواص مکانیکی مطلوب داشته و توانایی تحمل بدن را برای مقاومت در برابر فشارهای فیزیولوژیکی افزایش می‌دهند. نتیجه‌ی کاشت مؤثر این مواد در بدن بیماران، طی زمان مشخص می‌شود.

۲. مواد زیست‌فعال: این مواد با بافت‌های اطراف پیوند شیمیایی برقرار کرده و عملکرد پایدارتر در مدت زمان طولانی یا برای دوره‌ی مورد نظر تضمین می‌کنند. پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، هیدروژل‌ها، سرامیک‌های زیست‌فعال و زیست‌تخریب‌پذیر از جمله این مواد هستند.

۳. مواد زیست‌تخریب‌پذیر: این مواد به مرور زمان تخریب شده و جای خود را به بافت طبیعی جایگزین شده می‌دهند. مواد زیست‌تخریب‌پذیر کاربرد گسترده‌تری داشته و با داربست‌های مهندسی بافت سروکار دارد. این مواد می‌توانند با استفاده از فناوری میکرو یا نانو از نظر شیمیایی، تخریب یا تجزیه شوند.

♦ سنتز بیومواد

بیومواد به عنوان تجهیزات پزشکی در داخل بافت‌ها و ارگان‌های بدن کاشته می‌شوند؛ بنابراین، اصول کلیدی ساختار نرمال و غیرنرمال سلول‌ها، بافت‌ها و ارگان‌ها کنترل می‌شود و مکانیزم‌های اساسی فرایند بیماری و تکنیک‌هایی که ساختار و عملکرد نرمال و غیرنرمال بافت‌ها را تعیین می‌کند، مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

یکی از اصلی‌ترین چالش‌هایی که در پزشکی و پیوند اعضای بدن مطرح است، تعداد بسیار کمتر اهداکنندگان نسبت به تعداد بیماران نیازمند پیوند است. علاوه بر آن، عفونت‌ها و پس‌زده‌شدن بافت از طرف بدن بیمار پذیرنده، فرایند پیوند را بیشتر به چالش می‌کشد.

از جمله راه‌حل‌های مقابله با این مشکلات، ساخت اندام‌های سالم از سلول‌های خود بیمار است که می‌تواند زندگی فردی که نیاز به عضو جدید دارد را نجات دهد. برای دستیابی به این امر، ترکیب علوم زیستی و مهندسی لازم است.

به یکی از جدیدترین متدها در این زمینه به اختصار پرداخته می‌شود:

فناوری ذوب پرتو الکترونی (EBM) در ساخت ایمپلنت

اساساً روش بازسازی سه‌بعدی دیجیتالی مدل‌های آناتومیکی، فرصت‌های کاملاً جدیدی را برای صنایع مختلف ایجاد کرده است. ساخت ایمپلنت‌های ارتوپدی نیز از همراهی با مدل‌سازی سه‌بعدی بازماندند و پیشرفت شایانی کردند. از آنجایی که استخوان هر انسان شکل متفاوتی داشته و در زمان شکستن، ترمیم آن نیاز به عمل منحصربه‌فردی دارد، ساخت هر پلاک یا پروتز با پیروی از خط استخوان بیمار، جراحی ارتوپدی را موفقیت‌آمیزتر می‌کند. به این ترتیب جراحی ایمپلنت توانسته به هدف افزایش طول عمر انسان و جوان‌سازی اعضای بدن کمک زیادی کند. مطالعات نشان داده که روش EBM پتانسیل بالایی در ارتوپدی دارد. ساخت صفحات و پلاک‌های سفارشی با تکیه بر روش EBM توانسته کاهش قابل توجهی در هزینه‌های بالای عمل‌های ارتوپدی ایجاد کند [۲].

مهندسی بیومواد



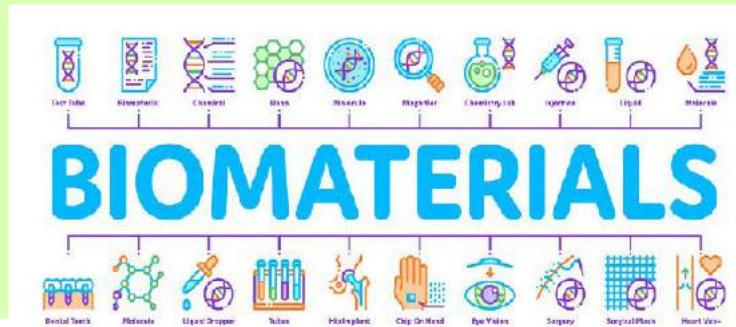
شکل ۳ - شمایی از میکروسکوپ الکترونی روبشی

مهندسی مواد با تخصص بیومواد با تهیه مواد گوناگون طبیعی و مصنوعی (از قبیل پلیمرها، سرامیک‌ها، کامپوزیت‌ها و مواد فلزی)، طراحی روش‌های ساخت، قالب‌گیری نهایی ماده و در نهایت اصلاح مواد برای کاربرد اختصاصی در پزشکی سروکار دارد. برخی از مطالعات مهندسان در رابطه با بیومواد به شرح زیر است: (۱) موادی که جایگزین یک بافت یا ارگان خاصی از بدن می‌شوند و باید رفتارهایی مشابه عضو جایگزین‌شده در بدن داشته باشند که این مورد بیشتر در کاربردهای مهندسی بافت مطرح است.

(۲) موادی که کمک می‌کنند تا یک فرایند در بدن راحت‌تر انجام شود، مثل انتخاب موادی که مناسب یک حامل دارویی در رهایش دارو باشد تا پروسه‌ی دارورسانی در بدن بهبود یابد.

(۳) موادی که به عنوان جایگزین اعضای بدن یا در کنار عضوی از بدن، ساخته و به کار برده می‌شوند، مانند طراحی موادی برای ساخت یک پروتز، به عنوان جایگزین یک ارگان در بدن یا برای کمک و بهبود به عملکرد یک ارگان که این موارد بیشتر در ایمپلنت و جایگزین‌های بافتی مطرح است.

مهندس بیومواد باید درک و فهم درستی از شیمی و فیزیک مواد و محیط بیولوژیک بدن داشته باشد. مهندس بیومواد با کمک اطلاعات و تخصص خود، نقش مهمی در حل مشکلاتی از این قبیل دارد: جایگزینی و تعویض اعضاء و اندام‌هایی از بدن که بر اثر بیماری یا آسیب، کاربری خود را از دست داده‌اند و به کمک تخصص بیومواد می‌توان جراحی یا بیماری اعضای مذکور را التیام داد، کاربری و عمل آن‌ها را اصلاح و ناهنجاری یا وضعیت غیرطبیعی آن‌ها را تصحیح کرد.



واحدهای درسی

طبق جدیدترین مصوبه‌ی وزارت علوم که در سال ۱۳۹۹ بازنگری شده است، دانشجویان در مقطع کارشناسی ارشد موظف هستند ۶ تا ۹ واحد از دروس تخصصی اجباری زیر را با توجه به تشخیص گروه تخصصی دانشگاه محل تحصیل خود بگذرانند.

۱. زیست‌سازگاری^۲ (۳ واحد)
۲. پلیمرها در مهندسی پزشکی (۳ واحد)
۳. سرامیک‌ها در مهندسی پزشکی (۳ واحد)
۴. فلزات در مهندسی پزشکی (۳ واحد)
۵. روش‌های آنالیز سطح مواد زیست‌سازگار (۳ واحد)

^۲Biocompatibility

همچنین دانشجو برای گذراندن مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی - گرایش بیومواد، موظف است ۱۲ واحد (در صورت اخذ ۹ واحد از جدول دروس اجباری) تا ۱۵ واحد (در صورت اخذ ۶ واحد از جدول دروس اجباری)، دروس تخصصی اختیاری را مطابق جدولی که توسط وزارت علوم تبیین شده است، با موفقیت بگذراند.

برای آشنایی بیشتر به توضیح مختصری در رابطه با تعدادی از دروس تخصصی اجباری پرداخته می‌شود:

۱. زیست‌سازگاری

در این درس فاکتورهای اصلی انتخاب یک بیوماده، به‌عنوان ایمپلنت، در ترمیم و جایگزینی بافت آسیب‌دیده مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس آن، ماده‌ی مورد نظر انتخاب، تهیه و آماده می‌شود.

امروزه با توسعه‌ی چشمگیر بیومواد و تجهیزات پزشکی، درک و پیش‌بینی کامل ایمنی آن‌ها هنگام تماس با بدن بیمار، پاسخ بافت‌های بدن به این مواد و تجهیزات و عوارض و اثرات جانبی آن‌ها در کوتاه‌مدت یا بلندمدت، امری بسیار چالش‌برانگیز است.

زیست‌سازگاری یک اصطلاح کلی است که برای هر بیوماده و وسیله‌ی پزشکی با توجه به موقعیت آن نسبت به بدن متفاوت است؛ بنابراین، زیست‌سازگاری

مشخصه‌ای کلی برای مجموعه‌ی بافت و بیومواد است.

تا به حال تعاریف زیادی برای زیست‌سازگاری مطرح شده است که یکی از کامل‌ترین آن‌ها زیست‌سازگاری را به‌صورت **توانایی بیومواد در انجام عملکرد مطلوب، بسته به هدف درمانی آن و بدون ایجاد پاسخ سیستمی یا موضعی نامطلوب در بیمار و ایجاد پاسخ سلولی و بافتی سودمند در موقعیت خاص و بیشینه کردن عملکرد بالینی درمان**، تعریف می‌کند.

همچنین از موارد مهمی که در زیست‌سازگاری به آن پرداخته می‌شود می‌توان به جنبه‌های مختلف زیست‌سازگاری بیومواد، خون‌سازگاری^۱، آزمون‌های تشخیص زیست‌سازگاری و خون‌سازگاری بیومواد، رفتارهای سلولی در برابر بیومواد و غیره اشاره کرد.

۲. پلیمرها در مهندسی پزشکی

در این واحد درسی با بیان تعریف زیست‌سازگاری و انواع پلیمرهای زیست‌سازگار، معیارهای انتخاب و روش ساخت پلیمرها برای استفاده در مهندسی بیومواد تبیین و مورد بررسی قرار می‌گیرد. از مواد پلیمری مصنوعی به‌طور گسترده‌ای در تجهیزات یک‌بار مصرف پزشکی استفاده شده است.

خواص مورد نیاز بیومواد پلیمری مشابه سایر مواد زیستی است که دارای زیست‌سازگاری، قابلیت استریل کردن، قابلیت تولید مناسب، خواص مکانیکی و فیزیکی مطلوبی هستند. فراگیری روش‌های تولید پلیمرهای زیست‌سازگار، بررسی کاربردی این پلیمرهای زیست‌سازگار و روش‌های ساخت و تولید آن‌ها به‌منظور استفاده در عدسی‌های چشمی، رگ مصنوعی، نخ بخیه و ایمپلنت‌های ارتوپدی از اهداف این درس است. همچنین بررسی پلیمرهایی که به‌عنوان مواد زیست‌سازگار استفاده می‌شوند (شامل هیدروژل‌ها، پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، پلی‌وینیل کلراید^۲، پلی‌اتیلن^۳، پلی‌یورتان^۴، پلی‌اتیلن ترفتالات^۵، پلی‌اکریلات‌ها و لاستیک‌ها) در این درس مورد اهمیت است که توضیح مختصری در مورد انواع و کاربردهای برخی از این پلیمرها به‌شرح زیر است:

- پلی‌وینیل کلراید برای ساخت پروتزهای صورت کاربرد دارد.
- پلی‌متیل متاکریلات که عمدتاً برای سیمان استخوانی و لنزهای داخل چشم استفاده می‌شود.
- پلی‌اتیلن که کاربردهای گسترده‌ای از جمله ایمپلنت مفصل ران و زانو، تاندون‌ها و رباط‌های مصنوعی، پیوندهای عروقی مصنوعی و انواع پروتزهای مصنوعی دارد [۵].

^۱Blood Compatibility

^۲PU

^۳PVC

^۴PET

^۵PE

۳. سرامیک‌ها در مهندسی پزشکی

از مواد سرامیکی زیست‌خنی در قالب دستگاه‌های پزشکی و ایمپلنت برای جایگزینی یا بازسازی عملکرد اندام‌ها یا بافت‌های آسیب‌دیده بدن انسان به‌دلیل پایداری شیمیایی عالی، زیست‌سازگاری و خواص مکانیکی مطلوب استفاده می‌شود. هدف اصلی این درس ارائه‌ی بحث

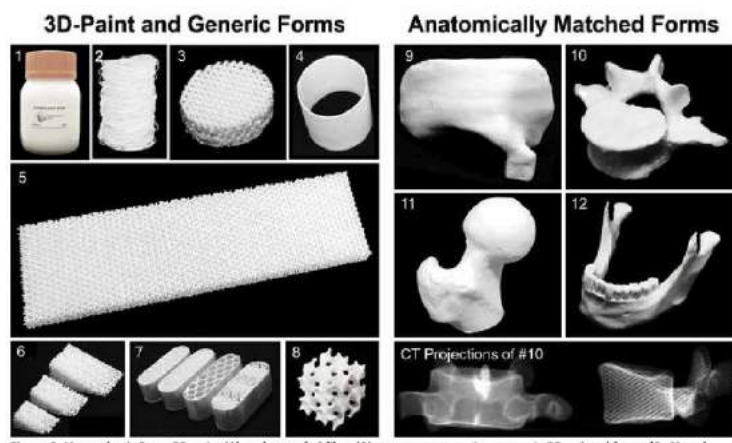


Figure 3. Hydroelastic Bone 3D-print (1) and extruded fiber (2) can generate various generic 3D-printed forms (3-8) and

شکل ۴ - نمونه‌هایی از کاربرد مواد سرامیکی در مهندسی پزشکی

اساسی در مورد بیوسرامیک‌های زیست‌خنی (آلومینا، زیرکونیا و کربن)، سرامیک‌های زیست‌فعال (کلسیم فسفات‌ها، شیشه و شیشه‌سرامیک‌ها)، سرامیک‌های زیست‌جذب (انواع فسفات‌های کلسیم و آلومینات کلسیم)، بیوسرامیک‌های متخلخل و بیوسرامیک‌های کامپوزیتی و عملکردهای زیستی آن‌ها برای استفاده از آن‌ها در طیف وسیعی از کاربردهای بالینی است. در صنعت پزشکی فعلی، بیومواد مبتنی بر آلومینا به‌دلیل خواص استثنایی بیومکانیکی و زیست‌سازگاری، نقش برجسته‌ای در زمینه مهندسی بیومواد دارند. همچنین از بیومواد مبتنی بر

زیرکونیا به‌طور گسترده‌ای برای بازسازی اجزای آسیب‌دیده و به‌طور خاص برای ایمپلنت‌های اسکلتی عضلانی استفاده می‌شود. تیتانیا نیز به‌دلیل سمیت بسیار کم، سازگاری بیولوژیکی و مقاومت شیمیایی به‌طور بالقوه برای طیف وسیعی از کاربردها مانند دندانپزشکی، ارتوپدی، رهایش دارو و تصویربرداری از سلول استفاده می‌شود. علاوه بر این دانشجویان با توجه به صلاحدید استاد در این درس به‌طور انتخابی سنتز پوشش‌ها و نانو کامپوزیت‌های سرامیک‌های زیست‌خنی را برای کاربردهای بازسازی استخوان و پرتو درمانی بررسی می‌کنند [۳].

۴. فلزات در مهندسی پزشکی

آشنایی با فلزات به‌عنوان یکی از سه دسته اصلی مواد و شناخت چگونگی استفاده از آن در حوزه مهندسی پزشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا فلزات اولین بیومواد بودند که به‌عنوان ایمپلنت در بدن مورد استفاده قرار گرفتند و امروزه نیز بیومواد فلزی سهم قابل ملاحظه‌ای از ایمپلنت‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. ایمپلنت‌های ساخته‌شده از فلزات در سیستم‌ها و ارگان‌های مختلف بدن از جمله سیستم اسکلتی، قلبی-عروقی، عصبی و غیره کاربرد دارند [۴].

دانشجویان در این درس با خواص و ویژگی‌های مهم بیومواد فلزی، از جمله استحکام بالا و مقاومت بالا در برابر شکست و خوردگی آشنا می‌شوند.

به‌طور کلی فلزات در مواردی که ایمپلنت‌ها تحت بارهای استاتیک، پویا یا چرخه‌ای قرار می‌گیرند و نیاز به ترکیبی از مقاومت و شکل‌پذیری دارند، بر پلیمرها یا سرامیک‌ها ترجیح داده می‌شوند.

- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
- دانشگاه علم و صنعت
- دانشگاه میبد
- پژوهشگاه مواد و انرژی

بازار کار

گرایش بیومواد مهندسی پزشکی یک رشته گسترده است که در زمینه‌های مختلف کاربرد دارد و ماهیت دقیق کاری که می‌تواند توسط این مهندسان انجام شود بسته به حوزه‌ی کاری آن‌ها متفاوت خواهد بود. مهندسان بیومواد اصول مهندسی را با علوم پزشکی و زیست‌شناختی ترکیب می‌کنند تا تجهیزات، دستگاه‌ها، سیستم‌های رایانه‌ای و نرم‌افزارهای مورد استفاده در مراقبت‌های بهداشتی را طراحی و ایجاد کنند. مهندسان بیومواد معمولاً در تیم‌هایی با دانشمندان، کارکنان بهداشت و درمان یا سایر مهندسان کار می‌کنند. محل کار و نحوه‌ی کار آن‌ها به پروژه بستگی دارد.

مهندسان بیومواد باید اطلاعات کافی در زمینه‌ی برقراری ارتباط مواد با محیط بیولوژیک بدن مثل آناتومی و فیزیولوژی بافت‌های مختلف بدن، روش‌های اصلاح سطح، پوشش‌دهی مواد، بهینه نمودن خصوصیات سطح و مهندسی بافت داشته باشند. همچنین باید روش‌های نوین دارورسانی و انتقال کنترل‌شده داروها به بدن را مورد مطالعه قرار دهند تا در پروژه‌های مختلف به نحو احسن از آن استفاده کنند و همین‌طور با داشتن مهارت در زمینه اصول و عملکرد تجهیزات پزشکی و سیستم‌های آن می‌توانند به موقعیت‌های شغلی مناسب‌تر با درآمد بیشتر دست پیدا کنند. این افراد در بیشتر کشورها متقاضی دارند و حقوق‌های خوبی دریافت می‌کنند. طبق پیش‌بینی‌ها،

از بیومواد فلزی مهم تجاری‌سازی شده که در این درس مورد بررسی قرار می‌گیرند، می‌توان به فولاد زنگ‌نزن با کد L۳۱۶ در کاربردهای تعویض مفصل و دریچه‌های قلب، تیتانیوم در کاربردهای بریج دندان و ایمپلنت دندان و آلیاژ کبالت-کروم در کاربردهای ترمیم شکستگی استخوان اشاره کرد [۵]. دانشجو با فراگیری این درس، به مباحث اثرات خواص سطحی و روش‌های اصلاح و مهندسی سطح ایمپلنت‌های فلزی مسلط خواهد شد.



شکل ۵- نمونه ایمپلنت‌های فلزی

دانشگاه‌های پذیرنده دانشجو در گرایش بیومواد

هر ساله دانشگاه‌هایی که در رشته‌ی کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی بیومواد پذیرش دارند، بر اساس دفترچه‌ی انتخاب رشته‌ی کارشناسی ارشد اعلام می‌شوند. همچنین شما می‌توانید اطلاعاتی نظیر کد گرایش بیومواد و نحوه‌ی پذیرش دانشگاه مورد نظر (روزانه، نوبت دوم، غیرانتفاعی) و همین‌طور ظرفیت هر دانشگاه را بررسی کنید.

طبق آخرین دفترچه‌ی منتشرشده توسط سازمان سنجش در سال ۱۴۰۰ دانشگاه‌هایی که در این گرایش پذیرش دانشجو دارند در ذیل آورده شده‌اند [۶]:

- دانشگاه اصفهان و دانشگاه صنعتی اصفهان
- دانشگاه تربیت مدرس
- دانشگاه تهران (دانشکده‌ی علوم و فنون نوین)
- دانشگاه سمنان

فرصت‌های شغلی برای این حرفه تا سال ۲۰۲۹ رشد بسیار خوبی دارد. به‌طور کلی، گرایش بیومواد زمینه‌ای است که جای فعالیت و تحقیق فراوان دارد. تحقیقات روزافزون در زمینه بیومواد و همچنین مهندسی بافت، نقش این گرایش از مهندسی پزشکی را به‌صورت دوچندان پررنگ‌تر و افق‌های بسیار روشنی را برای آینده‌ی بشریت و درمان بیماری‌ها پیش‌بینی می‌کند.



جایگاه علم بیومواد در ایران

خادم‌حسینی که از اساتید کمیته‌ی مشترک فناوری و علوم سلامتی هاروارد-MIT است، به‌عنوان پیشگام در ادغام‌یافته‌های میکرو و نانومهندسی با بیومواد پیشرفته برای ساخت سیستم‌های پزشکی شناخته می‌شود. آزمایشگاه او نیز در زمینه‌ی مواد و فناوری‌های جدید برای مدیریت ساختار و عملکرد بافت‌های عروقی مهندسی پیشگام شده است.

این پژوهشگر برجسته‌ی ایرانی که در زمینه‌ی ساخت هیدروژل‌های رسانا با یکپارچه‌سازی نانومواد از جمله نانولوله‌های کربنی، گرافنی و گرافن اکسید پیشرو بوده و روش‌های جدیدی برای تولید رگ و اندام مصنوعی با مهندسی بافت ارائه کرده است.

تاکنون بیست و شش کنفرانس و همایش علمی با هدف گسترش مرزهای دانش فنی و تبادل نظر علمی-کاربردی در زمینه‌های مختلف مهندسی پزشکی، در راستای تقویت پل ارتباطی بین محققین، صنعتگران و متخصصین مراکز درمانی و هماهنگی و همفکری در زمینه‌های مؤسسات آموزشی-پژوهشی کشور برگزار شده است [۷].

یکی از افراد برجسته در علم بیومواد و چاپ زیستی **پروفسور علی خادم‌حسینی** است که در سال ۲۰۱۸ برنده‌ی مدال نقره‌ی **اکتایومتریالیا** شد. این نشان علمی در نشست جامعه بیومواد در آتلانتا به این دانشمند فرهیخته اعطا شده است.

مصاحبه

در این بخش به مصاحبه با جناب **مهندس حسن بالایی**، یکی از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد دانشگاه تهران پرداخته شده است.

• سلام جناب مهندس، باعث افتخار ماست که الان در خدمت شما هستیم. لطف می‌کنید جهت آشنایی بیشتر مخاطبان با شما، توضیحاتی درمورد تحصیلاتتان در مقاطع مختلف بدهید؟
سلام، من حسن بالایی هستم. مقطع کارشناسی خود را در دانشگاه صنعتی سهند تبریز در رشته‌ی مهندسی مواد

طبق مطالب گفته شده اگرچه بازار کار حوزه بیومواد در کشور چندان پررنگ نیست ولی با توجه به افزایش تقاضا برای این نوع مواد، انتظار می رود تا در سال های آتی، بازار کار و صنایع مربوط به این حوزه رشد چشمگیری داشته باشند.

- با حضور علاقه مندان مستعدی چون شما، قطعاً ایران به جایگاه رفیعی در زمینه بیومواد خواهد رسید. به جز مهندسی مواد از چه رشته هایی می توان به فعالیت در این حوزه پرداخت و به نظر شما متالورژها نسبت به سایرین، از چه آگاهی و توانایی بیشتری برخوردار هستند؟

دانشجوها از طریق رشته های مختلفی می توانند در زمینه بیومواد تحقیق کرده و پروژه های عملی انجام دهند. از جمله این رشته ها می توان به مهندسی پلیمر، مهندسی سرامیک، مهندسی متالورژی، مهندسی مکانیک و مهندسی بافت اشاره کرد. دانشجویانی که از رشته بیومواد و متالورژی وارد زمینه تحقیقاتی بیومواد می شوند، علم و درک کافی را از رفتار فلزات مورد استفاده در بدن و همچنین رفتار خوردگی آن ها نسبت به سایر رشته ها دارند.

با توجه به این که مواد استفاده شده در بدن (برای مثال ایمپلنت های دندان) بیشتر فلزی هستند، در نتیجه متالورژها در این زمینه حضور فعالی خواهند داشت. البته شایان ذکر است در صورتی که مواد مورد استفاده در بدن فلزی نبوده و سرامیکی یا پلیمری باشد، افراد مرتبط با این مواد در بحث های تحقیقاتی و حتی زمینه صنعتی می توانند مؤثرتر واقع شوند.

- فرمودید در دوره بیومواد ارشد، مشتاق تحقیق و پژوهش در مورد بیومواد فلزی بودید؛ ممنون می شویم پروژه های تحقیقاتی خود را بیشتر شرح دهید.

از جمله فلزاتی که در حوزه بیومواد مطرح بوده و مورد استفاده قرار می گیرند، می توان به فولادهای زنگ نزن، آلیاژهای کبالت-کروم، تیتانیوم و منیزیم اشاره کرد. در میان این فلزات، تیتانیوم و آلیاژهای آن به دلیل زیست سازگاری بالا (عدم ایجاد سمیت و حساسیت در

و متالورژی گرایش متالورژی صنعتی با معدل ۱۷/۷۴ و در سال ۹۷ به اتمام رساندم و موضوع پروژه کارشناسی من در رابطه با متالورژی فیزیکی آلیاژهای ریختگی آلومینیوم بود. سپس در مهرماه سال ۹۷ در رشته مهندسی مواد و متالورژی گرایش شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تهران پذیرفته شدم و در نهایت در شهریور ماه سال ۱۴۰۰ با معدل ۱۸/۲۱ فارغ التحصیل شدم.

- بسیار عالی! واقعا کسب چنین معدلی جای تحسین دارد. در وهله اول چرا مهندسی مواد را انتخاب کردید و بعد چرا سراغ حوزه بیومواد رفتید؟ آیا این انتخاب از سر شناخت و علاقه بود؟

ابتدا به ساکن با توجه به علایق خودم مبنی بر نحوه ساخت و تولید قطعات مختلف فلزی، تصمیم گرفتم تا رشته مهندسی مواد و متالورژی را به عنوان رشته تحصیلی خود انتخاب کنم و بسیار هم از این رشته راضی هستم. پس از دوره کارشناسی و همزمان با ورود به مقطع کارشناسی ارشد در مهرماه سال ۹۷، در مورد زمینه های مختلف و البته تازه که در حوزه مهندسی مواد و متالورژی مطرح بودند، تحقیق کردم و در نهایت امر، پژوهش در مورد بیومواد توجه مرا به خود جلب کرد. سپس با توجه به تازه بودن مباحث در زمینه ساخت بیومواد فلزی نظیر ایمپلنت های دندان و مفاصل مصنوعی زانو، راغب شدم تا دوره و پروژه کارشناسی ارشد خود را در این زمینه انجام دهم.

- پس هدایت گر شما در این انتخاب، علاقه تان و به روز بودن این مبحث بود. بازار کار این حوزه چطور؟ چقدر در ایران شرایط برای فعالیت در زمینه بیومواد مساعد است؟

با توجه به تازه بودن حوزه بیومواد علی الخصوص در ایران، کارهایی که در این زمینه انجام شده است بیشتر به بررسی ها و تحقیقات علمی مربوط می شود، به طوری که کارخانه ها و صنایع مربوط به ساخت بیومواد در کشور چندان گسترده نیستند. اگرچه در سال های اخیر در بحث ساخت و صنعتی شدن این مواد کارهای خوبی در کشور انجام شده است.

بدن) و مقاومت به خوردگی عالی خود، بیشتر مدنظر قرار گرفته‌اند. ولی با توجه به حساس بودن محیط بیولوژیکی بدن، نیاز به افزایش بیشتر خواص زیست‌سازگاری و مقاومت به خوردگی این آلیاژها احساس می‌شود.

بدین منظور من در کار تحقیقاتی خود، نانوذرات زیست‌سازگار هیدروکسی آپاتیت (از جنس استخوان) را به همراه نانوذرات نقره (که دارای خاصیت ضدباکتریایی هستند) جهت ارتقای خواص الکتروشیمیایی (خوردگی) و بیولوژیکی بیومواد به روش رسوبنشانی الکتروفورتیک روی زیرلایه تیتانیومی اعمال کردم و نتایج آن را با نمونه‌ی بدون پوشش مقایسه کردم.

• چه جالب که پروژه‌تان نه تنها مربوط به بیومواد، بلکه تلفیقی از بسیاری از مفاهیم مهم مهندسی مواد نظیر خوردگی و نانومواد نیز است. با توجه به اینکه تحقیقاتتان را در ایران انجام دادید، با چه چالش‌هایی مواجه شدید؟ این زمینه علی‌رغم جذابیت‌های علمی آن دارای مشکلاتی در کشور است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- عدم در دسترس بودن تجهیزات کامل جهت انجام تست‌های مربوط به بیومواد
- هزینه‌ی بالا تجهیزات و مواد مختلف جهت تحقیق و انجام پروژه‌ی عملی

• با وجود این مشکلات، در به‌ثمر رساندن تحقیقاتتان بسیار موفق عمل کردید. جهت آشنایی بیشتر مخاطبان، مختصر توضیحی درباره کلیت پروژه‌های انجام‌شده توسط دانشجویان در این حوزه در دانشگاه تهران و آزمایشگاه بیومواد دانشکده‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران می‌فرمایید؟

در رابطه با این موضوع نیاز است مقدمه‌ای علمی بگویم:

اغلب ایمپلنت‌هایی که در بدن استفاده می‌شوند، دو نوع هستند؛ ایمپلنت‌های موقت و ایمپلنت‌های دائمی.

ایمپلنت‌های موقت بیشتر از نوع منیزیم هستند که وارد این زمینه نمی‌شویم چون خیلی مبحث طولانی‌ای است و خوردگی و موضوعات این چنینی در آن مهم هستند. اما در مورد ایمپلنت‌های دائمی باید بگویم که عمده‌ی آن‌ها نوع فلز برای ایمپلنت‌های دائمی استفاده می‌شوند؛ آلیاژهای کبالت-کروم، دیگری فولادهای زنگ‌نزن و تیتانیوم و آلیاژهای آن. در مورد آلیاژهای کبالت-کروم و فولادهای زنگ‌نزن اخیراً اطلاعاتی مبنی بر ایجاد حساسیت و سمیت در بدن دریافت شده است، به همین دلیل کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و بیشتر از تیتانیوم استفاده می‌شود. البته ایجاد حساسیت و سمیت برای تیتانیوم نیز گزارش شده است ولی به مراتب نسبت به دو مورد دیگر کمتر است. برای کاهش ایجاد سمیت و افزایش مقاومت به خوردگی، پوشش‌هایی روی سطح تیتانیوم ایجاد می‌کنند که این پوشش‌ها به عنوان مثال از جنس هیدروکسی آپاتیت (که ماده‌ای شبیه به بافت استخوانی بدن است)، شیشه‌های زیست‌فعال و آکرمانیت هستند. همه‌ی این مواد زیست‌سازگار و سرامیکی، با روش‌های مختلفی روی ایمپلنت تیتانیومی پوشش داده می‌شوند. هم‌اکنون اکثر دانشجویان

در مورد **روش‌های مختلف پوشش‌دهی بر روی سطوح تیتانیومی** تحقیق می‌کنند. همچنین باید این نکته را ذکر کنم که این پوشش‌های زیست‌سرامیکی خاصیت آنتی‌باکتریالی ندارند یعنی ممکن است با ورود به بدن در حوالی آن‌ها باکتری فعالیت کند، به همین دلیل پوشش‌ها را به عنوان کامپوزیتی روی سطح ایجاد می‌کنند یعنی برای ایجاد خاصیت آنتی‌باکتریالی، به مواد زیستی سرامیکی، یک جزء با خاصیت آنتی‌باکتریالی اضافه می‌کنند که این جزء می‌تواند نانوذرات نقره یا مس، روی، اکسید مس و اکسید روی باشد. موضوع پروژه‌ی من در مورد **پوشش‌دهی هیدروکسی آپاتیت با نانوذرات نقره** بود که خواص خوردگی و بیولوژیکی آن را بررسی کردم و همچنین با کشت باکتری روی آن خواص

• به‌طور کلی از نظر شما وضعیت ارتباط دانشگاه و صنعت در این حوزه در کشور ما چگونه است؟ همان‌طور که گفته شد، صنعت مربوط به ساخت و تولید بیومواد همانند سایر صنایع مختلف موجود در کشور چندان پررنگ نیست و همین موضوع هم سبب شده است تا در سال‌های گذشته ارتباطی بین دانشگاه و صنعت به صورت جدی در این حوزه ایجاد نشود.

ولی با توجه به افزایش و ظهور شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه‌ی مهندسی بیومواد، انتظار می‌رود که در سال‌های آتی ارتباط خوبی بین دانشگاه و صنعت از طریق این شرکت‌ها حاصل شود.

• به امید خدا. خیلی ممنون که وقتتان را در اختیار ما قرار دادید، به‌عنوان سوال پایانی آیا از اینکه وارد حوزه‌ی بیومواد شدید، رضایت دارید؟ من با گذشت تقریباً سه سال تحقیق و مطالعه و همچنین انجام کارهای عملی در زمینه‌ی بیومواد، از این رشته بسیار راضی هستم؛ چرا که به‌دلیل بین‌رشته‌ای بودن این حوزه، دانشجویان هم‌زمان می‌توانند هم در حوزه‌ی متالورژی (اعم از ساخت و تولید قطعات) فعالیت داشته باشند و هم اینکه می‌توانند با زمینه‌های جدید نظیر ارتباط مواد فلزی با سلول‌ها در محیط بیولوژیکی بدن آشنا شوند.

آنتی‌باکتریالی آن‌ها را مورد آزمایش قرار دادم. هم‌اکنون در دانشگاه ما موضوعات این چنینی مورد بررسی است تا خواص خوردگی و بیولوژیکی ایمپلنت‌ها افزایش پیدا کند.

• جای افتخار دارد که دانشگاه تهران چنین دانشجویان توانمندی را در بستر خود پرورش داده و شرایط فعالیت ایشان را فراهم آورده است. شما امکانات دانشگاه تهران و آزمایشگاه بیومواد دانشکده‌ی مهندسی مواد و متالورژی این دانشگاه را در رابطه با تحقیقات و انجام پروژه‌های متفاوت در حوزه‌ی بیومواد چگونه ارزیابی می‌کنید؟

عمده تست‌هایی که جهت ارزیابی بیومواد لازم است، تجهیزات مربوط به رفتار خوردگی و بیولوژیکی نمونه‌ها است. دستگاه‌ها و تجهیزات خوبی جهت بررسی رفتار الکتروشیمیایی و خوردگی بیومواد در دانشگاه تهران وجود دارد ولی به‌دلیل هزینه‌بر بودن و گران بودن آزمون‌های بیولوژیکی نظیر تکثیر، زنده‌مانی و چسبندگی سلولی و ارزیابی خاصیت آنتی‌باکتریایی نمونه‌ها، تجهیزات مربوط به این آزمون‌ها متأسفانه در دانشگاه تهران وجود ندارند و دانشجویان جهت انجام این تست‌ها به مراکز سلولی موجود در خارج دانشگاه، نظیر انستیتو پاستور مراجعه می‌کنند.

با تشکر از مهندس بالایی جهت اختصاص زمان خود به نشریه‌ی فراسوی مواد



[1] Book: Biomaterials Science and Engineering by Joon B. Park

[۲] لینک: [جدیدترین متدهای طراحی و ساخت ایمپلنت‌های ارتوپدی](#)

[3] Book: Bioinert Ceramics for Biomedical Applications by U. Anjaneyulu & Vriza Zhang & Pei-Gen Ren

[۴] کتاب: خواص و کاربرد پزشکی بیومواد فلزی نوشته‌ی م. ح. فتحی و و. مرتضوی، انتشارات ارکان

[5] Book: Biomaterials by Lisa T. Kuhn

[۶] دفترچه‌ی راهنمای انتخاب رشته‌ی آزمون کارشناسی ارشد ناپیوسته، سال ۱۴۰۰

معرفی گرایش شکل دادن فلزات



مبینا نجفی،

دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



گرایش شکل دادن فلزات^۱ یکی از گرایش‌های مهندسی مواد و متالورژی است که در مقطع کارشناسی ارشد ارائه می‌شود. علم شکل دادن فلزات علمی است که در آن اصول و روش‌های تغییر شکل فلزات شکل پذیر، با اعمال نیرو به آن‌ها بررسی می‌شود. گرایش شکل دادن فلزات، نزدیک‌ترین گرایش مجموعه‌ی مهندسی مواد به مجموعه‌ی مهندسی مکانیک به حساب می‌آید؛ به طوری که دانشجویان این گرایش جهت موفقیت در ادامه‌ی روند تحصیلی و شغلی، باید یادگیری اکثر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مکانیکی و طراحی مکانیکی را مدنظر داشته باشند. به عنوان تعریف دیگر، می‌توان گفت شکل دادن فلزات یعنی آشنایی با روش‌های ساخت قطعات مانند **نورد^۲، اکستروژن^۳، آهن‌گری^۴ و کشش سیم^۵** بر اساس انجام محاسبات و شبیه‌سازی که البته این اعمال باید با در نظر گرفتن خواص ماده‌ی مورد نظر و پارامترهای مهم اثرگذار بر قطعه‌ی نهایی، انجام گیرند.

هدف اصلی فرایندهای شکل دادن فلزات، ایجاد یک تغییر شکل مطلوب از ماده‌ی اولیه با یک هندسه‌ی مشخص است. مسلماً محصول باید از لحاظ خواص مکانیکی، سطح خارجی و دقت ابعادی کیفیت مطلوب را داشته باشد. رسیدن به این اهداف، وابستگی نزدیکی به تکنولوژی فرایند شکل دهی دارد. دانشجویان در این گرایش به راه‌های شکل دادن فلزات بر مبنای پارامترهای مورد نیاز از قبیل شکل دهی گرم و سرد فلزات، روش‌های سریع شکل دهی و سوپرپلاستیک می‌پردازند. در این گرایش شما با انواع فرایندهای شکل دادن فلزات و تکنولوژی‌های مرتبط با آن آشنا می‌شوید و محاسبات ریاضی تمامی فرایندها را به طور کامل می‌آموزید.

چگونگی شکل دادن فلزات

امروزه پژوهش‌ها و تجربیات همواره به پیشرفت علم و دانش کمک می‌کنند؛ از این رو در زمینه‌ی شکل دادن فلزات تجربیات به دست آمده از دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و صنعتی بر بالابردن بهره‌وری و توسعه‌ی فناوری و کیفیت و کمیت محصولات تأثیر بالایی گذاشته است.

به طور کلی شکل دادن فلزات به ۵ روش پایه تقسیم می‌شود:

شکل دادن تحت شرایط فشاری^۶: تشکیل یک قطعه‌ی فلزی با اعمال نیرو و فشار که ضخامت را کاهش داده و قطعاتی با طول زیاد و ضخامت کم تولید می‌شود؛ مانند فرایند نورد.

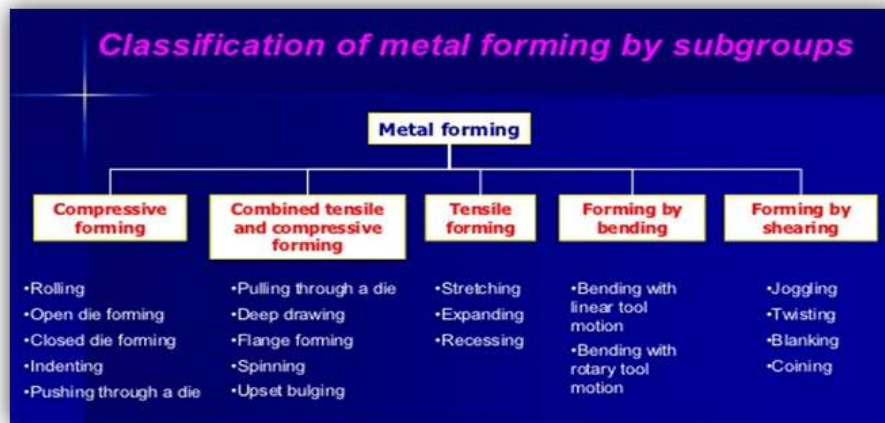
شکل دادن تحت شرایط کششی^۷: تشکیل یک ورق فلزی مسطح به شکل توخالی یا مخروطی مانند فنجان که با کشش فلز در برخی مناطق انجام می‌شود؛ مانند فرایند اکستروژن.

شکل دادن تحت شرایط ترکیبی فشاری و کششی^۸: روشی ترکیبی از اعمال فشار و کشش برای تغییر شکل قطعات است.

شکل دادن با خم کاری^۹: در این روش، قطعاتی که قبلاً توسط پانچ صاف شده‌اند، با اعمال نیرو به یک قطعه‌ی خمیده با یک زاویه‌ی مشخص در راستای محور مستقیم تبدیل می‌شوند.

شکل دادن با برش کاری^{۱۰}: این روش شامل بریدن ورق‌ها با عمل برشی است.

^۱ Metal Forming^۶ Compressive Forming^۲ Rolling^۷ Tensile Forming^۳ Extrusion^۸ Combined Tensile and Compressive Forming^۴ Forging^۹ Forming By Bending^۵ Wire Drawing^{۱۰} Forming By Shearing



شکل ۱- طبقه‌بندی عملیات‌های شکل‌دهی فلزات

در صنعت، مجموعه‌ای بزرگی از فرایندهای تولیدی انجام می‌پذیرد که در آن‌ها مواد به‌صورت پلاستیکی تغییر شکل می‌دهند تا به شکل هندسه‌ی مورد نظر برسند. برای این کار از یک‌سری ابزارهای خاص و روش‌های ساخت استفاده می‌شود که به‌مختصر هریک را توضیح خواهیم داد.

اکستروژن: قسمت عمده‌ای از فرایند شکل‌دادن فلزات از طریق اکستروژن انجام می‌شود که در آن قطعه‌ای که روی آن کارسختی انجام شده، فشرده می‌شود تا از حفره قالب عبور کند و شکل قطعه‌ی مورد نظر تولید شود. این عمل مانند فشردن خمیردندان می‌ماند و به دو طریق **گرم** یا **سرد** انجام می‌گیرد.

مزایای استفاده از این روش:

(۱) برای انواع قطعات (به‌خصوص با استفاده از اکستروژن داغ) قابل استفاده است.

(۲) ساختار دانه و خواص مکانیکی قطعه، در اثر اکستروژن سرد و گرم افزایش می‌یابد.

(۳) عمدتاً در اکستروژن‌های سرد، سطح تحمل فشار و مقاومت افزایش می‌یابد.

انواع اکستروژن: **اکستروژن‌های مستقیم** و **اکستروژن‌های غیرمستقیم**

اکستروژن مستقیم: در این فرایند، ابتدا یک قطعه‌ی فلزی درون یک قالب که دارای چندین حفره (سوراخ) است، قرار می‌گیرد. سپس یک فشاردهنده‌ی چکش‌مانند، مواد را فشرده کرده و کمک می‌کند تا مواد از داخل حفره عبور کنند.

اکستروژن غیرمستقیم: در این روش، حفره (سوراخ) بر روی فشاردهنده قرار گرفته و برعکس اکستروژن مستقیم، حفره درون قالب و ظرف قرار ندارد. زمانی که فشاردهنده (سفت‌کننده قطعات)، قطعه‌ی مورد نظر را فشرده می‌کند، مواد از داخل حفره‌ای که روی آن قرار گرفته عبور می‌کنند که این حرکت دقیقاً مخالف حرکت خود فشاردهنده است.

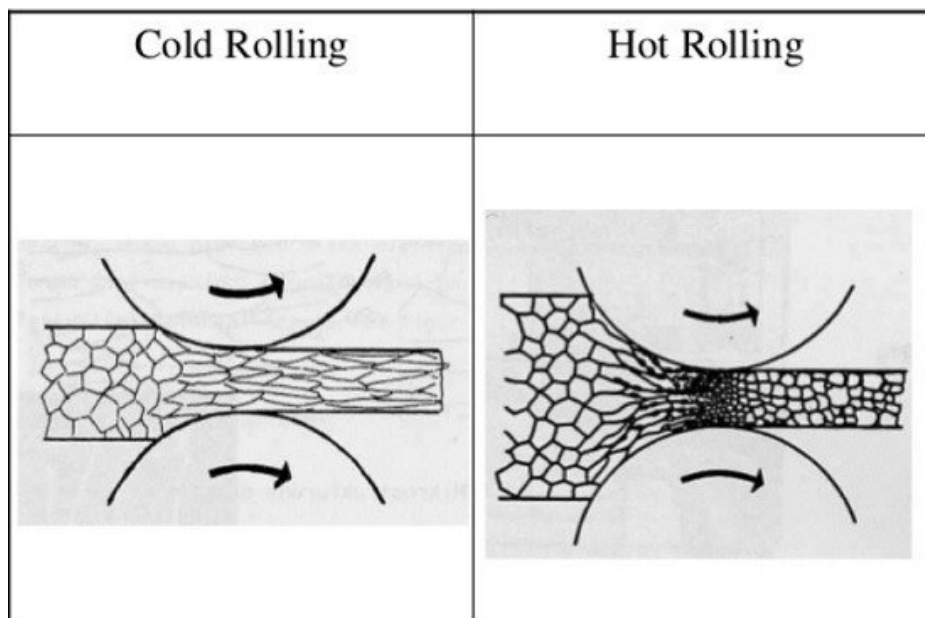


شکل ۲- تغییر شکل فلزات توسط فرایند اکستروژن گرم

نورد: یک فرایند شکل‌دهی فلزی است که در آن ضخامت قطعه توسط نیروهای فشاری اعمال‌شده توسط دو رول که در جهت مخالف می‌چرخند، کاهش می‌یابد. نورد، متداول‌ترین و پررونق‌ترین روش تولید فرآورده‌های فلزی، به‌ویژه فولادها است؛ به‌گونه‌ای که بیش از ۸۰٪ از فرآورده‌های فلزی در سطح جهان، از قبیل تیرآهن و نبشی با مقاطع مختلف،

با این روش تولید می‌شوند.

معمولاً این روش با فرایند آهنگری در رقابت بوده و برتری هر کدام بستگی به پیشرفته‌تر بودن فناوری آن دارد ولی به‌طور کلی از نظر حجم و کمیت تولیدات، این فرایند در مقام اول فرایندهای شکل‌دادن فلزات قرار دارد. فرایند اصلی نورد فلزات به دو دسته **نورد گرم** و **نورد سرد** تقسیم می‌شود.



شکل ۳ - مقایسه‌ی نورد گرم و نورد سرد

نورد گرم: نورد گرم، یک فرایند کارسختی است که در آن فلز در دمایی بالاتر از دمای تبلور مجدد گرم می‌شود تا به‌صورت تغییر شکل پلاستیک تغییر شکل دهد. سپس فلز داغ را از بین دو رول عبور می‌دهند تا پهن و طول آن زیاد شود و سطح مقطع کاهش یابد تا زمانی که به ضخامت یکنواخت برسد. فولاد نورد گرم رایج‌ترین محصول فرایند نورد گرم است و به‌طور گسترده‌ای در صنعت فلزات به‌عنوان یک محصول نهایی یا به‌عنوان مواد اولیه برای عملیات بعدی استفاده می‌شود. ساختار دانه‌ی اولیه‌ی فلز، غیریکنواخت است و در جهت جامدشدن شامل دانه‌های بزرگ در حال رشد است. مرزهای ضعیف دانه شکننده هستند و همچنین ممکن است دانه حاوی نقص‌هایی مانند حفره‌های کوچک و متخلخل ناشی از گازها و مواد خارجی مانند اکسیدهای فلزی باشد. نورد گرم ساختارهای دانه‌ای را می‌شکند و مرزها را از بین می‌برد که به شکل‌گیری دانه‌های جدید با مرزهای قوی و یکنواخت شدن ساختارهای دانه‌ای منتهی می‌شود.



شکل ۴ - تغییر شکل فلزات توسط فرایند نورد گرم

نورد سرد: این فرایند در واقع همان نورد گرم است با این تفاوت که در نورد سرد، کار بیشتری بر روی قطعه مورد نظر صورت می‌گیرد. در این حالت، محصول در شرایط دمایی پایین قرار گرفته و تا دمای اتاق سرد می‌شود.

به‌عنوان تفاوتی مهم بین حالت سرد و گرم باید گفت محصولاتی که با این روش تولید می‌شوند، سطحی بهتر و صاف‌تر و ابعادی دقیق‌تر خواهند داشت. در

واقع هدف از نورد سرد کاهش ضخامت محصول و افزایش دقت در ابعاد محصول است. به‌دلیل شکل‌پذیری کمتر قطعه در این حالت، نیاز به اعمال قدرت بیشتری وجود دارد و از آنجایی که این فرایند ادامه‌ی فرایند نورد گرم است، پس نیاز به دستگاه‌های بیشتری برای نورد سرد وجود دارد.



شکل ۵ - تغییر شکل فلزات توسط فرایند نورد سرد

آهن‌گری: یک فرایند تغییر شکل است که در آن فلز مورد نظر بین دو قطعه (چکش) فشرده می‌شود و با استفاده از بار هیدرولیکی و تدریجی تغییر شکل می‌دهد. از آن برای ساخت انواع قطعات با قدرت بالا مثلاً برای خودرو، هواپیمای و کاربردهای دیگر استفاده می‌شود. همچنین ساخت قطعاتی شامل میل‌لنگ موتور، میله‌های اتصال، چرخ‌دنده‌ها، قطعات ساختاری هواپیما، قطعات توربین موتور جت و غیره از کاربردهای این روش است. فرایند آهن‌گری می‌تواند قطعاتی

با خواص مکانیکی عالی و ضایعات پایین تولید کند؛ چرا که با تغییر شکل فلز اولیه به شکل هندسی دیگر، مقاومت خستگی و استحکام قطعه تا حدود زیادی افزایش می‌یابد و علت آن دانه‌بندی داخلی قطعه است که تغییر شکل می‌دهد تا به بافت مدنظر برسد.



شکل ۶ - تغییر شکل فلزات توسط فرایند آهن‌گری

کشش سیم: در این فرایند، سیم، میله یا نوار از حفره‌ای بین دو قطعه عبور کرده و کشیده می‌شود که در نتیجه‌ی آن، سطح مقطع سیم و میله کاهش می‌یابد. کاربردهای زیادی برای کشش سیم وجود دارد؛ از جمله سیم‌کشی الکتریکی، کابل‌ها، اجزای ساختاری پرتنش، فنر، چرخ‌ها و سازه‌های موسیقی زهی.

کشش سیم معمولاً در دمای اتاق انجام می‌شود و به این ترتیب به‌عنوان یک فرایند سردکاری طبقه‌بندی می‌شود اما ممکن است جهت کاهش نیروی مورد نیاز برای سیم‌های بزرگ، در دماهای بالا نیز انجام شود.

متغیرهای ورودی در هر فرایند شکل‌دهی فلزات شامل: جنس قطعه یا شمش اولیه و هندسه‌ی آن، ابزار شکل‌دادن از لحاظ ماده و هندسه‌ی آن، شرایط موجود در فصل مشترک ابزار و ماده، حالت تنش در منطقه‌ی تغییر شکل، نوع و نحوه‌ی کاربرد ابزار، خصوصیات محصول نهایی و در نهایت شرایط محیط کارگاه می‌شود.



شکل ۷- تغییر شکل فلزات توسط فرایند کشش سیم

در فرایند شکل‌دادن فلزات لازم است ارتباط بین ورودی و خروجی،

تأثیر متغیرهای فرایند بر کیفیت محصول و مسائل اقتصادی آن مورد توجه قرار گیرد. در نهایت کلید دستیابی به عملیات شکل‌دهی موفق، یعنی کسب محصول سالم با شکل و خواص مطلوب، شناخت کافی در مورد سیلان فلز و کنترل آن است. عواملی مانند جهت سیلان فلز، مقدار تغییر شکل، درجه‌ی حرارت و سرعت تغییر شکل تأثیر فراوانی بر ریزساختار و خواص محصول دارند.

مراحل یک پروژه‌ی شکل‌دهی فلزات و مصاحبه با یکی از دانشجویان این گرایش

جهت‌گیری‌های کاملاً تصادفی باشد، نمونه‌ای گفته می‌شود که بافت متمایزی ندارد؛ اما اگر جهت‌گیری‌های کریستالوگرافی تصادفی نباشند و جهت‌گیری ترجیحی داشته باشند، آنگاه نمونه دارای بافت ضعیف، متوسط یا قوی است. بافت تقریباً در تمام مواد مهندسی شده دیده می‌شود و می‌تواند تأثیر زیادی بر خواص مواد داشته باشد. به این صورت که در هنگام انجام تغییر شکل پلاستیک، یک‌سری جهات ترجیحی کریستالوگرافی در جهتی حاصل می‌شود که تصادفی نیستند؛ به‌طور مثال در جهت [۱۱۱]، اکثر دانه‌ها در یک قطعه، موازی جهت‌نورد قرار گرفته‌اند که این موضوع تأثیر بافت را روی تغییر شکل دادن فلزات نشان می‌دهد.

در مرحله‌ی بعد، باید متالوگرافی (بررسی و مطالعه‌ی ساختار فلزات و آلیاژهای مختلف) انجام شود و با توجه به نوع پروژه، باید انواع تست‌های ویژه نظیر کشش، خستگی و خزشی روی فلز انجام گیرد. در نهایت، باید نتایج این آنالیز و تست‌ها را مورد بررسی و تحلیل قرار داد.

طی مصاحبه‌ای که با مهندس محسن دره در رابطه با پروژه‌ی شکل‌دهی فلزات انجام پذیرفت، از ایشان سوال شد که در صنعت برای شکل‌دادن یک فلز باید چه مرحله‌ی را طی کرد و ایشان توضیح دادند که ابتدا باید آن فلزی که قرار است روی آن عملیات شکل‌دهی انجام شود را تهیه کرد که معمولاً در کارخانه‌ها یا کارگاه‌ها یافت می‌شود ولی در شرایطی که به‌دنبال انجام عملیات روی فلز خاصی هستیم، گاهی خود باید با استفاده از عملیات ریخته‌گری، فلز را تولید کنیم. سپس با استفاده از دستگاه برش، نمونه‌های مورد نیاز را از فلز به‌دست‌آمده جدا می‌کنیم. در نهایت روی برخی از این نمونه‌ها، عملیات شکل‌دادن نظیر نورد، اکستروژن، فشار یا کشش انجام می‌شود. پس از انجام عملیات‌ها، یکی از مهم‌ترین اقدامات، تست نمونه‌های مختلف است. تست‌های مختلفی برای شناسایی بافت و همچنین بررسی سطح نمونه انجام می‌شود. تعریف بافت در علم مواد، توزیع جهت‌گیری‌های کریستالوگرافی یک نمونه‌ی پلی‌کریستالی است. به نمونه‌ای که دارای



شکل ۸- نمونه‌هایی از فلزات شکل‌دهی شده

علاقه‌مندی‌ها و دروس مرتبط با گرایش شکل‌دادن فلزات

گرایش شکل‌دهی در کارشناسی ارشد، وارد دنیای مهندسی مکانیک مانند جامدات و فضا سازی‌های پیوسته می‌شود و از آنجا که ماهیت دروس این گرایش عموماً به صورت محاسباتی و خواص مکانیکی است، علاقه‌مندان به این نوع دروس، در این گرایش موفق‌تر خواهند بود.

دروس گرایش شکل‌دادن فلزات در کارشناسی ارشد جمعاً در ۳۲ واحد به شرح زیر ارائه می‌شود:

دروس اجباری: ۱۷ واحد

دروس اختیاری: ۷ واحد

پایان‌نامه: ۶ واحد

سمینار: ۲ واحد

می‌توان از دروس مهم این گرایش به مکانیک محیط‌های پیوسته، تئوری پلاستیسیته، ریاضیات مهندسی پیشرفته، شکل‌پذیری فلزات، شبیه‌سازی روش‌های المان محدود خطی و غیرخطی، روش‌های شکل‌دهی، تئوری نابجایی‌ها و غیره اشاره کرد.

موقعیت‌های شغلی گرایش شکل‌دادن فلزات (بازار کار)

مواد با صنعت بسیار مانوس بوده و از اطلاعات و آموزش‌های دروس این گرایش در صنعت تولید میلگرد، ورق، لوله، سیم و غیره به‌طور مستقیم استفاده می‌شود. صنعت شکل‌دادن فلزات روز به روز در حال پیشرفت و گسترش بوده و نیروی محرکه این پیشرفت، کاهش هزینه‌ها، افزایش راندمان، رسیدن به محصولی با دقت ابعادی بالا و کیفیت سطحی بالا است.

در انتها می‌توان گفت این گرایش برای کسانی که علاقه‌مند به شبیه‌سازی هستند، گزینه‌ی خوبی در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد است؛ زیرا ایشان می‌توانند هم پروژه‌های عملی و هم پروژه‌های شبیه‌سازی را به‌عنوان فعالیت و شغل انجام دهند.

امروزه نرم‌افزارهای مهندسی، به‌علت اینکه باعث پیشرفت در علم و تکنولوژی شده‌اند، اهمیت بسیار زیادی دارند. نرم‌افزارهایی وجود دارد که کمک می‌کند مهندسان به راحتی شبیه‌سازی نموده و به نقطه‌ی قوت و ضعف اجزای طراحی شده پی ببرند.

به‌طور مثال نرم‌افزار Transvalor Forge که به‌منظور شبیه‌سازی فرایندهای شکل‌دهی گرم و سرد قطعات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مهندسان موادی که در گرایش شکل‌دادن فلزات در مقطع کارشناسی ارشد تحصیل کرده و فارغ‌التحصیل شده‌اند، توانایی‌هایی زیر را دارا هستند:

- تحلیل و طراحی فرایندهای شکل‌دهی فلزات مانند نورد، آهن‌گری، اکستروژن، شکل‌دادن ورق و سایر

- تحلیل پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر فرایندهای شکل‌دهی فلزات

- تحلیل رفتار فلزات در مقیاس میکرو و ماکرو در هنگام شکل‌دهی و کنترل ساختار و بهبود خواص مکانیکی

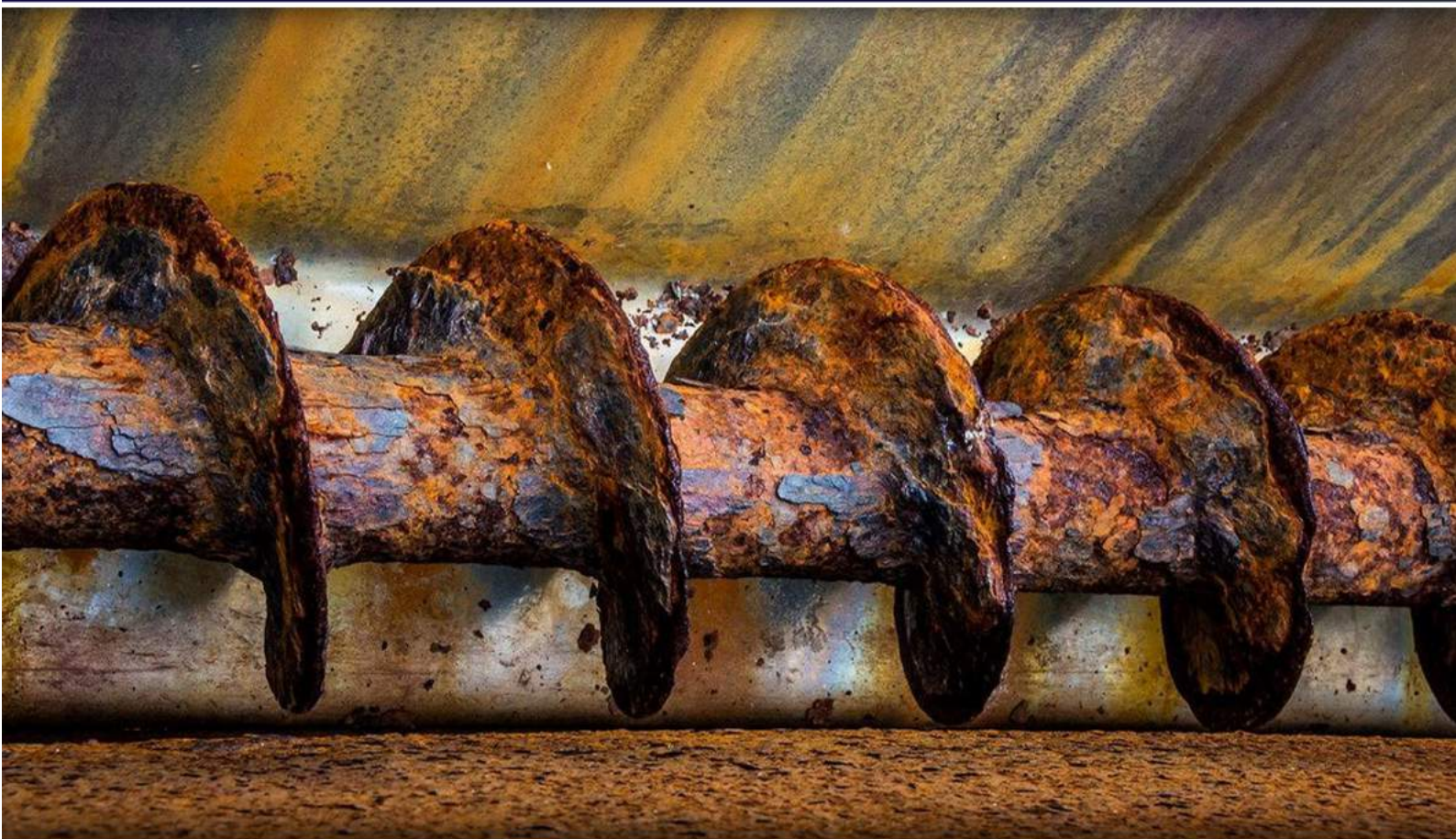
- تحلیل قابلیت شکل‌پذیری و کارپذیری سرد و گرم فلزات و آلیاژها

از طرفی دیگر تولید قطعات فلزی با استفاده از عملیات شکل‌دهی فلزات نیاز به سرمایه‌گذاری زیادی دارد و این روش جزو روش‌های گران‌قیمت است؛ بنابراین برای شروع کار مستقل، سرمایه‌ی بالایی نیاز است اما فارغ‌التحصیلان این رشته می‌توانند با شرکت‌هایی مانند فولاد مبارکه و صنایع خودروسازی نیز همکاری کنند و پروژه‌های شکل‌دهی این کارخانه‌ها را پیش ببرند و مشکلات موجود را برطرف کنند.

همچنین گرایش شکل‌دادن فلزات رشته‌ی مهندسی

- [1] Link: [MetalForming Inc. of USA](#)
 - [2] Book: Fundamental of Modern Manufacturing Materials, Processes and Systems by M.P. Groover
 - [3] Article: [Forming Processes by K.G. Swift and J.D. Booker](#)
- [۴] لینک: [شکل دادن فلزات توسط گروه mavadeng](#)

معرفی گرایش خوردگی



نغمه آتش نژاد،

دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



خوردگی^۱، پدیده‌ی مخربی است که موجب اتلاف مواد، انرژی و سرمایه می‌شود. در واقع همان‌طور که فلزات طی مراحل مختلف از طبیعت جدا شده‌اند، توسط این پدیده مجدداً به طبیعت باز می‌گردند. رسالت علم خوردگی بر آن است که با شناسایی و تغییر عوامل مؤثر، این برگشت را به تأخیر اندازد و خسارات ناشی از آن را کنترل نماید.

تعریف خوردگی

خوردگی، تخریب یا اضمحلال یک ماده در اثر واکنش با محیط اطراف آن است. باور عمومی بر این است که فرایند خوردگی محدود به فلزات می‌شود اما این پدیده ممکن است علاوه بر فلزات، در غیرفلزات نیز مانند مواد نسوز، کامپوزیت‌ها و سایر مواد رخ دهد. به‌عنوان مثال می‌توان به از بین رفتن رنگ‌ها و تخریب لاستیک توسط نور خورشید و تخریب دیواره‌ی کوره‌ی فولادسازی اشاره کرد.



شکل ۱ - نمونه‌ای از تخریب خودبه‌خودی (خوردگی) چرخ‌دنده‌ها

پدیده‌ی خوردگی، از سطح ماده‌ای که در معرض محیط خورنده قرار گرفته است شروع می‌شود. از دیدگاه ترمودینامیکی، خوردگی فرایندی خودبه‌خودی است که در جهت کاهش انرژی آزاد انجام می‌شود. به‌بیان دیگر، فرایند خوردگی موجب تبدیل مواد از حالت ناپایدار (سطح انرژی بیشتر) به حالت پایدارتر (سطح انرژی کمتر) می‌شود.

بر اساس قوانین ترمودینامیک، هیچ عاملی نمی‌تواند از این فرایند طبیعی (تخریب خودبه‌خود ماده) کاملاً جلوگیری کند ولی با استفاده از روش‌های موجود، می‌توان این فرایند را به‌تعویق انداخته و یا نرخ انجام آن را در حدی کاهش داد که بتوان ماده مورد نظر را از لحاظ صنعتی تقریباً مقاوم در برابر خوردگی دانست.

مهندسی خوردگی چیست؟

مهندسی خوردگی^۲، علمی کاربردی و فنی برای جلوگیری یا کاهش خسارات ناشی از پدیده‌ی خوردگی با استفاده از روش‌هایی مقرون‌به‌صرفه و مورد اعتماد است.

پیش‌زمینه‌ی لازم برای مهندس خوردگی، آگاهی از اصول خوردگی و عملیات مبارزه با آن، داشتن علم کافی در زمینه‌ی خواص شیمیایی، متالورژیکی، فیزیکی و مکانیکی آلیاژها، تسلط بر آزمون‌های خوردگی و الکتروشیمیایی است. همچنین یک مهندس خوردگی باید انواع محیط‌های خورنده و روش‌های مقابله با آن‌ها را در جهت کاهش سرعت خوردگی بشناسد. به‌عنوان مثال باید بداند که فلزات در اغلب محیط‌های شیمیایی در معرض خوردگی هستند و در تماس با آب، رطوبت، اسیدها، بازها، نمک‌ها، روغن‌ها، مواد گازی و سایر مواد شیمیایی خورده می‌شوند.

^۱Corrosion

^۲Corrosion Engineering

اهمیت پیشگیری از وقوع خوردگی شدید

پدیده خوردگی، یک زیان اقتصادی عظیم برای همه‌ی کشورهای صنعتی به‌شمار می‌رود. به‌دلیل گسترش صنایع مختلف و به‌وجود آمدن محیط‌های خورنده‌ی جدید، هزینه‌ی تحمیلی ناشی از خوردگی نیز افزایش می‌یابد. در سال ۲۰۱۶، هزینه‌های سالانه ناشی از خوردگی در ایالات متحده بیش از ۱/۱ تریلیون دلار برآورد شده است. با وجود اینکه نمی‌توان پدیده‌ی خوردگی را به‌طور کامل حذف کرد، ولی با انتخاب مواد اصولی و طراحی مناسب

و استفاده از روش‌هایی مانند حفاظت کاتدی^۳ (یکی از روش‌های محافظت از خوردگی فلزات توسط کاتد با قراردادن سطح فلز در یک سلول الکتروشیمیایی)، می‌توان سرعت خوردگی را محدود و هزینه‌های ناشی از آن را به‌مقدار زیادی کاهش داد. وظیفه‌ی اصلی یک مهندس خوردگی، کنترل شرایط در محیط‌های مختلف برای جلوگیری از وقوع خوردگی به‌خصوص در قطعات حساس است. خوردگی می‌تواند بر عمر تجهیزات، بهره‌برداری از آن‌ها، بازگشت سرمایه، کیفیت محصولات تولیدشده و غیره مؤثر باشد. از طرف دیگر، خسارت‌های خوردگی می‌تواند اثرات مستقیم یا غیرمستقیم داشته باشد. از جمله خسارت‌های مستقیم خوردگی می‌توان به تخریب یا انهدام تجهیزات اشاره کرد؛ به‌عنوان مثال تخریب پل، انفجار خط لوله گاز، غرق شدن کشتی، تخریب سکوهای نفتی، خوردگی بدنه اتومبیل و غیره.



شکل ۲ - نمونه‌ای از خوردگی شدید لنگر کشتی

برخی از خسارت‌های غیرمستقیم خوردگی عبارتند از آلوده شدن محصولات، هدر رفتن محصولات و همچنین هزینه‌های تعمیرات و نگهداری از تجهیزات. علاوه بر خسارت‌های مالی هنگفت، خوردگی می‌تواند باعث خسارت‌های جانی زیادی نیز شود. از این رو، بازرسی و ردیابی خوردگی و نظارت و کنترل آن امری لازم و ضروری است.

گرایش خوردگی و حفاظت از مواد در مقطع کارشناسی ارشد

گرایش خوردگی و حفاظت از مواد از زیرشاخه‌های رشته مهندسی مواد به‌حساب می‌آید که در مقطع کارشناسی ارشد در این رشته ارائه می‌شود؛ اما در برخی از دانشگاه‌های دنیا به‌دلیل ارتباط نزدیکی که به علم شیمی دارد، به‌عنوان زیرشاخه مهندسی شیمی نیز دسته‌بندی شده است.

لازم به ذکر است، اگرچه مهندسی خوردگی و مهندسی سطح موارد مشترکی با یکدیگر دارند اما به‌هیچ‌عنوان این دو تخصص را نباید با یکدیگر اشتباه گرفت. مهندسی سطح شامل کاربرد فناوری‌های سنتی یا نوین عملیات حرارتی یا دیگر عملیات سطحی نظیر انواع روش‌های پوشش‌دهی بر روی مواد و قطعات حساس مهندسی، به‌منظور دستیابی به یک ماده مرکب با خواصی است که در هیچ‌یک از مواد تشکیل‌دهنده داخل یا سطح قطعه به‌تنهایی وجود ندارد. در صورتی که مهندسی خوردگی یک تخصص برای به‌کارگیری علم، دانش و قوانین فیزیکی به‌منظور طراحی و اجرای روش‌هایی برای مدیریت یک پدیده‌ی طبیعی به نام خوردگی است.

^۳Cathodic Protection

دروس تخصصی این گرایش به شرح زیر است:

تعداد واحد	نام درس	تعداد واحد	نام درس
۱	آزمایشگاه خوردگی پیشرفته	۲	خوردگی پیشرفته
۲	الکتروشیمی پیشرفته	۲	حفاظت کاتدی و آندی
۲	اکسیداسیون و خوردگی داغ	۲	سینتیک پیشرفته
۱	آزمایشگاه اصول حفاظت	۲+۱	روش های نوین مطالعه ی مواد و آزمایشگاه
۲	ترمودینامیک پیشرفته	۲	جنبه های مکانیکی خوردگی

دروس اختیاری:

تعداد واحد	نام درس	تعداد واحد	نام درس
۲	ممانعت کننده های خوردگی	۲	رنگ و پوشش های تبدیل
۱	خطا در اندازه گیری	۱	آزمایش های بررسی علل تخریب مواد
۲	خوردگی در محیط های طبیعی	۲	خوردگی در واحدهای صنعتی
۲	پدیده های انتقال پیشرفته	۲	مهندسی سطح

فرصت های شغلی مناسب مهندسان خوردگی

امروزه با رشد صنایع و استفاده از آلیاژهای جدید، انتظارات از مهندسان خوردگی بیشتر شده است. لازم است که مهندسان خوردگی و طراحان ارتباط نزدیکتری داشته باشند. یک پروژه بدون حضور مهندس خوردگی معمولاً شروع نمی شود؛ چرا که تمام نقشه ها و مواد مورد نظر در پروژه باید از نظر خوردگی به تأیید مهندس خوردگی برسد. همچنین مهندس خوردگی باید جنبه های مکانیک شکست و روش های بازرسی و بررسی های غیرمخرب را بداند. منظور از آزمون های غیرمخرب، مجموعه ای از روش های ارزیابی و تعیین خواص دستگاه ها و قطعات ساخته شده که هیچ گونه آسیب یا تغییری در سامانه ایجاد نکنند. با خوردگی و این آزمون ها در **شماره ی چهارم نشریه ی فراسوی مواد** با عنوان «**خوردگی و آزمون غیرمخرب**» آشنا شده ایم.

به طور کلی خوردگی در تمام صنایع پدیده ی شایعی است. هیچ ماده ی صنعتی وجود ندارد که به طور کامل از آسیب خوردگی در امان باشد. به همین دلیل فارغ التحصیلان این رشته می توانند در صنایع مختلفی مانند صنایع هوایی، دریایی شامل اسکله ها و بنادر، صنعت کشتی سازی، نیروگاه های هسته ای و نیروگاه های سیکل ترکیبی، صنایع پتروشیمی، چاه های استخراج و خطوط انتقال نفت و گاز مشغول به کار شوند.



زمینه‌های فعالیت متخصصان گرایش خوردگی به پنج گروه کلی زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

- بهبود ترکیب شیمیایی آلیاژها در جهت بهبود مقاومت به خوردگی
- مطالعه و استفاده از ممانعت‌کننده‌ها به منظور کاهش سرعت خوردگی در محیط‌های مختلف
- طراحی و اجرای سیستم‌های حفاظت کاتدی و آندی در سازه‌های صنعتی
- کاربرد پوشش‌های محافظ مختلف مانند آبکاری، رنگ و غیره
- بازرسی و پایش سیستم‌های در معرض خوردگی مانند خطوط انتقال نفت و گاز

شرکت‌های بزرگ نفتی اهداف خوبی برای اشتغال مهندسان خوردگی در سراسر دنیا هستند؛ چرا که اکثر تجهیزات نفت و گاز به شدت تحت تأثیر پدیده‌ی خوردگی قرار می‌گیرند. به همین جهت مناطق نفت‌خیز کشور بیشترین تجمع مهندسان گرایش خوردگی را دارند. شرکت‌های فعال در منطقه‌ی اقتصادی پارس جنوبی به‌طور گسترده از وجود متخصصان خوردگی استفاده می‌کنند.

در خارج از کشور نیز چنین است، میزان درآمد مهندسان خوردگی، به‌ترتیب از زیاد به کم، مربوط به صنایع نفتی، صنایع پلاستیک‌سازی، صنایع شیمیایی بوده و در نهایت کمترین دستمزد به اساتید مهندسی خوردگی در مراکز علمی پرداخت می‌شود. مطابق با تحقیقات انجام‌گرفته توسط انجمن بین‌المللی مهندسان خوردگی^۴، میانگین درآمد سالیانه‌ی مهندسان خوردگی با سابقه کار ۱۵ سال، بیش از ۱۰۳ هزار دلار تخمین زده شده است. بر اساس همین تحقیقات یک روند پایدار افزایشی برای دستمزد سالیانه‌ی مهندسان خوردگی پیش‌بینی شده است.



مصاحبه‌ای با جناب مهندس عبدالهی یکی از کارشناسان موفق خوردگی داشتیم تا نگاهی تجربی‌تر و صنعتی‌تر به این علم داشته باشیم.

• با سلام جناب مهندس، ممنون که قبول زحمت کردید. ممکن است معرفی مختصری از خودتان بفرمایید تا مخاطبان بیشتر با شما آشنا شوند؟

سلام، بنده مصطفی عبدالهی کوتیانی هستم و به‌عنوان کارشناس ارشد خوردگی و حفاظت فلزات در شرکت پتروشیمی فجر ماهشهر مشغول به کار می‌باشم و در چند شرکت دیگر در زمینه‌های خوردگی، انتخاب مواد، حفاظت کاتدی و پوشش به‌عنوان مشاور و پاره‌وقت مشغول هستم.

• ممنون، ممکن است دیدگاه کلی خودتان را از این گرایش بفرمایید؟ آیا از اینکه این حوزه‌ی فعالیتی را انتخاب کرده‌اید، رضایت دارید؟

گرایش خوردگی و حفاظت مواد یکی از بهترین گرایش‌های کاربردی مهندسی مواد است که تقریباً در تمام صنایع کاربرد دارد. من با توجه به اینکه گرایش ارشد خوردگی خواندم و در همین زمینه هم مشغول به کار هستم از این گرایش خیلی راضی هستم.

^۴ National Association of Corrosion Engineers (NACE)

• راجع به پروژه‌های مربوط به گرایش خوردگی که تابه‌حال انجام داده‌اید، به‌طور خلاصه توضیح می‌دهید؟

در مورد پروژه‌ها، برای پایان‌نامه بر روی بازدارنده‌های شیف‌بیس^۵ در واحدهای نمک‌زدایی کار کردم که نتایج عالی‌ای داشت و در محل کار هم بر روی خوردگی و ارزیابی طول عمر خطوط آب آتش‌نشانی به‌عنوان تیم نظارت همکاری کردم. همچنین در چندین پروژه دانشجویی به‌عنوان مشاور کاملاً رایگان همکاری داشتم که این پژوهشگران در حال حاضر با عنایت خداوند دانشجوی دکتری هستند.

• برای شما و ایشان آرزوی موفقیت داریم. شما که در صنعت فعال هستید، بازار کار را برای گرایش خوردگی چگونه ارزیابی می‌کنید؟

الان بازار کار بسیار رقابتی شده است و شرکت‌های دانش‌بنیان زیادی به‌وجود آمده‌اند و خوشبختانه تولید بسیاری از محصولات و نمونه‌های خارجی در کشور انجام می‌شود؛ اما شرکت‌های وابسته به نفت، علاوه بر اینکه اهمیت بیشتری به علم خوردگی می‌دهند، از نظر مالی هم بهتر هستند.

• پیشنهاد شما برای صاحبان ایده چیست؟ آیا شرایط کاری این گرایش در ایران به ما اجازه‌ی راه‌اندازی شرکت‌های نوپا^۶ و استارت‌آپ‌ها را می‌دهد؟

بله، اگر ایده‌ها خوب باشند شرکت‌ها حمایت می‌کنند اما به‌شرطی که نمونه‌ی عینی آن عرضه نشده باشد و ایده به‌نوعی کپی‌کاری نباشد. اتفاقاً یکی از زمینه‌های خوب مهندسی معکوس، مواد‌های تک^۷ هستند. به‌عنوان مثال، دوستانی چسب‌های پایه‌فلزی بسیار کاربردی و گران را با یک‌هشتم قیمتی که برند معروف انگلیسی تولید می‌کند، می‌سازند. بدون شک این قبیل استارت‌آپ‌ها در خودکفا شدن کشورمان نیز تأثیرگذار است.

• بعد از فارغ‌التحصیلی توانستید به‌راحتی کار پیدا کنید و در صنعت مشغول به کار شوید؟ و مدرک دانشگاهی به‌چه میزان در پیدا کردن کار حائز اهمیت است؟ تفاوتی بین دانشگاه دولتی و غیردولتی است؟

به‌نظرم برای کار خوب باید زحمت کشید و با توجه به اینکه بازار کار خیلی رقابتی شده است، الان تعداد فارغ‌التحصیل زیاد و به‌تبع بازار کار محدود است و پیدا کردن شغل مناسب بسیار به توانایی فرد بستگی دارد.

از نظر من مدرک دانشگاه دولتی یا آزاد تأثیری ندارد، بلکه مهم‌تر از آن هوش و استعداد فرد است؛ اما یک سختی این قبیل گرایش‌ها این است که دانشجویان علاوه بر تحصیلات دانشگاهی، برای شروع به کار باید تخصص‌های دیگری نیز بلد باشند و دوره‌های زیادی را گذرانده باشند تا برای کار راحت‌تر انتخاب شوند.

^۵ Schiff Base

^۶ Start-up Companies

^۷ High-tech

- چندتا از این دوره‌ها که برای ورود به بازار کار لازم هستند را معرفی می‌فرمایید؟
به‌عنوان مثال، دوره‌ی بازرسی رنگ و پوشش‌دهی^۸ که دوره‌ای فشرده مربوط به فناوری‌های اصلی پوشش‌دهی می‌باشد، دوره‌ی انتخاب مواد، دوره‌ی بازرسی حفاظت کاتدی و دوره‌ی بازرسی API که دوره‌ای جهت آشنایی با بازرسی ظروف تحت فشار حین بهره‌برداری، محاسبات مربوط به بازه‌ی زمانی بازرسی و تعمیرات و تغییرات به‌همراه رویکرد یکپارچگی مکانیکی تجهیزات است.
- به‌عنوان سوال آخر، دیدگاه شخص شما نسبت به تحصیل و کار در این گرایش در خارج از کشور چیست؟ آیا تابه‌حال برای مهاجرت اقدام کرده‌اید؟
من موردهای پیشنهادی جذابی برای کار در خارج از کشور داشتم که به‌خاطر برخی مسائل، امکان آن برایم فراهم نشد اما در برنامه سال‌های آتی خود دارم. لازم به ذکر است که مهندسی خوردگی یکی از بهترین شغل‌های خارج کشور از نظر دریافت حقوق است و دوستان زیادی می‌شناسم که در شرکت‌های معروفی از جمله شل^۹، توتال^{۱۰}، بی‌پی^{۱۱} یا غیره مشغول به کار هستند.
- ان‌شاءالله شاهد موفقیت‌های بیشتر شما باشیم. ممنون جناب مهندس از اینکه وقت خود را در اختیار ما قرار دادید.



[1] Book: Introduction to Corrosion Science by E. McCafferty

[۲] لینک: معرفی گرایش خوردگی و حفاظت از مواد توسط انجمن علمی مهندسی مواد و

متالورژی فولادشهر اصفهان

^۸Painting and Coating Inspector Level

^۹Royal Dutch Shell (Multinational oil and gas company)

^{۱۰}TotalEnergies (Petroleum refining company)

^{۱۱}BP (Oil industry company)

معرفی گرایش استخراج فلزات



امیرحسین حمیدی،
دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش استخراج فلزات



بیشتری است. به عنوان مثال یکی از مهم‌ترین منابع جهت استخراج فلزات، منابع ثانویه^۴ هستند. مثال‌هایی از این منابع عبارتند از انواع باتری‌های مصرف‌شده، انواع قراضه‌های شهری و خانگی، قطعات و کاتالیست‌های مستعمل صنعتی و حتی غبارات، خاکسترها، پساب‌ها و پسماندهای صنایع مختلف. امروزه با سختگیرانه‌تر شدن قوانین زیست‌محیطی و کم شدن عیار معادن، استخراج فلزات از این منابع به صورت گسترده و با اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی مهمی انجام می‌شود.

از آنجا که اولین کاربرد مفهوم استخراج منابع، مربوط به استخراج از دل زمین بوده است، بخش عمده‌ای از تعریف متالورژی استخراجی شامل فن بیرون آوردن فلزات از درون سنگ‌های معدنی است. به هر ترتیب متالورژی استخراجی را می‌توان به سه حوزه کلی زیر تقسیم‌بندی نمود:

• **هیدرومتالورژی:** هیدرو واژه‌ای یونانی به معنی آب و هیدرومتالورژی مجموعه‌ای است از روش‌های تر (منظور انجام فرایند در محیط‌های آبی است) که معمولاً در شرایط (دما و فشار) محیط انجام می‌شوند، اما بعضاً ممکن است تحت فشار بالا و در نقطه‌ای جوش محلول نیز انجام بپذیرند [۲].



شکل ۲- استخراج توسط هیدرومتالورژی

شاید بتوان تاریخچه و مبدأ متالورژی استخراجی را در عصر سنگ جست. در جایی که اولین نقاشی‌های انسان غارنشین به وسیله‌ی سنگ معدن هماتیت (کانه‌ی معروف آهن) کشیده شد. این سنگ معدن، کم و بیش با این هدف جمع‌آوری می‌شد [۱]. بشر هیچ‌گاه دست از تلاش و تکاپو برنداشت و با پیشرفت ابزار و تکنولوژی خویش توانست آغاز عصر برنز، مس و سپس آهن را رقم زند. در مجموع اینگونه به نظر می‌رسد که پیشینیان ما از دیرباز متوجه وجود ارتباط معناداری بین استخراج فلزات با میزان پیشرفت جوامع خود بوده‌اند.



شکل ۱- پروفیسور فتحی حبشی

پروفیسور فتحی حبشی^۱، استاد برجسته‌ی متالورژی در دانشگاه لاول^۲ شهر کبک^۳ کانادا و مؤلف بسیاری از کتاب‌های مطرح در حوزه‌ی متالورژی استخراجی، متالورژی استخراجی را **علم و هنر استخراج فلزات از کانه‌هایشان** تعریف می‌کند که اغلب با فرایندهای بهبود کانه نیز همراه است [۲]. هرچند که این تعریف بسیار درست می‌نماید اما امروزه در این حوزه بسیار محدود بوده و نیازمند تفسیر و توضیح

^۱Fathi Habashi

^۲Laval

^۳Quebec City

^۴Secondary Resources

• پیرومتالورژی: پیرو واژه‌ای یونانی به معنی آتش و پیرومتالورژی علم استخراج فلزات با بهره‌گیری از روش‌های خشک می‌باشد که عمدتاً در دماهای بسیار بالا انجام می‌شوند، به حدی که ممکن است این روش‌ها شامل ذوب کامل مواد شارژی (مواد تحت عملیات استخراج) نیز شود [۲].



شکل ۳- استخراج توسط پیرومتالورژی

می‌شود که شامل حرارت دادن مواد در مجاورت نمک کلراید سدیم یا کربنات سدیم در دماهای بالا است. سپس ترکیبات پیچیده‌ی وانادیم پس از انحلال پذیرتر شدن در اثر فرایند قبلی، در طی یک فرایند هیدرومتالورژیکی در آب حل می‌شوند و در نهایت با اعمال جریان برق و انجام الکترولیز که از فرایندهای الکترومتالورژی است، وانادیم استخراج می‌شود [۳].

در همین مثال کوچک از دنیای گسترده‌ی متالورژی استخراجی، اهداف اقتصادی به وضوح قابل لمس است اما آنچه که ممکن است در نظرها پنهان بماند، سمی بودن وانادیم بوده که از نقطه نظر زیست محیطی سبب شده است، رهاسازی و دفع آن به شدت ممنوع باشد.

• الکترومتالورژی: مجموعه‌ای از روش‌ها است که بر پایه‌ی استفاده از جریان الکتریکی به منظور انجام تحولی الکتروشیمیایی و یا تصفیه‌ی فلزات هستند [۲].

در مقطع کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی معمولاً دروس هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی به همراه آزمایشگاه در قالب ۶ واحد درسی ارائه می‌شوند.

برای استخراج فلزات از هر نوع منبع اولیه یا ثانویه‌ای ممکن است یک یا چند مورد از روش‌های سه حوزه‌ی ذکر شده مورد استفاده قرار بگیرد. به عنوان مثال، یکی از روش‌های استخراج و بازیابی فلز وانادیم از سرباره‌های صنعت فولادسازی، شامل فرایندهایی از هر سه حوزه است. ابتدا فرایند پیرومتالورژیکی تشویه نمکی انجام

♦ جایگاه علمی، صنعتی، اقتصادی، حوزه‌های کاری رشته و هر آنچه که از دست مهندسان استخراجی برمی‌آید

مصاحبه‌ای با آقای دکتر سعید کریمی، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی همدان، دانش‌آموخته دانشگاه‌های تهران و کوئینز کانادا، کارشناس R&D شرکت خالص‌سازان روی زنجان.

• سلام جناب دکتر، بسیار ممنون بابت وقتی که در اختیار ما گذاشتید. به عنوان اولین سوال بفرمایید که به طور کلی علم استخراج فلزات یا متالورژی استخراجی چیست و این رشته چه جایگاه علمی‌ای دارد؟
متالورژی استخراجی، علم توانایی جداسازی یک فلز از مواد معدنی آن با تکنیک‌های مختلف است که این کار می‌تواند به وسیله‌ی هر روشی از مجموعه فرایندهای پیرومتالورژی، هیدرومتالورژی و الکترومتالورژی انجام شود. البته بخش مهمی که از این تعریف جا می‌ماند، بازیافت فلزات بوده که تکمیل کننده بحث تولید و تأمین فلزات

• به نظر می‌رسد که استخراج فلزات از کانه‌های سولفیدی عموماً چالش‌برانگیز بوده است؛ آیا مطالعه‌ی این کانه‌ها نیز می‌تواند موضوع کاری و تحقیقاتی خوبی باشد؟

در مورد کشور خودمان بله؛ مثلاً در صنعت روی تا حدودی نیاز است تا فرایندها برای استخراج کانه‌های سولفیدی، از نظر مکانیزم و تکنولوژی بهینه‌سازی شوند اما در دنیا کارهای زیادی انجام شده است.

از دیگر مشکلات عمده‌ی ما، تولید فلزات استراتژیک است. فلزاتی مثل کبالت و نیکل که ما تولیدکننده‌ی آنها نیستیم و آسیب‌های زیادی را از این بابت متحمل شده‌ایم.

• تعامل و ارتباط علم و عمل در این رشته چگونه است؟ آنچه که امروزه در مباحث تحقیقاتی جدید بررسی و مطالعه می‌شود تا چه اندازه با صنعت در ارتباط است؟ پژوهش‌های علمی به خصوص در علوم پایه مثل ریاضی و فیزیک، فاصله‌ی بسیار زیادی با صنایع دارند. در مورد رشته‌های مهندسی این فاصله کمتر است؛ اما همچنان وجود دارد. در رابطه با رشته‌ی استخراج فلزات اگر بتوان با مقیاس عددی سنجید، شاید در ایده‌آل‌ترین حالت، تعامل علم و عمل پانزده درصد باشد.

• چشم انداز رشته در عرصه‌های بین‌المللی چگونه است؟

فرصت‌های علمی و کاری زیادی در سراسر دنیا وجود دارد. با توجه به فراوانی و نحوه‌ی توزیع عناصر مختلف در نقاط مختلف زمین، برخی کشورها بیشتر مستعد فعالیت در این رشته هستند؛ مثل کانادا، فنلاند و استرالیا. همچنین در سایر کشورهای دنیا دانشگاه‌های مطرح و بزرگی فعالیت‌های علمی گسترده‌ای در این حوزه انجام می‌دهند.

• در بحث بازیافت فلزات که خود بخش مهمی از این علم و رشته است، بسیار به فواید زیست‌محیطی اشاره می‌شود. عملکرد صنایع ایران در رعایت قوانین محیط زیستی چگونه بوده است؟

استانداردهای خوبی داریم که رعایت کنیم؛ اما مشکلات بررسی و کنترل قوانین به‌طور جدی وجود

است. بازیافت فلزات می‌تواند با مصرف انرژی به‌مراتب پایین‌تر، گامی مؤثر در جهت تأمین فلز، کاهش مصرف مواد معدنی و کاهش مشکلات زیست‌محیطی باشد.

در رابطه با جایگاه علمی این رشته می‌توان گفت که تولید و تأمین فلز نقشی حیاتی در روند رشد و توسعه‌ی اقتصاد بیست سال اخیر جهان داشته است. بنابراین ابداع روش‌های جدید، بهینه‌سازی فرایندها و ارائه‌ی راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی و مواد همواره از اهداف دانشمندان این زمینه بوده است.

• این رشته چه ارتباط و فصل مشترک‌هایی با دیگر علوم فنی و مهندسی دارد؟

از آنجایی که استخراج فلزات ابتدا از معادن آغاز می‌شود، با اکتشاف و فرآوری مهندسی معدن ارتباط تنگاتنگی دارد و پس از آن وقتی که خاک یا کنسانتره وارد خط تولید می‌شود، از رشته‌ها و علوم دیگری نیز درگیر کار می‌شوند. از مهندسان برق و مکانیک گرفته برای طراحی، ساخت و بهره‌برداری دستگاه‌ها و تجهیزات تا مهندسان شیمی و خوردگی برای فعالیت در آزمایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها.

• به نظر شما حوزه‌های کاری و تحقیقاتی جدید در این گرایش چگونه است؟

با توجه به اینکه علم مرزی ندارد، کارهای زیادی می‌تواند انجام بگیرد. یکی از زمینه‌های پرتقاضا در این رشته، نحوه‌ی استخراج فلز از کانی‌های مشکل‌دار است. به‌طور مثال عیار اقتصادی و قابل قبول برای استخراج طلا چیزی حدود ۳-۴ ppm است. معدن طلایی در کانادا با عیار ۴۰ ppm وجود دارد که استخراجی بر آن انجام نمی‌شود و علت آن درگیری بالای فرایند با سیلیس زیاد معدن است. علاوه بر این، چه در ایران و چه در سراسر دنیا، موضوعات بازیافت فلزات از قطعات مستعمل، به‌خصوص قطعات الکترونیکی، تولید فلزات نادر خاکی، استفاده از باکتری‌ها و گیاهان در استخراج فلزات و مطالعه‌ی کانه‌های کم‌عیاری که تا به دیروز استخراج از آنها صرفه‌ای نداشته اما امروزه مورد توجه قرار گرفته‌اند نیز می‌توانند حوزه‌های کاری و پژوهشی مهمی باشند.

کنند؛ یعنی مهندسی که بتواند فرایندها را بهینه کند و موجب شود تا بیشترین تولید را داشته باشیم، بدون شک جایگاه مثبت و مؤثری را در صنعت تولید فلزات و مواد خام دیگر خواهد داشت.

• فرصت های شغلی موجود و معایب و مزایای آنها به چه صورت است؟

به نظر می رسد که فرصت های شغلی موجود در این گرایش از خیلی گرایش های دیگر بهتر است. چون یکی از ساختارهای بزرگ و مهم اقتصاد هر کشور مربوط به تولید فلز است، به خصوص در ایران که تقریباً اساس و پایه ی متالورژی، علم استخراج است. از جمله شهرهای صنعتی و فعال کشور در زمینه ی متالورژی استخراجی، اصفهان، خوزستان، کرمان، اراک، تبریز و زنجان هستند. شهرهای بزرگ دیگر مثل یزد، تهران، مشهد نیز رشد خوبی در زمینه ی تولید فلزات دارند.

به عنوان یک حقیقت باید گفت که ما مهندسان متالورژی استخراجی، در صنعت تولید فلزات، به نوعی محکوم به انجام کارهای کارمندی هستیم؛ چرا که تولید در این صنایع با مقیاس بسیار بزرگی انجام می شود. از این لحاظ وارد سیستم کارمندی شدن شاید برای بعضی از افراد عیب به شمار بیاید.

باز هم تأکید می کنم که نقش بازیافت برای کمک به چرخه ی تولید صنایع فلزی به دلیل افزایش هرروزه مواد مستعمل و همچنین به دلایل متعدد دیگری که به برخی از آنها نیز اشاره شد، بسیار بسیار مهم است. برای افراد علاقه مند در این زمینه، واقعاً جا برای انجام کار بسیار زیاد است؛ یعنی به جای راضی شدن به شغلی محدود با حقوق ثابت، می توان کسب و کار فردی راه انداخت و عملاً کارآفرین بود. شاید باورش عجیب باشد اما فارغ التحصیلی را می شناسم که در کارگاهی کوچک (به مساحت دو یا سه مترمربع) از تصاویر رادیوگرافی، نقره استخراج می کند و حداقل دو برابر حقوق یک مهندس شاغل در شرکتی بزرگ درآمد دارد. موارد مشابه بسیار است و بنده وجود چنین فرصتهایی را در این رشته از مزایای آن می دانم. البته دیدگاه شخص بنده

دارند. شرایط کاری و اقتصادی ایران نیز تا حدودی باعث خلال در رعایت قوانین شده است. البته این شرایط کم کم رو به بهبود است و به آینده امیدواریم ولی تا رسیدن به نقطه ای خوب بسیار کار داریم. در کل شرایط خوبی نداریم خصوصاً در رابطه با رهاسازی فلزات سنگین در طبیعت که اصلاً شوخی نیست. این واقعیتی است که وجود دارد و ما درگیر آن هستیم.

• در مورد مهارت های مورد نیاز مهندسان و دانشجویان در صنعت چه پیشنهادی دارید؟

در رابطه با مهارت باید بگویم که در صنعت، دانستن جزئیات از هیچکس انتظار نمی رود. به عنوان مثال در مورد استخراج فلز روی، دمای فرایند، مواد مورد استفاده و غیره در وهله ی اول اهمیتی ندارد؛ آنچه که مهم است دانستن طرح کلی فرایند است که با انجام فرایند خردایش^۵ و فلوتاسیون^۶ (شناورسازی)، آغاز و در نهایت با الکترولیز^۷ (برق کافت) و ریخته گری^۸ پایان می یابد.

همچنین انتظار دیگری که می رود، وجود ذهنیت و دیدگاه مهندسی در فرد است؛ یعنی فرد باید مفاهیم دقیق و اصول پایه ی علم و مهندسی را بداند.

همچنین نه تنها از یک مهندس استخراجی بلکه از همه ی مهندسان انتظار می رود تا پیچیده ترین مسائل را ساده سازی کنند و در مجموع، ساده به فرایندها نگاه کنند. هرچه طرح و ایده ای ساده تر باشد، مقبولیت بیشتری دارد.

• جایگاه متخصصان و دانش آموختگان این حوزه در صنعت ایران را چگونه ارزیابی می کنید؟

فلزات در زنجیره ی تولید انواع قطعات و دستگاهها نقشی اساسی دارند. باید دید که در این زنجیره ی اصلی صنعت، ما کجای کار ایستاده ایم. می توانیم از تولیدکنندگان اصلی فلزات باشیم و یا در تولیدات به عنوان مهندس ناظر، مهندس فرایند، مهندس سرپرست و غیره فعالیت کنیم. در مجموع، کسانی که بتوانند با ظرفیت موجود بیشترین سود و بازده را داشته باشند، می توانند در تأمین مواد اساسی و خام صنعت نقشی اساسی ایفا

^۵Grinding

^۶Flotation

^۷Electrolysis

^۸Casting

زمان و موقعیتی مسئولیت پذیر باشید و وظایف خود را بدانید. بقیه‌ی موارد خودبه‌خود ایجاد می‌شود. شما دانش و تجربه‌تان هر روز بیشتر و بیشتر می‌شود، به شرط آنکه بطلبید و بخواهید.

• بسیار عالی! سپاس از اینکه به ما افتخار دادید. موفق و سلامت باشید.

♦ نرم افزارهای تخصصی و مورد نیاز رشته

معرفی چند نمونه از نرم افزارهای تخصصی متالورژی استخراجی:

• METSIM

اساس و پایه‌ی تحلیل تمامی فرایندهای شیمیایی و متالورژیکی، برقراری توازن جرم و انرژی است. طراحی کارخانه، بررسی سرمایه‌گذاری ثابت و ارزیابی‌های فنی تماماً به انجام چنین تحلیل و محاسباتی بستگی دارد. METSIM، سیستم طراحی فرایندی همه‌منظوره است که طراحی شده تا مهندسان متالورژی را در انجام محاسبات و برقراری توازن جرم و انرژی فرایندهای پیچیده یاری کند [۴].

• HSC Chemistry

این نرم افزار در انجام محاسبات ترمودینامیکی مرسوم، یاری بسیاری از مهندسان رشته‌های مواد، شیمی، معدن و زیرشاخه‌های آن‌هاست. بنابراین HSC کاربردهای گسترده‌ای در زمینه‌ی آموزش علمی، صنعتی و پژوهشی دارد که روش‌های محاسبه‌ی قدرتمندی را برای مطالعه‌ی تأثیرات متغیرهای مختلف بر روی سیستم شیمیایی در حالت تعادل ارائه می‌دهد. به‌عنوان مثال اگر کاربر نوع مواد اولیه، مقادیر و دیگر شرایط تقریبی فرایندهای شیمیایی را وارد کند، برنامه در نتیجه مقادیر محصول تولیدی را ارائه می‌دهد. همچنین انجام محاسبات تعادلی گرما و مواد در فرایندهای مختلف را بسیار راحت‌تر از هر روش دستی دیگری انجام می‌دهد. بخش دیالگرام‌های پوربه^۹ در نرم افزار نیز برای مطالعه‌ی رفتار انحلال و خوردگی مواد مختلف روشی بسیار سریع ارائه می‌دهد [۵].

این است که اگر فرد ابتدا وارد شرکت‌های بزرگ شود و کسب تجربه کند و سپس وارد فضای کارآفرینی شود موفق‌تر خواهد بود. یعنی کار کردن به‌عنوان پرسنل و کارمند شرکت‌های بزرگ نیز می‌تواند به‌نوبه خود فرصت تلقی شود. به‌اضافه اینکه در این رشته، محصول تولیدی و خروجی ما ماده‌ی خام خواهد بود. ماده‌ی خام فروش مطمئن و راحت‌تری دارد تا دیگر محصولات که به شکل قطعات، وسایل و تجهیزات هستند.

• اینطور به‌نظر می‌رسد که با قطع یا کم شدن صادرات نفتی و گازی کشور، توجه بیشتری به سمت صنایع معدنی و استخراجی جلب شده است. به نظر شما با توجه به ارتباط تنگاتنگ متالورژی با صنایع نفت و گاز، این می‌تواند یک فرصت باشد؟

با توجه به این شرایط می‌توان گفت که صنایع فلزی به‌نوعی به داد اقتصاد ایران رسیده که درآمد و فرصت‌های شغلی زیادی را ایجاد کرده است. امروزه وجود نیروی کار و انرژی ارزان در ایران باعث رونق این صنایع شده است. تا به اینجا این شرایط مساعد هستند و همه چیز ارزان تمام می‌شود اما در این شرایط که صادرات و فروش مواد نفتی سخت‌تر شده، تأمین مواد اولیه‌ی صنایع نیز دشوارتر شده است. همچنین در همین راستا هم ممکن است که توجه صنعت ایران به سمت کاهش خام‌فروشی برود؛ اما در مجموع باز هم پیش‌بینی دقیقی وجود ندارد.

• توصیه‌ای پایانی به تمامی دانشجویان و دانش‌آموختگان این رشته دارید؟

صنعت ایران به‌شدت تشنه‌ی نیروهای متخصص و مسئولیت‌پذیر شده است اما دقیقاً نمی‌دانم چه اتفاقی افتاده است که یک مقدار نسبت به مهندسان جدید بدبین و بی‌اعتماد شده است و خب طبیعتاً افراد مستعدی که تازه می‌خواهند وارد عرصه شوند متضرر می‌شوند. به‌نظرم در انجام این وظیفه که ما باید به دنبال صنعت باشیم کوتاهی کرده‌ایم. در ما انتظار غلطی وجود دارد که صنعت باید به دنبال ما بیاید اما این باور حتی در کشورهای دیگر نیز مرسوم نیست. سعی کنید در هر

^۹Pourbaix Diagrams or EH-pH Diagrams

• Open Pit Metals

نرم‌افزاری کاربردی و محصول شرکت R Pincock Minarco است که به‌منظور برنامه‌ریزی و زمان‌بندی کلیه عملیات استخراج معادن و حفاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با کمک این نرم‌افزار مهندسان قادر هستند تا کلیه جنبه‌های استخراج، از زمین‌شناسی گرفته تا حمل و نقل را مدیریت و کنترل نموده و برای آن‌ها برنامه‌ریزی کنند تا با صرف کمترین زمان و با بالاترین میزان دقت، پروژه را در زمان‌بندی مقرر به پایان رسانند. همچنین این نرم‌افزار گزارش‌های کامل و جامعی را بر اساس تمامی داده‌ها در اختیار کاربران خود قرار می‌دهد و به آن‌ها امکان مدیریت داده‌های خود را به روشی ساده و سریع ارائه می‌دهد [۶].

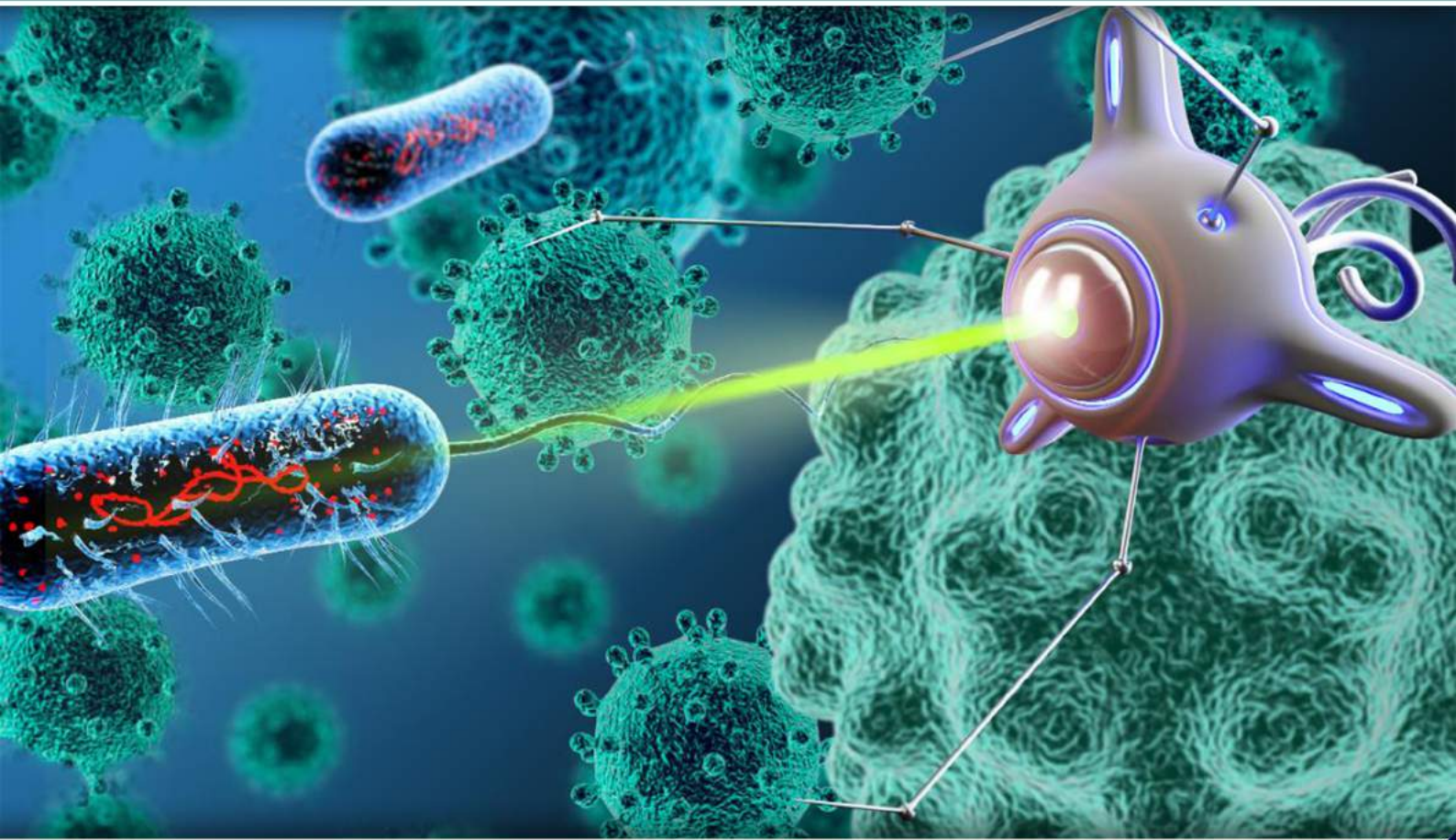
• OLI Systems

OLI Systems شرکتی است که مجموعه نرم‌افزارهایی برای شبیه‌سازی ترمودینامیک الکترولیت‌ها و خوردگی در محیط‌های آبی تولید می‌کند. از جمله کاربردهای این نرم‌افزارها در پیش‌بینی نقاط تعادل واکنش‌ها، اندازه‌گیری پتانسیل و میزان خوردگی فلزات در الکترولیت‌ها، انتخاب آلیاژ مناسب برای شرایط الکترولیت تعریف‌شده، بررسی خواص روینگی، بررسی رفتار انحلال فلزات و آلیاژها و غیره است [۷].



- [1] Book: A History of Metallurgy by Ronald F. Tylecote
- [2] Book: Metals from Ores: An Introduction to Extractive Metallurgy by Fathi Habashi
- [3] Article: [The Extraction of Vanadium from Titanomagnetites and Other Sources by Rorie Gilligan and Aleksandar N. Nikoloski](#)
- [4] Link: WWW.metsim.com
- [5] Link: WWW.hsc-chemistry.com
- [6] Link: WWW.rpmglobal.com
- [7] Link: WWW.olisystems.com

معرفی گرایش نانوفناوری



محمد صالح محمودی و مبینا شادلو،
دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد دانشگاه تهران



مقدمه

نانو در زبان یونانی به معنی کوتوله است. در مجامع علمی نیز به عنوان یک مقیاس بسیار کوچک برای اندازه گیری به کار می رود. در واقع اگر یک متر را به یک میلیارد قسمت مساوی تقسیم کنیم، یکی از آن قسمت‌ها، یک نانومتر است؛ بنابراین یک نانومتر، یعنی یک میلیاردم متر یا 10^{-9} متر.

جالب است بدانید یک نانومتر به اندازه‌ی چیدن ۵ تا ۱۰ اتم در کنار یکدیگر است. پیشوند نانو ممکن است قبل از هر یکای اندازه گیری بیاید؛ اما در حوزه‌ی نانومواد، فقط و فقط بحث «طول» مطرح است. مثلاً اگر ماده‌ای یک نانوگرم جرم داشته باشد، آن ماده لزوماً جزو نانومواد نیست. (یا برای مثال واحدهایی مانند نانوثانیه یا نانوهرتز، هیچ ربطی به مفاهیم علوم نانو ندارند.)

نانومواد امروزه در بسیاری از صنایع کاربرد دارند و همین مسئله باعث شده است که فناوری نانو در جهان، زمینه‌ی بسیار مهمی برای فعالیت و تحصیل باشد. از همین رو، در مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی گرایش به نانومواد اختصاص داده شده است که در برخی دانشگاه‌های ایران نیز ارائه می شود.



شکل ۱ - شبیه سازی عملکرد نانوبات در دستکاری ژن و ترمیم DNA

نانومواد

نانومواد به موادی اطلاق می شود که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در محدوده‌ی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. به عنوان مثال نانولوله، یک ساختار لوله‌ای شکل است که قطر آن در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است؛ اما لزوماً طول آن نیز در این مقیاس نیست.

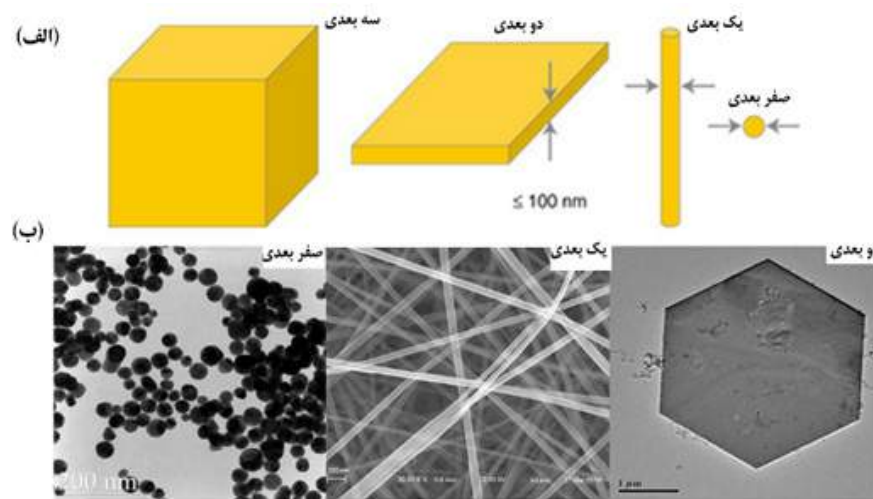
علاوه بر تعریفی که بر اساس اندازه ارائه می شود، تعریف دیگری نیز وجود دارد که به تأثیر اندازه^۱ مربوط می شود. طبق این تعریف، نانومواد، موادی هستند که با کوچک شدن یکی از ابعادشان، خاصیت جدیدی از خود نشان بدهند. خاصیتی که در مقیاس بزرگ تر، اثری از آن مشاهده نمی شود. پس هرگاه با کاهش اندازه‌ی ذره خاصیتی جدید در آن مشاهده شود، آن را جزو نانومواد به حساب می آوریم.

اکثر مواد زمانی که تا اندازه‌های نانومتری کوچک می شوند، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی یا حتی ترمودینامیکی متفاوتی از خود نشان می دهند. همین موضوع سبب شده است تا نانومواد پهنجره‌ای نو به روی کاربردهایی پیشرفته و نوین باز کنند.

بر این اساس، نانوالیاف، نانوکامپوزیت‌ها، نانوکپسول‌ها، نانوبلورها، نانوپوشش‌ها و انواع دیگر نانومواد را می توان بهتر تعریف کرد. به طور کلی، این‌ها موادی هستند که با به کارگیری ساختارهایی در مقیاس نانو (۱ تا ۱۰۰ نانومتر)، خواص جدیدی را در مقایسه با مقیاس بزرگ به وجود می آورند [۱].

^۱Size Effect

نانومواد را با معیارهای مختلفی می‌توان طبقه‌بندی کرد؛ اما مهم‌ترین طبقه‌بندی این مواد بر اساس ابعاد است. از این دیدگاه نانومواد به دسته‌های صفربعدی، یکبعدی، دوبعدی و سه‌بعدی تقسیم می‌شود.



شکل ۲ - نانومواد صفر بعدی، یک بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی

معرفی و جایگاه علمی علم نانو و نانوفناوری و کاربردها

ایجاد می‌شود و سپس آن را به قطعات کوچک‌تر تقسیم می‌کنند تا به ابعاد نانومتری برسند. از این روش برای ساخت ریزپردازنده‌ها در صنایع کامپیوتر استفاده می‌شود. با وجود موفقیت زیاد، این روش در جایی که نیاز به تغییرات در ابعاد اتمی داریم، ناکارآمد است؛ زیرا با آن نمی‌توان بر چپش اتم‌ها نظارت داشت. عمده‌ترین مشکلی که استفاده از این روش ایجاد می‌کند، زبری و ناصاف بودن سطح محصولات تولید شده است.

روش دیگر، ساخت تجهیزات با روش پایین به بالا است که در آن قطعه، از کنار هم قرار گرفتن اتم‌ها ساخته می‌شود. اگر در ساختار طبیعت دقت کنید، می‌بینید که تمام پدیده‌های طبیعی از این روش ساخته شده‌اند. راه‌گشایترین استراتژی در این روش، مشاهده دقیق روندهای طبیعی و شبیه‌سازی دقیق فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و زیست‌شناسی آن‌ها در آزمایشگاه است. با کنار هم قرار گرفتن کوچک‌ترین اجزای سازنده یک ساختار پیچیده، مثل اتم‌ها، بر اساس ساختاری که در طبیعت وجود دارد، می‌توان آن ساختار را دقیق و کاملاً حساب‌شده درست کرد. یکی از نمونه‌های

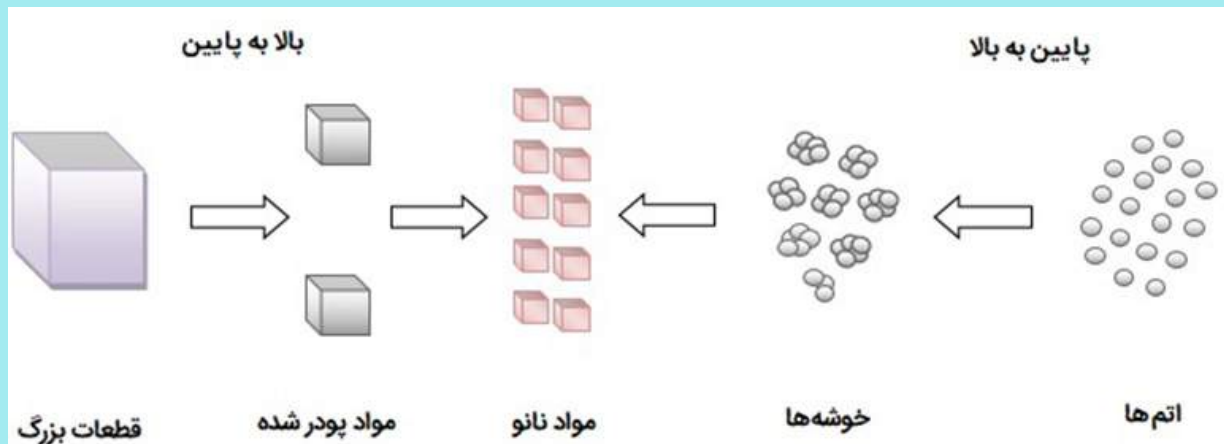
واژه‌ی نانو شامل طیف وسیعی از علوم همچون شیمی، فیزیک، ریاضی، مهندسی و زیست‌شناسی است و در نتیجه‌ی کاربرد این فناوری در این علوم، تغییرات بسیار بزرگی ایجاد می‌شود.

فناوری نانو دانشی بین‌رشته‌ای است که نمی‌توان تنها با استفاده از قوانین حاکم بر مکانیک کوانتومی یا خواص شیمیایی اتم‌ها و مولکول‌ها در دنیای نانو آن را به‌درستی درک و از آن استفاده کرد. در کنار دانشمندان علوم شیمی، فیزیک و ریاضی، متخصصان علومی همچون پزشکی، مهندسی و کامپیوتر به رشد و کارایی فناوری نانو کمک می‌کنند. صنایعی همچون مواد، کامپیوتر و پزشکی در این زمینه مشارکت‌های بسیاری داشته‌اند و به همان اندازه از این فناوری سود برده‌اند.

دو روش کلی برای ساخت تجهیزات در فناوری نانو وجود دارد: **روش بالا به پایین و روش پایین به بالا**. روش بالا به پایین مثل ساختن یک صندلی از تنه‌ی یک درخت است. اول باید تنه‌ی درخت را به قطعه‌های کوچک خرد و با استفاده از این قطعه‌ها صندلی درست شود. در صنعت نیز ابتدا بر روی قطعه‌ی بزرگ تغییر

تعیین کننده خواص میکروسکوپی و حتی ویژگی های ظاهری ماده می شود. علاوه بر این با استفاده از روش پایین به بالا می توان محصولاتی با ویژگی زیست سازگاری^۳ بالاتر و دوستدار محیط زیست تولید کرد. امید پژوهشگران این است که با استفاده از روش پایین به بالا و الگوبرداری از طبیعت بتوانند اثر مخرب کمتری بر محیط زیست پیرامون جوامع انسانی داشته باشند [۲].

بسیار جذاب روش پایین به بالا، روش خودسازی^۴ است که در آن مولکول های موجود در محلول خودبه خود با نظم مشخصی بر روی سطح مورد نظر قرار می گیرند و ساختاری از پیش تعیین شده را به وجود می آورند. در روش بالا به پایین ساخت چنین ساختارهایی اگر غیرممکن نباشد بسیار دشوار است. ویژگی های اتم های جدا از هم در ساختار نانو،



شکل ۳- دو روش کلی برای ساخت مواد نانویی

زندگی انسان باعث شده است در نقاط مختلف جهان، در بخش های آموزش، پژوهش و صنعت، سرمایه گذاری های قابل توجهی بر روی نانوفناوری به عنوان یکی از مهم ترین و برجسته ترین فناوری های جدید، انجام گیرد. امروزه فناوری نانو بسیاری از عرصه های علمی را درنور دیده و کاربردهای گسترده ای یافته است که جا دارد در ادامه به برخی از کاربردهای آن اشاره کنیم [۳].

نانوفناوری، با در دست گرفتن کنترل در مقیاس نانومتری یا همان سطوح اتمی و مولکولی، توانمندی تولید و ساخت مواد، ابزار و سیستم های جدید را فراهم می کند. در واقع این فناوری، علم تغییر یا استفاده از خواص جدید مواد و سیستم ها در ابعاد نانومتری است که در این سطوح ظاهر می شوند. قابلیت این فناوری در تغییر و تحول جدی در کیفیت

کاربردهای فناوری نانو

امروزه شاید کمتر صنعتی را بتوان پیدا کرد که تحت تأثیر فناوری نانو قرار نگرفته باشد و این فناوری نو در صنایع الکترونیک، نظامی، پزشکی، کشاورزی و غیره وارد شده و همچنان در حال توسعه و پیشرفت است. نانو تکنولوژی در آینده، موجب ساخت مواد و ابزارهایی با عملکرد مطلوب تر خواهد شد. محققین قادر به ایجاد ساختارهایی از مواد خواهند شد که در طبیعت نبوده و شیمی مرسوم نیز قادر به ایجاد آن ها نبوده است. یکی از مزایای نانو ساختارها، قابل برنامه ریزی کردن مواد است که می توانیم ویژگی ذاتی آن ها را متناسب با نیاز خودمان تغییر دهیم. برای مثال ساختن یا طراحی ماده ای سبک با استقامت بالا که نسبت به خوردگی مقاوم باشد. علم نانو با خلق ابزارهایی نوین بر پایه ی اصول و معماری جدید، کاربرد گسترده ای در صنایع مختلف دارد. از جمله کاربردهای نانوفناوری در صنعت الکترونیک، ساخت محصولات و دستگاه هایی با بازدهی بسیار بالاتر و مصرف انرژی کمتر همچون ماشین حساب های پیشرفته،

^۳Self-assembly

^۴ یعنی عمر طولانی داشته باشد، از نظر شیمیایی خنثی باشد و اثر مخرب بر سایر بافت ها نداشته باشد

لپ‌تاپ، تلفن‌های همراه و دیگر وسایل الکترونیکی است. ترانزیستورهای ساخته‌شده در ابعاد نانو، قطعات اساسی مدارهای پیچیده‌ی امروزی هستند. بیوتکنولوژی جزو فناوری‌های در حال توسعه است که با به‌کارگیری مفهوم نانو به پیشرفت‌های بیشتری دست خواهد یافت. نانوبیوتکنولوژی به‌عنوان یکی از حوزه‌های کلیدی قرن ۲۱ شناخته شده است که امکان تعامل با سیستم‌های زنده را در مقیاس مولکولی فراهم می‌آورد. بیوتکنولوژی به نانوتکنولوژی مدل ارائه می‌دهد، در حالی که نانوتکنولوژی با در اختیار گذاشتن ابزار برای بیوتکنولوژی، آن را برای رسیدن به اهدافش یاری می‌رساند. محدودیت‌های شدید سوخت مورد نیاز فرستادن فضاپیما برای مأموریت‌های طولانی به فضا از جمله مشکلاتی است که وجود مواد و ابزارآلات نانو ساختاری، حل این مشکل را ممکن ساخته است [۲ و ۴].

♦ واحدهای درسی گرایش نانومواد و نانوفناوری

پایین به بالا تقسیم می‌شوند که پیش‌تر در قسمت نانوفناوری به آن‌ها پرداختیم.

۲- روش‌های آنالیز مواد^۲

روش‌های آنالیز و شناسایی مواد، بسیار حائز اهمیت است. خواص فیزیکی و شیمیایی یک محصول، به نوع مواد اولیه و ریزساختار آن بستگی دارد؛ بنابراین جهت شناسایی ویژگی‌های یک ماده برای انجام پژوهش و نیز کنترل کیفیت محصولات صنعتی، نیاز به روش‌ها و تجهیزات شناسایی خاصی است.

روش‌های آنالیز را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم‌بندی نمود: **عنصری، فازی و ریزساختاری**.
• **آنالیز عنصری:** در این روش، تنها نوع عنصر یا مقدار آن مشخص شده ولی ساختار کریستالی عنصر یا ماده تعیین نمی‌شود.

• **آنالیز فازی:** ساختار کریستالی یا کانی‌های موجود در ماده، در این روش مشخص می‌شود.

• **آنالیز ریزساختاری:** در این روش، شکل، اندازه و توزیع فازها بررسی می‌شود. این ویژگی‌ها اثر مهمی بر خواص نهایی ماده دارند.

علاوه بر سه دسته‌ی فوق، دو روش دیگر نیز وجود دارند: **آنالیز سطح و حرارتی** [۵].

تمامی روش‌های آنالیز مواد در این درس بررسی می‌شود. همچنین، در **ویژه‌نامه‌ی**

هر دانشجو در هر دوره‌ی آموزشی و هر رشته‌ای که وارد دانشگاه می‌شود از قبل برای وی یک روند آموزشی تعیین شده است که بهتر است بر اساس آن چارت درسی، درس‌های خود را در هر ترم انتخاب کند. چارت آموزشی علاوه بر عنوان درس‌های پیشنهادی برای هر ترم، حاوی اطلاعات دیگری نیز است از قبیل تعداد واحد پیشنهادی برای هر ترم، دروس اصلی، اختیاری و عمومی، دروس دارای پیش‌نیاز و هم‌نیاز، کد درس‌ها و غیره. معمولاً چارت‌های درسی دانشگاه‌های مختلف شبیه به هم هستند اما ممکن است تفاوت‌هایی جزئی داشته باشند. چارت درسی را از سایت دانشگاه خود (بخش معاونت آموزشی) می‌توانید به‌دست آورید.

لازم به ذکر است در دانشگاه تهران، گرایش کارشناسی ارشد نانومواد یا فناوری نانو وجود ندارد؛ اما به‌منظور معرفی کلی چارت درسی گرایش نانومواد، دو درس مهم از این گرایش را نام برده و به‌طور مختصر توضیح می‌دهیم.

۱- روش‌های سنتز نانومواد^۱

در اکثر مقالات علمی حوزه‌ی نانو، به‌جای «ساخت»، از واژه‌ی «سنتز» استفاده می‌شود. برای سنتز نانوذرات روش‌های بسیار متنوعی وجود دارد. این روش‌ها به‌طور کلی به دو گروه بالا به پایین و

^۲Synthesis Methods of Nanomaterials

^۱Materials Analysis Methods

«روش‌های آنالیز مواد نانوساختار» نشریه‌ی

فراسوی مواد، به‌طور تخصصی‌تر با این روش‌ها آشنا شده‌ایم.

در این گرایش علاوه بر واحدهای اصلی و مهم ذکرشده، به دروس دیگری از جمله خواص نانومواد^۷، نانوکامپوزیت‌ها^۸، نانومواد پیشرفته^۹، لایه‌های نازک و پوشش‌های نانو ساختار^{۱۰}، نانوالکترونیک و فناوری قطعات^{۱۱}، نانویست‌فناوری^{۱۲} و غیره پرداخته می‌شود [۶].

معرفی نرم‌افزارهای مناسب گرایش نانومواد

عصر تکنولوژی و ظهور نرم‌افزارهای تخصصی برای رشته‌های مختلف، پژوهش‌ها و ارزیابی‌های علمی محققین را دقیق‌تر و به‌صرفه‌تر نموده است. در ادامه به بررسی ۳ نمونه از نرم‌افزارهای تخصصی بسیار مفید و کاربردی برای پژوهشگران رشته‌ی مواد و متالورژی و گرایش نانومواد می‌پردازیم:

۱- Xpert HighScore

در علم مواد و مهندسی مواد، فیزیک، شیمی و غیره برای شناسایی و تعیین ساختار مواد، محصولات خوردگی، پوشش‌ها و غیره از آزمونی بر اساس قانون براگ^{۱۳} استفاده می‌شود که اطلاعات جامعی درباره‌ی ترکیبات شیمیایی و ساختار کریستالی مواد طبیعی و صنعتی ارائه می‌دهد. برای مثال یک پره‌ی توربین که در نیروگاه‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، پس از مدتی با توجه به اتمسفر پیرامون آن دچار خوردگی داغ می‌شود. با آنالیز محصولات خوردگی روی پره‌ی توربین می‌توان نسبت به افزایش مقاومت به خوردگی آن اقدام نمود. نرم‌افزارهایی چون Xpert HighScore می‌توانند نتایج آزمون را به‌خوبی تحلیل نموده و نیاز محققان را برآورده سازند. همچنین نرم‌افزار Xpert HighScore یکی از مهم‌ترین

نرم‌افزارهای مورد استفاده در رشته‌های مهندسی به‌خصوص مهندسی مواد، شیمی، فیزیک، زیست، پزشکی برای فازیابی و آنالیز کامل الگوهای پراش اشعه ایکس^{۱۴} است.

علاوه بر فازیابی، تعیین ساختار، اندازه‌ی کریستالیت (و نه اندازه‌ی دانه)، تنش باقی‌مانده، محاسبه‌ی سطح زیر نمودار، ثوابت شبکه و غیره نیز جزو امکانات این نرم‌افزار است [۷].

۲- LAMMPS

نرم‌افزار LAMMPS نرم‌افزاری برای شبیه‌سازی دینامیک مولکولی است که مدل‌هایی از ذرات را در محیط آبی، جامد و گاز ارائه می‌دهد و می‌تواند برای مدل‌های اتمی، پلیمرها، مولکول‌های بیولوژیکی، فلزها و غیره به‌کار رود.

در حالت کلی LAMMPS از معادلات حرکت نیوتن برای مجموعه ذرات یا مولکول‌ها یا اتم‌ها از طریق نیروهای کوتاه‌برد یا بلندبرد استفاده می‌کند [۸].

۳- Materials Studio

متریال استودیو یک محیط مدل‌سازی و شبیه‌سازی کامل است که به محققان علم مواد و شیمی و فیزیک امکان توسعه‌ی مواد جدید از طریق پیش‌بینی روابط بین ساختار اتمی و مولکولی مواد با خواص و رفتار آن‌ها را می‌دهد با استفاده از متریال استودیو محققان صنایع مختلف می‌توانند مواد بهتری را از جمله دارو، کاتالیزور، پلیمر و کامپوزیت، فلزات و آلیاژها، باتری و سلول‌های سوختی، نانومواد و غیره مهندسی کنند.

متریال استودیو طیف کاملی از قابلیت‌های شبیه‌سازی از ابزار کوانتومی، اتمی، آماری و تحلیلی فراهم می‌کند این طیف گسترده از ابزارها، محققان را قادر به ارزیابی مواد در اندازه‌های طولی و مقیاس‌های زمانی مختلف به‌منظور پیش‌بینی دقیق‌تر و ارزیابی عملکرد در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌کند [۹].

^۶Properties of Nanomaterials

^۷Thin Films and Nanostructured Coatings

^۸Nanobiotechnology

^۹Nanocomposites

^{۱۰}Nanoelectronics and Devices Technology

^{۱۱} $n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$

^{۱۲}Advanced Nanomaterials

^{۱۳}X-ray Diffraction (XRD)

از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ گردش مالی‌ای که رقم آن تنها در کشور ایران به ۱۳۰۰ میلیارد تومان در سال ۹۶ رسیده است، درحالی که همین گردش مالی در سال ۹۵، فقط ۷۰۰ میلیارد تومان بود و رشد ۶۰۰ میلیارد تومانی، آن هم تنها ظرف یک سال، نشان از ظرفیت بالای فعالیت در بازار فناوری نانو دارد. ظرفیتی که به تبع آن به افزایش اشتغال‌زایی نیز کمک شایانی خواهد کرد. فناوری نانو که این روزها تنها ۵۰۵ محصول شناسنامه‌دار را در بازار داخلی عرضه کرده و سال گذشته هم بیش از ۱۰۰ میلیارد تومان مالیات به دولت داده است، توانسته با ایجاد ۲۰۰ شرکت دانش‌بنیان در حوزه‌های مختلف نانو، ۲۰ هزار نفر را که عمده‌ی آن‌ها نیز نیروی انسانی تربیت‌شده از سوی جامعه دانشگاهی هستند، صاحب شغل کند؛ افرادی که یا به‌واسطه ده‌ها شغل مستقیم و غیرمستقیم ایجادشده مرتبط با این بخش راهی بازار کار شده‌اند، یا در سایر مشاغل که از پیش وجود داشته اما به‌واسطه راه‌اندازی این شرکت‌ها جانی دوباره گرفته‌اند، این روزها جزو نیروی شاغل کشور محسوب می‌شوند [۱۰].

هزار میلیارد برای راه‌اندازی کسب‌وکار نانویی

با همین چند آمار مختصری که از حوزه‌ی نانو منتشر شده است، می‌توان به این نتیجه رسید که نانو می‌تواند در آینده‌ی کشور یکی از حوزه‌های اثرگذار هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ علمی و فناوری باشد؛ چرا که به‌طور میانگین در هر شرکت دانش‌بنیان حدود ۱۰۰ نفر مشغول به کار هستند، هرچند این تعداد نیروی کار بسته به حجم فعالیت شرکت متفاوت است، اما با تثبیت جایگاه فناوری نانو می‌توان به این مهم امیدوار بود که در آینده

حوزه‌ی نانو که عمر آن در کشورمان حتی به سه دهه هم نمی‌رسد، این روزها توانسته است بخشی از نیاز داخل کشور را توسط نیروی انسانی داخلی این حوزه چه در عرصه‌ی دارویی و چه صنعتی و غیره برطرف سازد. حوزه‌ی نانو به اندازه‌ای مهم است که امروزه گرایش‌های دانشگاهی آن از انگشت‌های یک دست فراتر رفته و دانشجویانی که در رشته‌هایی چون نانوشیمی^{۱۴}، نانوفیزیک، نانوفناوری^{۱۵}، نانومواد^{۱۶}، مهندسی پلیمر^{۱۷} و غیره فارغ‌التحصیل می‌شوند، می‌توانند به فراخور رشته‌ی خود وارد بازار کار در حوزه‌ی نانو شوند؛ مسئله‌ای که شاید درباره‌ی سایر رشته‌های جدید کمتر شاهد آن هستیم.

نانو به‌حدی در بخش‌های مختلف زندگی انسان امروزی نفوذ کرده است که رد آن را می‌توان در ساده‌ترین وسایل امروزی مانند فیلتر خودرو تا پیشرفته‌ترین وسایل مانند داروها و حتی تجهیزات نظامی پیدا کرد. نکته‌ی جالب دیگر این حوزه آن است که فعالان ایرانی این حوزه، توانسته‌اند به‌رغم وجود تحریم‌ها و ممانعت از حضور شرکت‌های ایرانی در بازارهای بین‌المللی، محصولات خود را راهی بازار سایر کشورها کرده و مسیر صادرات محصولات نانویی را به کشورهای چون کره‌ی جنوبی، استرالیا، مالزی، روسیه، ترکیه، عراق، پاکستان، آلمان، انگلستان، فرانسه، ایتالیا، اسپانیا، کانادا و آمریکای لاتین باز کنند، کشورهایی که برخی از آن‌ها خود ابرقدرتی در حوزه‌ی علم و فناوری محسوب می‌شوند، اما به‌خاطر پیشرفت‌های ایران در حوزه‌ی نانو از ورود محصولات ایرانی به بازارهای کشورشان ممانعت نمی‌کنند.

اگر نگاهی به گردش مالی همین حوزه‌ی نوپا در علم و فناوری داشته باشیم، متوجه می‌شویم این حوزه نه‌تنها برای فعالان داخلی بلکه برای سایر کشورها نیز

^{۱۴}Nanochemistry^{۱۵}Nanomaterials^{۱۶}Nanotechnology^{۱۷}Polymer Engineering

این مسئله دور از ذهن باشد که می‌توان با سرمایه حداقل ۵۰ میلیون تومانی هم شرکتی را در این زمینه ایجاد کرد، یعنی با حداقل یک میلیارد تومان می‌توان برای حدود هزار دانشجوی امروز، در آینده نزدیک شغل مرتبط با فناوری نانو را دست‌وپا کرد [۱۰].

هم امکان ایجاد اشتغال برای حداقل هزار دانشجویی که در سال گذشته گرایش‌های مختلف فناوری نانو را برای ادامه‌ی تحصیل انتخاب کرده‌اند، با راه‌اندازی شرکت‌هایی که شاید نیاز به سرمایه‌ی اولیه‌ی چندان بالایی هم نداشته باشند، وجود خواهد داشت. شاید

رتبه‌بندی ایران و سایر کشورهای جهان در حوزه‌ی نانوفناوری

۱) از نظر تعداد مقالات منتشر شده

جایگاه ایران:

طی نیم قرن اخیر تقریباً هر ۱۰ سال یک فناوری جدید و تحول‌ساز در جهان ظهور کرده است و در این میان ما همیشه در آرزوی این بوده‌ایم که به‌موقع در چنین فناوری‌هایی وارد شویم تا امکان رقابت داشته باشیم. بنابراین، زمانی که بحث فناوری نانو در دنیا مطرح شد، در حالی که در آن زمان حتی تعریف مشخصی از این علم در کشور نداشتیم، عزم خود را جزم کرده و از سال‌های آغازین ظهور این فناوری تا حال پیشرفت‌های زیادی کردیم [۱۱]. آغاز حرکت ایران در مسیر نانو از سال ۲۰۰۱ و قبل از تأسیس ستاد فناوری نانو بود که تعداد معدودی از محققان و دانشمندان ایرانی با این فناوری نوظهور آشنا بودند. در آن زمان ایران با انتشار ۱۰ مقاله ISI در خصوص نانو، در رده‌ی پنجاه و هفتم دنیا و ششم منطقه‌ی خاورمیانه قرار داشت. اما اکنون تولیدات علمی ایران به مرحله‌ای رسیده که از مرز ۱۰ هزار مقاله گذشته است و ۲۵ درصد تولیدات علمی ایران مربوط به حوزه‌ی نانو می‌شود [۱۲].

بر اساس ارزیابی‌های پایگاه داده WoS (Web of Science) در سال ۲۰۱۶ میلادی، ۸۳۰۶ مقاله مرتبط با فناوری نانو توسط محققان ایرانی در وب آو ساینس نمایه شد که معادل ۵.۵ درصد از کل مقالات نانو منتشر شده در سال ۲۰۱۶ است. ایران با این سهم از انتشارات نانو با یک رتبه رشد نسبت به سال ۲۰۱۵، در رتبه‌ی ششم دنیا قرار گرفت.

در سال‌های بعد ایران همواره یک روند صعودی را در انتشار علوم نانو طی کرد، به‌طوری که از انتشار سالانه ۱۰ مقاله‌ی نانو، به انتشار روزانه ۲۲ مقاله‌ی نانویی رسید.

متوسط درصد رشد سالانه مقالات نانو ایران تا سال ۲۰۱۶ حدود ۶۰ درصد بوده است. این تعداد از مقالات نانو بیش از یک پنجم کل مقالات علمی ایران در WoS را شامل می‌شوند، در حالی که سهم مقالات نانو از کل مقالات دنیا در سال ۲۰۱۶ میلادی ۹ درصد بوده است [۱۳].

جایگاه سایر کشورهای جهان در مقایسه با ایران:

در سال‌های اخیر، ایران از نظر تولید علم رتبه‌ی چهارم نانو را تثبیت کرده است و قبل از ایران، چین، آمریکا و هند رتبه‌های اول تا سوم در حوزه‌ی نانو را از دیدگاه تولید مقالات به خود اختصاص داده‌اند. به‌طور کل در حال حاضر قدرت‌های علمی جهان در حوزه‌ی نانو، کشورهای آمریکا، هند، چین، ایران، کره‌ی جنوبی، آلمان، ژاپن، فرانسه، انگلستان، روسیه، اسپانیا، ایتالیا، استرالیا، کانادا، تایوان، عربستان، برزیل، لهستان، سنگاپور و ترکیه هستند [۱۴].

۲) از نظر تعداد اختراعات ثبت شده

نانوفناوری علم پیونددهنده‌ی دنیای امروز با آینده خوانده می‌شود؛ چرا که در حال حاضر این حوزه محور ابداعات و اختراعات علمی روز دنیا قرار گرفته است؛ یعنی همان نقشی که ۱۵۰ سال پیش برق و الکتریسیته ایجاد کرده بود را ایفا می‌کند و به این ترتیب روزی نیست که خبری از کشفیات و اختراعات جدید دانشمندان با استفاده از نانوفناوری نشنویم و نخوانیم [۱۱].

جایگاه ایران:

ایران در مجموع، ۱۷۲ اختراع مرتبط با فناوری نانو در دفاتر ثبت پتنت آمریکا و اروپا منتشر کرده است. در سال ۲۰۱۶ تعداد ۱۰ پتنت محققان نانو ایران در USPTO به ثبت رسیده است. این آمار تا سال ۲۰۱۸ در مجموع به ۳۷

Rank	Country	Nano-articles	Share (%)
1	China	65,594	39.47
2	USA	24,514	14.75
3	India	14,036	8.45
4	Iran	9,662	5.81
5	South Korea	9,372	5.64
6	Germany	8,448	5.08
7	Japan	7,381	4.44
8	UK	5,667	3.41
9	France	5,412	3.26
10	Russia	5,309	3.19
11	Spain	4,518	2.72
12	Italy	4,227	2.54
13	Australia	4,122	2.48
14	Canada	3,603	2.17
15	Saudi Arabia	3,109	1.87
16	Brazil	3,075	1.85
17	Taiwan	2,885	1.74
18	Turkey	2,491	1.50

جدول ۱ - رتبه‌بندی کشورها بر اساس تعداد مقالات نانو

پرونده ثبت اختراع رسید.

بر این اساس، ایران در پتنت‌های ثبت‌شده در USPTO در سال ۲۰۱۶ رتبه‌ی ۲۴ را داشت؛ اما نسبت تعداد پتنت‌ها به تعداد مقالات نانو نشان می‌دهد که ایران در زمینه‌ی نوآوری و تولید فناوری نانو همانند تولید علم موفق نبوده است. ثبت ۴۶ درصد پتنت نانویی در ازای هر ۱۰۰ مقاله‌ی نانو مؤید این ادعا است. با این حال باید توجه داشت که همین تعداد اختراعات مرتبط با فناوری نانو سهمی در حدود ۳۰ درصد از کل پتنت‌های ثبت‌شده ایران در ادارات ثبت پتنت آمریکا و اروپا را شامل می‌شوند [۱۳].

جایگاه سایر کشورهای جهان:

در میان کشورهای فعال در زمینه‌ی فناوری نانو، آمریکا و ژاپن بیشترین اختراعات را ثبت کرده‌اند، پس از آن‌ها چین با رشد چشمگیری در حال کم کردن فاصله‌ی خود با این دو کشور است. استرالیا علی‌رغم سهم بسیار اندک در انتشار مقالات، در اختراعات ثبت‌شده جزو پنج کشور اول دنیا است [۱۴].

رتبه‌بندی جهانی مباحث آکادمیک علم نانو و نانوفناوری در سال ۲۰۱۹

Global Ranking of Academic Subjects 2019 Nanoscience & Nanotechnology

۵ کشوری که ۶۱ درصد از ۴۰۰ دانشگاه برتر جهان را در زمینه‌ی علم نانو و نانوفناوری در بر دارند:

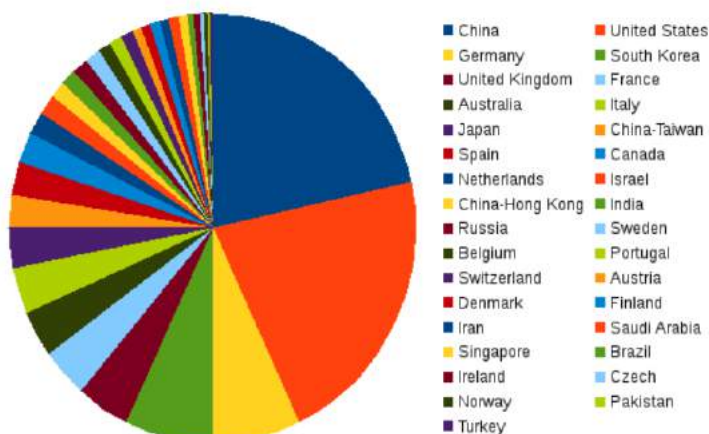
چین با ۸۶ دانشگاه، ۲۱.۵ درصد

ایالات متحده با ۸۶ دانشگاه، ۲۱.۵ درصد

آلمان با ۲۸ دانشگاه، ۷ درصد

کره‌ی جنوبی با ۲۸ دانشگاه، ۷ درصد

بریتانیا با ۱۷ دانشگاه، ۴.۳ درصد [۱۵]



Five countries claim 61% of the world top 400 Nanoscience & Nanotechnology universities:

- China, 86 or 21.5%.
- United States, 86 or 21.5%.
- Germany, 28 or 7%.
- South Korea, 28 or 7%.
- United Kingdom, 17 or 4.3%.

نمودار ۱ - رتبه‌بندی جهانی مباحث آکادمیک علم نانو و نانوفناوری در سال ۲۰۱۹

[1] Book: Nanostructures & Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications by Guozhong Cao

[۲] لینک: فناوری نانو | تعریف، تاریخچه و کاربردها

[۳] لینک: مهندسی نانوفناوری دانشگاه علم و صنعت ایران

[۴] کتاب: نانوتکنولوژی: آیینی تکنولوژی آفرینش، نوشته‌ی انجمن علمی دانشجویی دانشکده‌ی فنی دانشگاه تهران

[۵] لینک: انواع روش‌های آنالیز و شناسایی مواد

[۶] فایل: چارت درسی گرایش کارشناسی ارشد نانومواد دانشگاه صنعتی اصفهان

[۷] لینک: نرم‌افزار Xpert HighScore Ver3

[۸] لینک: نرم‌افزار LAMMPS

[۹] لینک: نرم‌افزار Materials Studio

[۱۰] لینک: معجزه اشتغال‌زایی نانو

[۱۱] لینک: نانو علم و نانوفناوری شیمی زندگی است

[۱۲] لینک: پیشرفت ایران در فناوری نانو طی ۱۵ سال اخیر به روایت تصویر

[۱۳] لینک: جایگاه جهانی ایران در ثبت اختراعات نانو

[۱۴] لینک: وبسایت رسمی ستاد ویژه‌ی توسعه‌ی فناوری نانو

[15] Link: [Global Ranking of Academic Subjects 2019: Nanoscience & Nanotechnology](#)

معرفی گرایش ریخته‌گری



ساجده زنده‌دل،

دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



در این قسمت به معرفی رشته ریخته‌گری به‌عنوان یکی از گرایش‌های رشته مهندسی مواد و متالورژی می‌پردازیم. ممکن است سوالات زیادی در مورد این گرایش برایتان پیش آمده باشد، مانند: جایگاه شغلی و بازار کار این رشته چگونه است؟ زمینه‌های تحقیقاتی آن چگونه است؟ تحصیل در مقاطع بالاتر در این رشته در خارج و داخل کشور به چه صورت امکان‌پذیر است؟ اما ابتدا بیایید درباره‌ی خود ریخته‌گری بخوانیم.

ریخته‌گری چیست؟

ریخته‌گری^۱ یک فرایند ساخت مهندسی است که به‌طور کلی برای تولید انبوه استفاده می‌شود و در آن مواد در حالت مذاب در قالب ریخته شده و در آنجا جامد می‌شوند. از فرایند ریخته‌گری می‌توان برای تولید انواع مختلفی از قطعات استفاده کرد که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، از یک اسباب‌بازی پلاستیکی کوچک گرفته تا یک تیغه‌ی توربین گاز بزرگ.

چرا از ریخته‌گری استفاده می‌کنیم؟



شکل ۱ - مقایسه‌ی اقتصاد خطی و اقتصاد چرخشی (دایره‌ای)

ریخته‌گری برای تمام نقاط جهان مدرن حیاتی است. کارخانه‌های ریخته‌گری انگلیس، تمام مواد مورد نیاز بخش‌های مختلف از جمله خودرو، هوافضا، راه‌آهن، تولید برق، پزشکی و دریایی را تولید می‌کند. این صنعت راهی حیاتی برای تبدیل فلزات ضایع به اجزای جدید باارزش است. این روش، بخشی از اقتصاد دایره‌ای^۲ بوده که نظامی اقتصادی جهت کمینه کردن ضایعات و بیشترین استفاده از منابع است. به‌طور کل در این فرایند، قطعات پیچیده را می‌توان اقتصادی و سریع تولید کرد؛ در غیر این صورت اگر با روش‌های دیگر مانند شکل دادن یا برش تولید شوند، زمان زیادی را تلف می‌کنند.

ورود به رشته‌ی ریخته‌گری

گرایش ریخته‌گری در مقطع ارشد مهندسی مواد ارائه می‌شود. این گرایش در همه‌ی دانشگاه‌های دولتی ارائه نمی‌شود و این موضوع باعث ایجاد رقابتی سخت‌تر شده است اما این محدودیت تعداد می‌تواند مزیتی برای فارغ‌التحصیلان از نظر فرصت شغلی به‌شمار آید.

همچنین رشته‌ی ریخته‌گری در ایران از طریق هنرستان فنی‌حرفه‌ای و همچنین دوره‌های میان‌مدت سازمان فنی‌حرفه‌ای نیز امکان‌پذیر است. دارندگان دیپلم ریخته‌گری می‌توانند در مقطع کاردانی و سپس کارشناسی ناپیوسته ادامه تحصیل بدهند.

^۱Casting

^۲The Circular Economy

زمینه‌های تحقیقاتی رشته‌ی ریخته‌گری



شکل ۲- ریخته‌گری فلز مذاب در قالب

پروژه‌های تحقیقاتی که در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه‌ی ریخته‌گری انجام می‌شود، می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- مباحث مربوط به مطالعه، مدل‌سازی و شبیه‌سازی پدیده‌های انتقال (جرم و حرارت) و انجماد در ریخته‌گری آلیاژهای مختلف
- بررسی عوامل مؤثر در بهبود سلامت و کیفیت قطعات از قبیل فرآوری مذاب، اصلاح آلیاژ، طراحی و اصلاح سیستم‌های تغذیه‌گذاری، بهبود کارایی قالب در زمینه‌های مختلف از جمله انتقال حرارت، حفظ شکل مورد نظر حین ریخته‌گری و جلوگیری از تشکیل عیوب با تغییر و یا اصلاح جنس مواد قالب‌گیری
- طراحی آلیاژهای جدید با خواص مکانیکی و فیزیکی بهتر و مناسب برای ریخته‌گری
- ساخت مواد کاربردی جدید مثل مواد مرکب^۳ زمینه‌فلزی، فوم‌های فلزی، فلزات آمورف و غیره از طریق فرایندهای ریخته‌گری
- مطالعه بر روی روش‌های جدید ریخته‌گری فلزات و ساخت قطعات مختلف با استفاده از این روش‌ها

توسعه‌ی مهارت‌های فردی در زمینه‌ی ریخته‌گری و نرم‌افزارهای مفید این گرایش

برای توسعه‌ی مهارت دانشجویان در زمینه‌ی ریخته‌گری، علاوه بر دروس تئوری و تجربه‌ی کار عملی روش‌های مختلف ریخته‌گری، دوره‌های آموزشی دیگری نیز وجود دارند که جزو دروس دانشگاهی نیستند؛ از جمله:

- کسب مهارت‌های طراحی با نرم‌افزارهایی مانند SolidWorks و CATIA
- کسب مهارت‌های تحلیل و شبیه‌سازی با نرم‌افزارهایی مانند SUTCast، Magma، ProCAST و غیره
- شرکت در دوره‌های آشنایی با استانداردها و آشنایی با کلیدفولاد
- کسب مهارت‌های آزمون‌های مواد (مخرب و غیرمخرب) و کنترل کیفیت

از نرم‌افزارهای دیگر نیز می‌توان به MeshCAST، AFS Solid، CastCAE، Magmasoft و AutoCAST اشاره کرد.

بازار کار گرایش ریخته‌گری

صنعت ریخته‌گری از جمله صنایع اصلی و مادر در ایران بوده و یکی از روش‌های مهم در ساخت قطعات و محصولات مختلف فلزی است. این صنعت نقش پررنگی در رونق اقتصاد و پیشرفت صنعتی ایفا می‌کند. بنابراین می‌توان گفت تمام متخصصان در این رشته، از فرصت شغلی مناسبی برخوردار هستند.

امتیاز مهم رشته‌ی ریخته‌گری نسبت به سایر گرایش‌های این رشته این است که مهندس ریخته‌گری می‌تواند با استفاده از تجهیزات بسیار کم، اقدام به تولید قطعات معمولی یا قطعات کاربردی کرده و به همین علت نیازی به استخدام در کارخانه یا محل‌های بزرگ صنعتی ندارد.

مهندسان ریخته‌گری می‌توانند در جایگاه‌های زیر استخدام شوند:

۱. کارشناس واحد تحقیق و توسعه^۴

۲. مدیر تولید

۳. کارشناس کنترل کیفیت

۴. اپراتور تولید

مصاحبه

بهره‌وری بیشتر شروع به کار کرده و قطعات ریخته‌گری را طراحی و مواد مناسب و روش ریخته‌گری را انتخاب کنند.

همچنین می‌توانند در طراحی و ریخته‌گری آلیاژهای جدید و پیشرفته‌ی مهندسی نقش پررنگی داشته باشند. یکی دیگر از زمینه‌های جذاب و جدید، طراحی و ریخته‌گری جواهرآلات است. این زمینه که یکی از مشاغل پردرآمد محسوب می‌شود، بسیار نیازمند افراد متخصص این رشته است. کار آن‌ها عموماً از طراحی جواهرآلات مانند انگشتر توسط نرم‌افزارهای طراحی مرسوم شروع می‌شود و نمونه‌های اولیه با استفاده از پرینترهای سه‌بعدی ساخته می‌شود. سپس این قطعات می‌توانند با به‌کار بردن روش‌های ریخته‌گری دقیق به تولید انبوه برسند.

• از نظر شما فضای کاری این رشته برای خانم‌ها نیز مناسب است؟

شاید کار کردن در محیط کارگاهی با توجه به محیط خشن و ذوب‌ریزی و کار سنگین، برای برخی خانم‌ها مطلوب نباشد اما اخیراً با موارد زیادی مواجه شده‌ام که خانم‌ها در این حوزه وارد می‌شوند و موفقیت‌های بسیار خوبی را کسب می‌کنند. حتی در مواردی توانایی بیشتری را دارند. این دید که فضای کارگاهی و صنعتی باعث عدم ورود خانم‌ها به چنین حوزه‌هایی می‌شود،

در پی شناخت دقیق و درک بهتر وضعیت این رشته گفت و گویی با یکی از دانشجویان ارشد گرایش جوشکاری در دانشگاه علم و صنعت داشتیم که ترجیح دادند اسمی از ایشان برده نشود.

• سلام و عرض ادب، ممنون از اینکه وقتتان را در اختیار ما قرار دادید. در ابتدا برای ما می‌فرمایید که چرا رشته‌ی مهندسی مواد و به‌ویژه گرایش ریخته‌گری را انتخاب کردید؟

سلام. بله حتماً. راستش زمانی که نتایج کنکور کارشناسی را اعلام کردند، من اصلاً به اینکه بخواهم رشته‌ی مهندسی مواد را انتخاب کنم فکر نمی‌کردم ولی به‌طور اتفاقی هنگامی که داشتم رشته‌های مختلف را نگاه می‌کردم، به رشته‌ی مهندسی مواد برخورددم. سپس بیشتر تحقیق کردم و به این رشته علاقه‌مند شدم و این رشته را انتخاب کردم.

در زمان کارشناسی، به‌خاطر واحدهایی که در مورد ریخته‌گری داشتیم و مقالات متعددی که در مورد این رشته خوانده بودم، به این نتیجه رسیدم که گرایش ریخته‌گری می‌تواند انتخاب خوبی برایم باشد.

• به نظر شما، یک مهندس ریخته‌گری در چه زمینه‌هایی می‌تواند فعالیت داشته باشد و کار کند؟

زمینه‌های مختلفی وجود دارد، به‌عنوان مثال می‌توانند در واحدهای صنعتی ریخته‌گری برای



اگر به عقب برگردم، بله باز هم دوست دارم همین راهی که تا اینجا آمده‌ام را انتخاب کنم. چون تمام این راه در نتیجه‌ی علاقه و انتخاب‌های خودم بوده است و دوست ندارم چیزی را عوض کنم.

• به‌عنوان سخن آخر، حرفی یا توصیه‌ای است که بخواهید به خواننده‌ها بگویید؟

اگر می‌خواهید که این رشته و این گرایش را انتخاب کنید، باید توجه داشته باشید که راه سختی در پیش دارید. صرفاً به دانشگاه اکتفا نکنید و دنبال دوره‌های مختلف در خارج از دانشگاه باشید. نرم‌افزارهای این رشته را به‌صورت علمی یاد بگیرید و از آن‌ها استفاده کنید و تا می‌توانید در آن‌ها مهارت کسب کنید. شما هر چه پکیج کامل‌تری از مهارت‌ها و تجارب داشته باشید، شانس بیشتری برای موفقیت دارید.

در بسیاری از رشته‌ها وجود داشته است اما در چند سال اخیر بسیاری از بانوان این دید را تغییر داده‌اند.

• نظرتان در مورد خوداشتغالی در رشته‌ی ریخته‌گری چیست؟

با توجه به قدمتی که این رشته در کشور ما دارد و هم اینکه جزو صنایع اصلی و مهم محسوب می‌شود، می‌توان برای ساخت محصولات مختلف فلزی، به‌صورت شمش یا قطعه‌ی نهایی، از این روش تولید استفاده شود. به همین علت از نظر من یک کارگاه ریخته‌گری می‌تواند ایده‌ی خوبی برای شروع کسب و کار باشد. البته نیاز به علاقه و مهم‌تر از همه، داشتن مهارت کافی در اداره‌ی یک کارگاه وجود دارد که نیازمند کار کردن و کسب تجربه زیاد است.

• اگر به عقب برگردید، باز هم این راه را انتخاب می‌کنید؟



منابع

- [1] Link: [What is Casting? Sand Casting, Die Casting, Centrifugal Casting, and Investment Casting](#)
- [2] Link: [Why use Castings](#)
- [3] Book: Mechanical Engineer's Reference Book by Edward H. Smith
- [4] Article: [Casting Technology by The Editors of Encyclopaedia Britannica](#)
- [5] Link: [Why Materials Science Is Awsome by collegexpress.com](#)
- [6] Link: [Six Reasons to Study Materials Sicence and Engineering by Monash University](#)
- [7] Link: [Metal Casting](#)
- [8] Link: [Introduction to Metalcasting](#)

[۹] فایل: [مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مواد - ریخته‌گری مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری](#)

معرفی گرایش سرامیک



رنا کفیلی،

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مواد-گرایش سرامیک دانشگاه علم و صنعت ایران





شکل ۱ - نمونه‌ای از وسیله‌ای سفالی با روکش سرامیکی

سرامیک یکی از گرایش‌های علم مواد است. سرامیک‌ها مواد غیرفلزی و غیرآلی هستند که در دماهای بالا فرآوری می‌شوند. شیشه، پرسیلان^۱، آجر و سیمان همگی نمونه‌هایی از سرامیک هستند. البته لازم به ذکر است که در برخی کشورها، شیشه را جزو مواد سرامیکی نمی‌دانند. در تعریفی دیگر می‌توان گفت که مهندسی سرامیک، فناوری‌ای شامل طراحی و ساخت محصولات سرامیکی است. این مواد، به دلیل مقاومت بالا در برابر حرارت، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در برخی شرایط که نیاز به مواد سخت و مقاوم به حرارت است و فلزات و پلیمرها توانایی حضور در این موقعیت‌ها را ندارند، سرامیک‌ها گزینه‌ی بسیار مناسبی هستند. وظیفه‌ی مهندس سرامیک، تبدیل مواد سرامیکی به محصولات و ساختارهای قابل استفاده است. وظایف معمول شغلی این مهندسان، شامل برنامه‌ریزی پروژه‌ها، نظارت بر مهندسان دیگر و تجزیه و تحلیل نتایج آزمون است. آن‌ها با طیف وسیعی از مواد از جمله شیشه و کامپوزیت‌ها کار می‌کنند. مهندسان سرامیک باید در مورد انواع فنون از جمله زینترینگ^۲ (تفجوشی) آگاهی داشته باشند. همچنین درک خصوصیات شیمیایی یک ماده به همان اندازه مهم است. آن‌ها برای برتری در این حرفه به مهارت‌های ارتباطی، مدیریتی و فنی قوی نیاز دارند.

کاربردهای مهندسی سرامیک و مهارت‌های مورد نیاز یک مهندس سرامیک

یک مهندس سرامیک در واقع مهندس نوعی مواد تخصصی به نام سرامیک است. مهندسان سرامیک، محصولات جدید سرامیکی و همچنین روش‌ها و تجهیزات فرآوری مواد سرامیکی را ارائه می‌دهند. آن‌ها با طیف گسترده‌ای از محصولات، از ظروف شیشه‌ای و اجزای الکترونیکی گرفته تا راکتورهای هسته‌ای و روکش‌های کوره‌های بلند و موتورهای جت سر و کار دارند؛ لذا آن‌ها باید برخی از زمینه‌های مهندسی، به ویژه مهندسی برق را بدانند. همچنین باید هر دو روش استخراج روباز و زیرزمینی را درک کنند.

چندین محصول مختلف در صنعت سرامیک وجود دارد. مهندسان سرامیک معمولاً در یک یا چند مورد از این محصولات تخصص دارند. به عنوان مثال، بعضی از آن‌ها با مواد نسوز کار می‌کنند که در برابر حرارت مقاوم هستند و از پوشش‌های ساخته شده از مواد نسوز برای محافظت از نمای بیرونی فلز فضاپیماها استفاده می‌کنند. مهندسان سرامیک که در زمینه‌ی مواد سرامیکی الکتریکی تخصص دارند، **مهندسان دی‌الکتریک** نامیده می‌شوند. آن‌ها به تولید

^۱ Porcelain

^۲ Sintering

^۳ Electrical Insulator

محفظه‌های حرارتی، هسته‌ای و الکتریکی برای تولید برق می‌پردازند. بسیاری از مهندسان در زمینه‌ی شیشه و وسایل سفارشی تخصص دارند که یک زمینه‌ی وسیع شامل ظروف چینی و مقره‌های الکتریکی^۳ است. سایر محصولات در حوزه‌ی سرامیک شامل ساینده‌ها، سیمان‌ها، مواد ابررسانا و سوخت‌های هسته‌ای غیرفلزی است. گرچه هنوز پیشرفت‌های زیادی در مهندسی سرامیک حاصل نشده است و یک رشته نسبتاً نوپا محسوب می‌شود، اما به بسیاری از رشته‌های دیگر نیز مربوط است و همین سبب تعامل مهندسان سرامیک با سایر حوزه‌های دانشی از جمله پزشکی و مهندسی و علوم پایه می‌شود. به‌عنوان مثال، در پزشکی ممکن است از قطعات سرامیک الیاف کربن برای کمک به ترمیم آسیب رباط‌ها استفاده شود. همچنین مهندسان سرامیک با فیزیکدانانی که ابررساناها را توسعه می‌دهند نیز کار می‌کنند.



شکل ۲ - نمونه‌هایی از کاربرد مواد سرامیکی در پزشکی

مهندسان در صنعت سرامیک اغلب به‌عنوان بخشی از یک تیم مهندس و تکنسین^۴ (مهندس کاربردی) کار می‌کنند، لذا باید بتوانند با دیگران همکاری و تعامل مؤثری داشته باشند. همچنین مهندسان سرامیک باید بتوانند مشکلات را حل کنند و ایده‌های خود را به دیگران منتقل کنند. آن‌ها باید در ریاضیات نیز مهارت داشته باشند. تسلط به نرم‌افزارهای تخصصی مهندسی سرامیک یکی از مهم‌ترین مهارت‌های مورد نیاز برای افراد فارغ‌التحصیل در این گرایش است. یکی از شرایط تأکیدشده در آگهی‌های استخدامی، توانایی کار با نرم‌افزارها و تحلیل آن‌ها توسط یک مهندس سرامیک است. در بخش زیر به‌طور اجمالی نرم‌افزارهای مطرح و کاربردی در این حوزه ارائه شده است.

نرم‌افزارهای مورد استفاده در مهندسی سرامیک

نرم‌افزارهای به‌خصوصی در گرایش سرامیک مهندسی مواد استفاده نمی‌شود، در واقع نرم‌افزارهای مطرح در این حوزه همان نرم‌افزارهای معمول مهندسی مواد است. این نرم‌افزارها شامل موارد زیر است:

Xpert HighScore: برای آنالیز الگوهای پراش ایکس

نرم‌افزار Origin: نرم‌افزاری قدرتمند و دارای امکانات کامل برای تجزیه و تحلیل داده‌های علمی

نرم‌افزار Anix Emica: قابل استفاده برای تبدیل تصاویر میکروسکوپ‌های SEM به داده‌های قابل لمس و نموداری

موقعیت‌های شغلی گرایش سرامیک

بیشتر مهندسان سرامیک در صنایع سنگ، خاک رس و شیشه مشغول به کار هستند. برخی دیگر، در صنایعی که از مواد سرامیکی استفاده می‌کنند مانند صنایع هوافضا، آهن و فولاد و صنایع شیمیایی و ساختمانی کار می‌کنند. برخی از مهندسان سرامیک در دانشگاه‌ها تدریس و تحقیق می‌کنند و برخی دیگر در سازمان‌های

^۳Electrical Insulator

^۴Engineering Technologist

دولتی و مراکز تحقیقاتی کار می کنند.

مهندسان سرامیک اغلب در یک نوع کار تخصص دارند؛ به عنوان مثال، بسیاری درگیر تحقیق و توسعه هستند. آن ها مواد سرامیکی جدید را به صورت مصنوعی یا از مواد معدنی موجود در زمین تهیه می کنند. سایر مهندسان سرامیک، روش های بهبود ویژگی های مواد سرامیکی موجود را بهبود می دهند. بسیاری از مهندسان سرامیک درگیر تولید هستند. آن ها همچنین کوره ها و سایر تجهیزات مورد استفاده در ساخت را طراحی می کنند. برخی مهندسان سرامیک در زمینه ی فروش فعالیت می کنند و به مشتریان روش های استفاده از سرامیک را برای حل مشکلات خود یاد می دهند.

آن ها گاهی اوقات بر نصب و راه اندازی تجهیزات سرامیکی در کارخانه های مشتریان نظارت می کنند. یکی از جایگاه های شغلی مربوط به سرامیک که جنبه ی هنری نیز دارد، تهیه ی شیشه و چینی مظروف است. مهندسان سرامیک می توانند با راه اندازی کارگاه که هزینه ی چندان ی هم ندارد، سفال ها و ظروف شیشه ای و چینی جالب را ساخته و سپس با استفاده از روش های لعاب، طرح های جذابی را بر روی آن ها ایجاد کنند.



شکل ۳- ظروف تزئینی تهیه شده از شیشه

یک مهندس سرامیک چگونه شغل مناسب با تحصیلات خود را پیدا کند؟

معمولاً در دانشگاه های مطرح دنیا، دفتر کالج به مهندسان سرامیک برای یافتن شغل مناسب کمک می کند. اما متأسفانه این مورد در ایران به دلیل ارتباط ضعیف صنعت و دانشگاه بسیار کم رنگ است. اگر دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش سرامیک، پایان نامه ی صنعتی داشته باشند و یکی از مشکلات موجود در کارخانه و یا شرکت مربوطه را در پایان نامه ی خود بررسی نمایند، ممکن است پس از فارغ التحصیلی بتوانند با همان کارخانه یا شرکت همکاری داشته باشند. همچنین افراد فارغ التحصیل در رشته ی سرامیک می توانند لیست مشاغل موجود در روزنامه ها، بانک های شغلی در اینترنت و مجلات تجاری و حرفه ای را بررسی کنند. حضور در کنفرانس های انجمن های حرفه ای و دیدن نمایشگاه های شرکت ها ممکن است ایده های خوبی را از فرصت های شغلی موجود به مهندسان سرامیک ارائه دهد.

امکان پیشرفت و چشم انداز اشتغال

مهندسان سرامیک معمولاً به عنوان دستیار شروع به کار می کنند و سپس با قبول مسئولیت های بیشتر به سمت موقعیت های بهتر پیش می روند. آن ها می توانند عضو اصلی تیم های فروش یا تولید شوند. با آموزش و تجربه ی بیشتر، آن ها می توانند ناظر پروژه، رئیس بخش ها و حتی مدیران شرکت های بزرگ شوند.

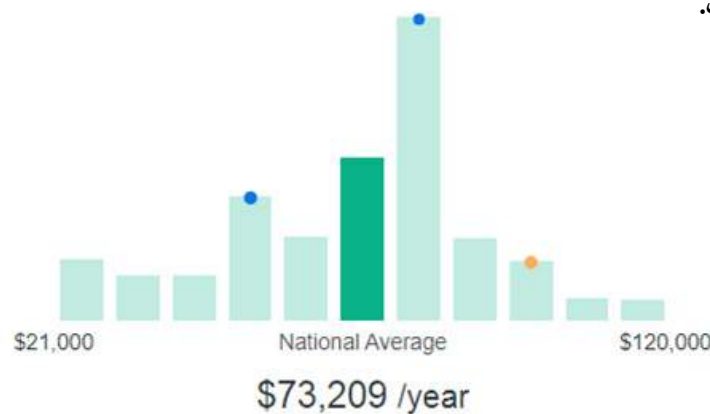
همچنین مهندسان سرامیک جهت تولید مواد جدید برای الکترونیک و بیوتکنولوژی مورد نیاز هستند.

شرایط کاری

شرایط کار به حوزه‌ی اشتغال در این زمینه بستگی دارد. مهندسان سرامیک شاغل در تحقیق و توسعه، اغلب ۴۰ ساعت در هفته کار می‌کنند و محل کار آن‌ها بیشتر در مطب‌ها و آزمایشگاه‌های مدرن است. کسانی که درگیر تولید هستند، احتمالاً زمان بیشتری را در محل‌های تولید یا ساخت و ساز می‌گذرانند. این افراد ممکن است مجبور به اضافه‌کاری یا شیفت چرخشی شوند. همچنین مهندسان فروش باید سفرهای زیادی داشته باشند.

حقوق و مزایا

حقوق و دستمزد بسته به تحصیلات و تجربه‌ی مهندس سرامیک، محل اشتغال و نوع شغل متفاوت است. در سال ۲۰۰۵ متوسط حقوق سالانه یک مهندس سرامیک که برای دولت فدرال کار می‌کرد، ۱۰۰۰۵۹ دلار بود. در سال ۲۰۰۴ متوسط درآمد سالانه مهندسان مواد به‌طور کلی ۶۷۱۱۰ دلار بود. در سال ۲۰۰۵ متوسط حقوق شروع برای مهندس مواد با مدرک لیسانس ۵۰۹۸۲ دلار بود. بر اساس سایت WWW.indeed.com، درآمد مهندس سرامیک حاذق در کانادا به‌طور میانگین بین ۴۵ تا ۶۰ هزار دلار است. در سایت WWW.ziprecruiter.com درآمد یک مهندس سرامیک به‌صورت نمودار شکل زیر تخمین زده شده است.



نمودار ۱ - درآمد سالانه‌ی مهندس سرامیک بر اساس داده‌های بین‌المللی

مهندسی سرامیک از نظر یک فارغ‌التحصیل مهندسی مواد-سرامیک دانشگاه علم و صنعت ایران

بنده رشته‌ی مهندسی مواد را با آگاهی و علاقه‌ی بسیار زیاد از زمان دبیرستان انتخاب کرده‌ام و خوشبختانه توانستم دوره‌ی کارشناسی را در گرایش متالورژی صنعتی دانشگاه تبریز بگذرانم و در مقطع ارشد وارد دانشگاه علم و صنعت شدم. از نظر بنده علم مهندسی مواد برای زندگی ضروری است!

سطح علمی گرایش سرامیک در دانشگاه علم و صنعت بسیار مطلوب و بالا است، اما متأسفانه موضوعات پایان‌نامه‌ها با سطح صنعت کشور هم‌خوانی ندارد. موضوعات پایان‌نامه‌ها بر اساس تکنولوژی‌ها و مواد بسیار مدرن دنیا است، در حالی که صنعت ما تاکنون در حوزه‌ی سرامیک پیشرفت چندانی نداشته است و مطابق با سطح صنعت در کشورهای جهان اول نیست.

محدودیت مکانی جایگاه‌های شغلی یکی دیگر از ضعف‌های گرایش سرامیک در ایران است. متأسفانه مهندسان سرامیک صرفاً در شهرهای صنعتی و بزرگ می‌توانند شغل مناسب پیدا کنند و در شهرستان‌ها این امکان وجود ندارد. در نهایت به‌عنوان حرف آخر می‌توان گفت که این گرایش به‌دلیل کاربرد در زمینه‌های مختلف از جمله پزشکی، هوافضا، الکترونیک و فیلتراسیون، برای اشتغال و ادامه‌ی تحصیل بسیار شیرین و جذاب است.

معرفی گرایش مهندسی جوشکاری



امیررضا اردلانی، دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش جوشکاری دانشگاه تربیت مدرس
و مبین زربو، دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



اگر به دنیای اطراف دقت کنیم، می بینیم که به ندرت جسمی پیدا می شود که یک تکه باشد؛ بلکه ترکیبی از قطعات با جنس های مختلف است. به حذف فاصله ی بین دو قطعه به منظور ایجاد اتصال دائم بین اتم های آن ها **جوشکاری^۱** می گویند. خواص مکانیکی

و فیزیکی جوش مورد اهمیت است. مزیت جوشکاری نسبت به اتصالات موقت، سرعت بیشتر، پایداری طولانی مدت، استحکام بیشتر و قابلیت آب بندی است. جوشکاری در صنایع مختلف ممکن است تحت شرایط متفاوتی مانند خشکی یا حتی زیر آب انجام شود. هر کدام از انواع جوشکاری زیر آب یا در خشکی، اصول و قوانین خاص خود را دارد.



شکل ۱ - یک فرد جوشکار در حال جوشکاری به روش الکترو دستی

تاریخچه ی جوشکاری

اولین نشانه های جوشکاری را می توان در عصر آهن و برنز جستجو کرد؛ بدین صورت که دو قطعه ی آهنی سرد یا گداخته را چکش کاری می کردند، مادامی که به هم متصل شوند و ابزارآلات جدیدی را به وجود آورند. در اوایل قرن نوزدهم دانشمندی روسی -**واسیلی ولادیمیر پتروف**- با استفاده از ذغال و باتری توانست قوس الکتریکی را به وجود آورد. در ادامه دانشمندان بسیاری با اسامی و ملیت های مختلف، به ترتیب: ذوب آهن توسط قوس الکتریکی، ابداع الکترو د فلزی برای ذوب موضعی، اختراع الکترو پوشش دار^۲ و روش های گوناگون جوشکاری را بنیان نهادند. طی سال های ۱۸۰۰ تا ۱۹۹۱ میلادی روش های مختلفی برای جوشکاری در عرصه های مختلف پدید آمد و می توان گفت کلیات جوشکاری تا انتهای این دوره شکل گرفت. از ۱۹۹۱ تا امروز، عمده پیشرفت صنعت جوشکاری در به کارگیری کامپیوتر و علم ربایتیک است که باعث دقت و سرعت بیشتر در عین کاهش خطر جانی برای انسان ها شده است.

روش های جوشکاری

به طور کلی، عمل اتصال جوشکاری با **دو** مکانیزم اصلی انجام می شود:

روش های جوشکاری ذوبی (FW)^۳:

در این نوع جوشکاری عامل اصلی اتصال دو قطعه، تولید مذاب است. به علت آزادی بیشتر اتم های مذاب، نفوذ و درهم تنیدگی ساختاری به اوج خود رسیده و یک ماده ی یک دست ایجاد می شود. این گروه از فرایندها مختص فلزات نبوده و برای اتصال پلاستیک و سرامیک ها نیز کاربرد دارد. روش های جوشکاری الکترونی، جوشکاری لیزری، اکسی گاز و جوشکاری قوسی در این گروه قرار دارند.



شکل ۲ - جوشکاری با الکترو دستی، از روش های مرسوم جوشکاری ذوبی

^۱Welding

^۳Fusion Welding

^۲ که باعث رفع مشکل اکسید شدن فلز مذاب و افزایش کیفیت جوش می شود.



شکل ۳- روش جوشکاری اصطکاکی، از روش‌های جوشکاری غیرذوبی

روش‌های جوشکاری غیرذوبی یا حالت جامد (SSW):^۴

در فرایندهای جوشکاری حالت جامد یا غیرذوبی از طریق اعمال فشار و تغییر شکل، عمل اتصال انجام می‌شود. این روش، مخصوص فلزات نرم از جمله نقره، مس و آلومینیوم است و در دمای محیط هم این اتصال می‌تواند برقرار شود؛ اما در مورد بعضی فلزات مثل فولاد شاید در دمای محیط خیلی راحت نتوان به این هدف رسید و باید قطعه را تا ۴۰۰ یا ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گرم کرد و بعد این عمل را روی آن انجام داد. روش‌های جوشکاری مقاومتی، اصطکاکی، انفجاری، فراصوتی و نورد در این گروه قرار می‌گیرند.

معرفی گرایش ارشد جوشکاری

دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی جوشکاری، توسط **دکتر** **امیرحسین کوبی^۵ - پدر جوشکاری ایران** - در شرایطی که همگان جوشکاری را ذیل در و پنجره خلاصه می‌کردند، بنا شد. طبق گفته‌ی ایشان، آن زمان حتی در سطح اروپا هم دانشکده‌هایی که به‌صورت تخصصی در سطح ارشد و دکتری ارائه می‌دادند، اندک بود؛ اما امروزه اهمیت رشته‌ی جوشکاری بیشتر درک شده و تقاضا برای تحصیل در این رشته بسیار بالا رفته است، به‌طوری که جزو اولین اولویت‌های دانشجویان قرار گرفته است. جدا از مهندسان مواد، مهندسان عمران، ساخت و تولید و مکانیک هم می‌توانند دروس جوشکاری را به‌صورت اختیاری بگذرانند. لازم به ذکر است که فارغ از تحصیلات دانشگاهی، در هنرستان‌ها، مراکز کاردانی و فنی و حرفه‌ای و مؤسسات خصوصی هم جوشکاری تدریس می‌شود.

دانشگاه‌های پذیرنده‌ی گرایش جوشکاری

بر طبق اعلام سازمان سنجش، در سال ۱۴۰۰، دانشگاه‌های زیر در گرایش مهندسی جوشکاری در زیرشاخه‌ی رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی، دانشجو می‌پذیرند:

دانشگاه تهران - دانشگاه صنعتی شریف - دانشگاه تربیت مدرس - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشگاه شیراز - دانشگاه اراک - دانشگاه صنعتی سهند - دانشگاه شهید چمران اهواز

از میان دانشگاه‌های ایران، دانشگاه صنعتی شریف به‌عنوان قطب علمی مهندسی جوشکاری در ایران شناخته می‌شود.

^۴ Solid State Welding

^۵ Amir Hossein Kokabi

درس‌های گرایش جوشکاری

به‌طور کلی دروس اجباری این گرایش شامل لیست زیر می‌باشد، لازم به ذکر است که دروس اختیاری ممکن است در هر دانشگاه متفاوت باشد:^۶

نام درس (اجباری)	تعداد واحد	نام درس (اختیاری)	تعداد واحد
روش‌های پیشرفته‌ی جوشکاری	۳	لحیم‌کاری سخت و نرم	۲
انجماد پیشرفته	۳	چسب و اتصال مواد غیرفلزی	۲
خطا در اندازه‌گیری	۱	مباحث ویژه	۲
مکانیک شکست	۳	روش اجزا محدود	۳
متالورژی پیشرفته‌ی جوش	۳	ترمودینامیک متالورژی پیشرفته	۳
روش‌های نوین مطالعه‌ی مواد و آزمایشگاه	۳	مهندسی سطح پیشرفته	۲
بازرسی جوش	۳	تجزیه و تنش‌ها در سازه‌های جوشکاری شده	۳
آزمایشگاه جوشکاری پیشرفته	۱	پایان‌نامه	۶

توانایی‌های لازم مهندس جوشکاری و بازار کار

نیازی نیست که یک مهندس جوش به‌صورت علمی جوشکاری نماید، اما دانستن این مهارت می‌تواند او را در درک فرایند و نیز ایجاد ارتباط با جوشکاران یاری کرده و یک مهارت مهم مهندسی به‌حساب می‌آید. علاوه بر این بسیاری از مهندسان جوش، در ابتدا کار خود را به‌عنوان جوشکار آغاز نمودند. ایشان اغلب مهندسانی هستند که در حوزه‌ی اجرا موفق‌تر از عرصه‌های نظری این علم کاربردی عمل می‌کنند. البته که داشتن پس‌زمینه‌های مهندسی در طراحی، مواد، ریاضیات و سایر علوم پایه به شما اجازه می‌دهد تا با مهندسان دیگر رشته‌های تخصصی ارتباط مؤثرتری برقرار



شکل ۴ - تصویری از یک مهندس جوشکاری در حال بررسی یک جوش ایجادشده به‌روش EBW

^۶ لیست دروس اجباری و اختیاری از چارت دانشگاه صنعتی شریف برداشته شده است.

نموده و درک عمیق‌تری از کدها، نقشه‌ها، اقتصاد و سایر موضوعات ضروری برای تکمیل پروژه‌ها داشته باشید. مهندس جوش ماهر به‌طور معمول کمیاب است، بنابراین اغلب از متخصصان سایر رشته‌ها که بیشتر در دسترس هستند مانند مکانیک، متالورژی، برق و سازه استفاده می‌شود. اغلب کارخانه‌های مرتبط و یا پروژه‌های بزرگ، نیازمند مهندس جوش هستند و بهتر است از میان افرادی انتخاب شوند که علاوه بر سوابق نظری در زمینه‌ی مهندسی جوش، از تجربیات عملی نیز در این حوزه برخوردار باشند و این به‌معنی وجود تقاضای فراوان برای مهندس جوش باتجربه است.

مهندسان جوش معمولاً در سطح علمی کارشناسی ارشد هستند. دانشجویان تحصیلات تکمیلی در گرایش جوشکاری، استانداردها و کدهای جوشکاری، متالورژی جوش و فرایندهای جوشکاری را مطالعه می‌کنند. همچنین روش‌های اتصال‌دهی مواد و مدل‌سازی آن‌ها را نیز مورد بررسی قرار می‌دهند. مدرک کارشناسی ارشد مهندسی جوش، فارغ‌التحصیلان را برای حرفه‌های تحقیق، آموزش یا تولید آماده می‌کند. از آنجایی که مهندسی جوش یک رشته‌ی مهندسی نسبتاً جدید و در حال

توسعه است، هنوز مفاهیم ناشناخته‌ای در آن وجود دارد که باید توسط محققین این گرایش مورد بررسی قرار گیرد.

در قسمت ساخت، تعمیر و نگهداری کشتی، خطوط لوله، خودروهای مسابقه و صنایع نظامی همیشه تقاضای بالایی وجود دارد که برای غالب آن‌ها شما باید در سفر کار کنید. کشتی‌های مسافربری همیشه نیاز به نیروی ماهر برای تعویض و بررسی لوله‌ها و تیم‌های مسابقه‌ای نیاز به جوشکار برای ساخت قطعات خاص دارند. شرایط خاص جوشکاری باعث شده است تا جوشکاران توانایی کسب



شکل ۵- انجام جوشکاری زیر آب

درآمد مشابه یک دکتر یا وکیل داشته باشند.^۷ البته باید ریسک ناشی از کار در ارتفاعات، زیر آب، در معرض برق فشار قوی، حرکت دائم روی آب و غیره را در نظر داشته باشید تا به یک انتخاب معقول برسید. بین شغل‌های مطرح‌شده، جوشکاران ماهر زیر آب، پشتیبان نظامی و خطوط لوله برون‌شهری درآمد بیشتری در مقایسه با سایرین به خود اختصاص می‌دهند. در ایران بر خلاف آنچه در ذهن بسیاری شکل گرفته، در همه‌ی زمینه‌های مذکور فرصت‌های شغلی بسیاری موجود است؛ از جمله صنایع بزرگ خودرو، کشتی و ریل‌سازی و نیروگاهی که در کشور ما جایگاه ویژه‌ای دارند. حتی در برخی مشاغل افراد ماهری که مدرک دانشگاهی هم ندارند، درآمد بسیار خوبی کسب می‌کنند و این موضوع نشان از ظرفیت بالای این رشته است. نکته‌ی دیگر درباره‌ی جوشکاری یا دیگر گرایش‌های مهندسی مواد، وجود فرصت‌های شغلی برای بانوان است که در غیر این صورت نمی‌بایست ورودی خانم در این رشته داشته باشیم.

بر طبق گزارش [سایت Payscale](https://www.payscale.com)، میانگین درآمد مهندسان جوشکار در جهان در حدود ۷۷۵۱۰ دلار در سال است. طبق این لیست، ده درصد اول در دریافتی‌ها حدود ۱۱۲۰۰۰ دلار در سال درآمد دارند.

^۷ طبق آمارهای AWS در سال ۲۰۲۰، درآمد جوشکاران بین ۵۰ تا ۹۵ هزار دلار در سال است.

نرم افزارهای لازم در مهندسی جوشکاری

ESI SYSweld

می توان گفت که مهم ترین نرم افزار این رشته، نرم افزار SYSweld است. به طور کلی این نرم افزار شامل انواع سخت کاری ها (کربوراسیون، تمپرینگ، آستمپرینگ، سخت کاری القایی و غیره) و همچنین توزیع مارتنزیت و بینیت، تنش های باقی مانده، ساختار متالورژیکی مواد و غیره است. همچنین این نرم افزار قابلیت پشتیبانی از روش های MIG^۸، TIG^۹، EBW^{۱۰} و سایر روش های مرسوم جوشکاری را دارد.



شکل ۶ - شبیه سازی انواع روش های جوشکاری

توسط نرم افزار SYSweld

Abaqus

نرم افزاری نام آشنا در رشته ی مهندسی مواد که قابلیت شبیه سازی پدیده های فیزیکی و مکانیکی از قبیل تغییر شکل پلاستیک و انتقال حرارت را بر مبنای روش اجزا محدود دارد.



شکل ۷ - لوگوی نرم افزار Abaqus

سازمان های فعال در زمینه ی جوشکاری

سازمان AWS^{۱۱}: در سال ۱۹۱۹، در راستای پیشرفت علم، تکنولوژی و کاربرد جوشکاری در جهان به وجود آمد. از فعالیت های این مؤسسه آمریکایی می توان به آموزش، برگزاری آزمون و اعطای مدرک معتبر، فروش محصولات و ارتباط بین کارفرما و کارجو اشاره کرد.

سازمان TWI^{۱۲}: در سال ۱۹۲۲، به عنوان مرکز تحقیقاتی و فناوریانه ی جوشکاری تأسیس شد که مرکز اصلی آن در کمبریج شر^{۱۳} انگلستان قرار دارد. خدمات این انستیتو عبارت است از: مشاوره، توصیه ی فنی، تحقیقات سفارشی برای شرکت ها، آموزش، تأیید صلاحیت و ارائه ی آزمون، جوشکاری و بازرسی در سطح جهانی.

سازمان PWI^{۱۴}: در شهر کی یف اکر این و در سال ۱۹۳۴ پایه گذاری شد و از بزرگ ترین و پرافتخارترین مراکز علمی زمینه ی جوشکاری در سطح جهان است. این مؤسسه در حال حاضر مجموعه ای از مراکز تحقیقاتی، آموزشی و واحدهای نیمه ی صنعتی را شامل می شود و از فعالیت های آن، ابداع و تولید مواد و توسعه ی فناوری های جدید جوشکاری است.

مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران^{۱۵}: در سال ۱۳۷۱ (۱۹۹۲ میلادی) با هدف انجام فعالیت های پژوهشی و ارائه ی خدمات علمی، فنی، مهندسی و بازرسی، مشاوره و آموزش در زمینه ی جوشکاری، بازرسی و کنترل کیفیت به عنوان نماینده ی انستیتو بین المللی جوشکاری^{۱۶} در ایران تأسیس شد و در سال ۱۳۹۰ بر اساس سیاست گذاری های کلی از طریق سازمان فرابورس به بخش خصوصی واگذار گردید که خدماتی را شامل آموزش و صدور مدارک بین المللی، تأیید کیفی و صدور گواهینامه، بازرسی فنی، آزمایشگاه، طراحی و اجرای سازه های خاص فلزی و فعالیت های علمی-پژوهشی ارائه می دهد.

^۸ Metal Inert Gas

^۹ Tungsten Inert Gas

^{۱۰} Electron Beam Welding

^{۱۱} American Welding Society

^{۱۲} The Welding Institute

^{۱۳} Cambridgeshire

^{۱۴} Paton Paton Electric Welding Institute

^{۱۵} IWREC

^{۱۶} IIW (که در سال ۱۹۴۸ توسط جوشکاران ۱۳ کشور با هدف ارتقای سطح علم جوشکاری و اتصال در سطح جهانی پدید آمد)



[1] Link: [American Welding Society](#)

[2] Link: [Careers in Welding](#)

[3] Link: [Welding Headquarters](#)

[۴] لینک: [وبسایت ولدیکا، مرجع صنعت اتصال](#)

کلام آخر

۶ نصیحت مهم که یک دانشجوی جدیدالورود برای موفقیت نیاز دارد

ابوالفضل انوری 

محمد صالح محمودی 

در این مقاله به چکیده‌ای از موضوعات نصیحت‌هایی که ممکن است در تحصیل چهارساله‌ی دوره‌ی کارشناسی (یا شاید هم بیشتر) با آن برخورد کنید، اشاره شده است. اگر پای صحبت سال‌بالایی‌ها، اساتید و باتجربه‌ها بنشینید، خلاصه‌ی کلامشان از دسته‌بندی زیر خارج نیست. نکته‌ای که خارج از نکات زیر قابل تأمل است، این است که **هر شخص، جهان را از دید خود می‌بیند**. مفهوم موفقیت، جنبه‌های مختلفی دارد که افراد مختلف با زاویه‌ی دید خود به آن نگاه می‌کنند. ممکن است نظرات متفاوت از افراد بشنوید و سردرگم شوید که حالا چه باید کرد؟ جواب این است: **شنونده باید عاقل باشد؛ نه به این معنی که لزوماً چیزهایی که می‌شنوید درست نیست، بلکه باید نیازها و روحیات خودتان را با نصیحتی که می‌شنوید بسنجید که چنین و چنان کردن تا چه حد برای من مفید است؟**

رزومه‌سازی

یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های هر دانشجو، بنا بر توصیه‌ی بزرگان، داشتن یک رزومه‌ی عالی در پایان کارشناسی است. در اینجا لازم است ابتدا کمی به بخش‌های مهم یک رزومه بپردازیم.

اولین بخش رزومه، مربوط به رشته، مقطع تحصیلی، دانشگاه و معدل است. **معدل** بسیار حائز اهمیت بوده و باید در ارتقای آن کوشا باشید.

بخش بعدی **پروژه‌ها و کارهای عملی** شماست که در این بخش موضوع پروژه‌ی کارشناسی و توضیحاتی درباره‌ی آن آورده می‌شود. همچنین هر پروژه‌ی دیگری اعم از کاری و دانشگاهی ذکر می‌شود. در خلال چنین فعالیت‌هایی، خودبه‌خود توانایی‌های آزمایشگاهی و حرفه‌ای را یاد خواهید گرفت که از نکات بسیار مهم رزومه‌ی شما به‌شمار می‌روند.

بخش دیگر، **تجربه‌های حرفه‌ای** شماست؛ تجربه‌ی کاری یا کارآموزی، تجربه‌ی فعالیت در نهادهای دانشجویی مانند انجمن‌های علمی، نشریه و غیره در این قسمت قرار می‌گیرند. تجربه‌ی کاری در ادامه توضیح داده شده است. فعالیت در نهادهای دانشجویی نیز مزایای خوبی دارد؛ از

جمله ارتباط گرفتن با صنایع و افراد باتجربه‌تر. علاوه بر این‌ها می‌توانید توانایی‌های مختلفی را یاد بگیرید. کسانی که در این جایگاه‌ها کار می‌کنند، همگی دانشجو هستند و **خودجوشانه** از پتانسیل‌های موجود به‌صورت بهینه استفاده می‌کنند و در زمینه‌های مختلف فعالیت دارند. فضای حاکم در این مجموعه‌ها کاملاً آموزشی است و شما با هر سطحی از هر مهارت می‌توانید وارد این مجموعه‌ها شوید و رزومه‌سازی کنید. در بدو ورود هیچ‌کس از شما توقع بالایی ندارد و **به‌مرور پیشرفت می‌کنید**.

جوایز و افتخارات هم بخش حائز اهمیت است. موقعیت‌های بسیار زیادی در دانشگاه پیش روی شما قرار خواهند گرفت؛ از انواع مسابقات گرفته تا المپیادهای دانشجویی که هر کدام توضیحات مفصّلی دارند که می‌توانید از سازمان‌ها و نهادهای برگزاری آن‌ها پیگیری کنید و با خواندن آیین‌نامه یا شیوه‌ی برگزاری، با آن‌ها بهتر آشنا شوید. ما در اینجا به آوردن نام آن‌ها اکتفا می‌کنیم: المپیاد دانشجویی مهندسی مواد و متالورژی، مسابقه‌ی ملی نانو، مسابقه‌ی ملی پروژه‌محور رهنشان، انواع مسابقات ایده‌پردازی که توسط دانشگاه‌ها و نهادها برگزار می‌شوند و بسیاری عناوین دیگر. **خودتان را دست کم نگیرید؛** چرا که دانشجویانی مانند شما از همین دانشکده در این فعالیت‌ها هر ساله افتخار آفرینی می‌کنند.

رفتارشناسی و شخصیت‌شناسی

در بدو ورود به دانشگاه دیری نمی‌گذرد که می‌بینید دوستانتان دور هم جمع شده‌اند و **یک‌سری حروف انگلیسی** می‌گویند و با همین حروف شروع به **تحلیل و پردازش شخصیت** یکدیگر می‌کنند که بر خلاف انتظار، بسیار به واقعیت نزدیک است. این معجزه فقط توسط یک‌سری تست‌ها که به‌صورت کاملاً هوشمندانه طراحی شده‌اند، اتفاق می‌افتد و به شما کمک می‌کند تا **خودتان را بهتر بشناسید**. شخصیت ما ابعاد و استعدادهای پنهانی دارد و آنقدر زیاد و متنوع هستند که خیلی از آن‌ها از دید خود ما پنهان می‌مانند، به‌دلیل اینکه ممکن است شرایط شکوفا شدن یا بروز دادن همه‌ی استعدادهایی که داریم، مهیا نشده باشد. این عدم شناخت، بسیاری اوقات آدم را دچار **تردید** می‌کند که آیا هدف واقعی من از زندگی همین است؟ چه تضمینی وجود دارد که من ۱۸ سال از عمرم را صرف این رشته کنم و همچنان علاقه‌مند به این رشته بمانم؟ اصلاً این مسیری که تا اینجا آمده‌ام درست است؟ نکند تصمیمات اشتباهی در زندگی گرفته باشم؟ یا بسیاری اوقات، اتفاقاتی در زندگی اجتماعی شما می‌افتد که دلیل آن را نمی‌دانید؛ مثلاً ممکن است شخصی در یک بازه‌ی زمانی، رفتاری بسیار گرم و صمیمی با شما داشته باشد ولی به‌دلیلی که نمی‌دانید، ناگهان رفتارش تغییر کند و شما را در **سردرگمی** قرار دهد. این‌ها سوال‌هایی هستند که اگر به آن‌ها پاسخ ندهید، زندگی متعادلی نخواهید داشت. ولی نگران نباشید، ابزاری وجود دارد که به شما کمک می‌کند که تا حد قابل قبولی به این هدف نزدیک شوید. تست‌هایی که به‌صورت هوشمندانه توسط دانشمندان طراحی شده‌اند که با بررسی پاسخ‌های شما، اطلاعاتی از شخصیتتان استخراج می‌کنند و آن را در اختیار شما قرار می‌دهند. در ادامه، به معرفی چندتا از مهم‌ترین و معروف‌ترین آن‌ها می‌پردازیم.

ابتدا لازم است تا با تفاوت بین **رفتارشناسی** و **شخصیت‌شناسی** و همچنین انواع آن‌ها آشنا شویم تا در

درمورد مزایای آن‌ها هم جای صحبت بسیار است که امتیاز خبگی و جوایز نقدی بخشی از مزایای این مسابقات هستند. دوره‌های آموزشی مختلف، چه نرم‌افزاری، چه عملی، نیز در آینده‌ی شغلی و تحصیلی شما تأثیر بسزایی دارند. **از شرکت در دوره‌های معتبر غافل نشوید**. مدارک معتبر بین‌المللی مهندسی که توسط سازمان‌های معتبر مانند ASME صادر می‌شوند، باعث قوی‌تر شدن رزومه شما می‌شوند.

چاپ مقاله در ژورنال‌های خارجی می‌تواند یکی از مهم‌ترین دستاوردهای یک دانشجو در دوره‌ی کارشناسی باشد؛ چرا که در کل دنیا مقاله دادن در دوره‌ی کارشناسی آنچنان مرسوم نیست و اگر کسی این مورد را در رزومه‌ی خود داشته باشد، آدم بسیار توانمندی محسوب خواهد شد. مقاله معمولاً از همان **پروژه‌ی کارشناسی** نوشته می‌شود و نیازی نیست جداگانه به‌دنبال نوشتن مقاله باشید. اگر پروژه‌تان را به سرانجام برسانید و داده‌های کافی برای مقاله جمع کنید، به‌راحتی می‌توانید مقاله چاپ کنید؛ دانشجویان زیادی تا به حال این کار را انجام داده‌اند.

مواردی که ذکر شد نه تمام، بلکه مهم‌ترین نکاتی بود که باید گفته می‌شد، **اما اینطور هم فکر نکنید که لازم است همه‌ی آن‌ها را در رزومه‌ی خود داشته باشید**؛ بسته به هدفتان، در راه ساختن رزومه‌تان قدم بگذارید. شخصی ممکن است عطش کار علمی و ادامه‌ی تحصیل در مقاطع بالاتر داشته باشد و برای شخصی هم ممکن است ورود به بازار کار اولویت مهم‌تری باشد.

گفتن یک نکته‌ی دیگر هم خالی از لطف نیست؛ به‌دلیل اینکه سیستم آموزشی، مهارت‌های مربوط به بازار کار را به ما یاد نمی‌دهد، **بهتر است با گام‌های کوچک شروع کنید** تا کمی با فضاهای جدی‌تر آشنا شوید و تجربه‌ی لازم را به‌دست آورید. مجموعه‌هایی مثل **انجمن علمی، انجمن اسلامی، بسیج دانشجویی، نشریه‌های علمی** و غیره که با کمی جستجو اطلاعاتیه آن‌ها را مشاهده خواهید کرد، مثال‌هایی از این قبیل فضاهای رسمی دانشجویی بوده که **همواره پذیرای دانشجویان فعال و باانگیزه** هستند.

زندگی شخصی و کاری خود بتوانیم از این مدل‌ها استفاده بهتری داشته باشیم. رفتارشناسی و شخصیت‌شناسی دو تفاوت عمده دارند.

اولین تفاوت آن‌ها این است که رفتارشناسی بیشتر به شناخت خودمان کمک می‌کند اما شخصیت‌شناسی بیشتر به دیگران کمک می‌کند تا ما را بهتر بشناسند.

دومین تفاوت رفتارشناسی و شخصیت‌شناسی، در بعد زمانی آن‌هاست. شخصیت‌شناسی در اغلب مواقع زمان حال انسان‌ها را هدف قرار می‌دهد اما رفتارشناسی چراغ راهی است برای آینده‌ی افراد که در ادامه با مثال‌هایی تفاوتشان را نشان خواهیم داد.

معروف‌ترین مدل‌های رفتارشناسی عبارت هستند از: رفتارشناسی دیسک (رفتارشناسی DISC) و مدل هالند. همچنین پرستفاده‌ترین و معروف‌ترین مدل‌های شخصیت‌شناسی عبارت هستند از: شخصیت‌شناسی با روش MBTI، شخصیت‌شناسی با مدل کتل، شخصیت‌شناسی انیاگرام، مدل یونگ و Big Five.

همان‌طور که گفته شد، مدل‌های رفتارشناسی بیشتر به آینده افراد کمک کرده و برای خودشناسی به کار می‌روند؛ مثلاً مدل هالند که شناخته‌شده‌ترین مدل برای استعدادیابی افراد است، به شما این کمک را می‌کند تا ببینید که در چه زمینه‌هایی استعداد دارید و برنامه‌های بلندمدت شخصی و کاری خویش را با استعدادهای خودتان هماهنگ کنید. اما مدل‌های شخصیت‌شناسی بیشتر لحظه‌ای هستند؛ مثلاً منابع انسانی سازمان‌ها برای استخدام نیروهای مدنظرشان بهتر است تا از مدل‌های شخصیت‌شناسی استفاده کنند. یا در مباحث فنون مذاکره، شخصیت‌شناسی یکی از مباحث اصلی است که به مذاکره‌کننده کمک می‌کند تا استراتژی مذاکره‌ی خود را بر اساس تیپ‌های شخصیتی مختلف تغییر دهد و امکان پیروزی در مذاکرات را بالاتر ببرد.

البته این مدل‌ها الزاماً کامل و دقیق نیستند و به تمامی آن‌ها نقدهایی وارد است. برای آشنایی بیشتر با هر کدام از این تست‌ها، کافی است اسم آن‌ها را در اینترنت سرچ کنید. بسیاری از آن‌ها رایگان هستند و حتی به زبان فارسی هم بازگردانی شده‌اند.

پاس کردن دروس با بالاترین نمره‌ی ممکن (در حد توان دانشجوی)

این توصیه، مخالفان و موافقان زیادی دارد، همان‌طور که نمی‌توان یک فرمول تضمینی موفقیت تحصیلی برای همه تعیین کرد. در ابتدا به فواید این کار می‌پردازیم: نمرات دروس تخصصی و معدل شما تأثیر بسیار مثبتی در پروژه‌ی کارشناسی شما دارد. بسیاری از اساتید در دانشکده ابتدا معدل دانشجو و سپس نمره درسی که با آن‌ها داشته‌اید برایشان مهم است. از این جهت اگر به انجام تحقیقات در زمینه‌ی خاصی علاقه دارید، بهتر است درسی مرتبط با استاد مرتبط را با نمره‌ی بالا پاس کنید و درک مناسبی از موضوعات آن درس داشته باشید. همچنین اگر قصد ادامه‌ی تحصیل در خارج از کشور را داشته باشید (که در این زمینه، دانشجویان مهندسی مواد از فرصت‌های بسیار زیادی برخوردار هستند)، اولین چیزی که اساتید خارج از ایران به آن توجه می‌کنند، نمرات و معدل شماست. اگر نتایج مورد قبولی را در ترم‌های اول کسب نکرده‌اید، اصلاً نگران نباشید؛ می‌توانید در ترم‌های آتی جبران کنید. چیزی که بسیار اهمیت دارد، پیشرفت تحصیلی و نمرات بالا در درس‌های تخصصی است؛ مثلاً دانشگاه‌ها معدل ۶۰ واحد آخر برایشان مهم است یا اساتید ریز نمرات شما را بررسی می‌کنند که آیا در دروس مهم خوب عمل کرده‌اید یا خیر. برای گرفتن نتیجه‌ی خوب، میزان و نحوه‌ی مطالعه را متناسب با هر درس تنظیم کنید.

این نکته را هم در نظر داشته باشید که کسب معدل خوب در ایران نسبت به دانشگاه‌های خارجی، نیازمند تلاش کمتری است و معدل متوسط و رو به بالا، برای اساتید خارج از ایران موفقیتی چشم‌گیر محسوب می‌شود؛ چرا که دانشجوی کارشناسی که خارجی‌ها به آن undergraduate

می‌گویند، مجبور است تمرین‌ها و پروژه‌های زیادتری را نسبت به ما دانشجویانی که در ایران هستیم انجام دهد. اما مضرات زیاد درس خواندن: بسیار درس خواندن و اختصاص تمامی وقتتان به مطالعه ممکن است شما را از فعالیت‌های جانبی مفید دور کند. فعالیت جانبی ممکن است ورزش، تفریح، کار تحقیقاتی، تجربه‌ی کاری، معاشرت اجتماعی با دوستان و خانواده و غیره باشد که هر کدام جای خود را دارد و نباید به آن‌ها بی‌توجهی کرد. سعی کنید **تک بعدی نباشید** و ضمن مطالعه دروس دانشگاهی، از جنبه‌های دیگر زندگی غافل نشوید. **قدر روزهای جوانی و سلامتی خودتان را بدانید.**

آگاهی از آخرین نیازهای بازار کار داخل و خارج کشور

هر کاری نیاز به انگیزه دارد. بسیاری از دانشجویان، بدون هیچ هدفی درس می‌خوانند. آن‌ها حتی به تحصیلات عالیه هم قدم می‌گذارند بدون اینکه هدفی خاصی را دنبال کنند. اطلاع از بازار کار و به‌طور کلی، **داشتن هدف**، به تحصیلات شما جهت می‌دهد و حتی باعث می‌شود نتایج بهتری بگیرید. حال سؤال مهم اینجاست که این آگاهی از کجا کسب می‌شود؟ جواب این سؤال **بستگی به خودتان دارد که چقدر پویا باشید**. منابع زیادی وجود دارد؛ مثلاً اکثر **اساتید دانشکده**، در صنعت و کارآفرینی حرف‌های زیادی برای گفتن دارند و شما به‌عنوان مخاطب باید دنبال فرصت‌های خوب باشید. منابع دیگر مانند **لینکدین** یا **کانال‌های شغلیابی** نیز دید خوبی از نیاز بازار به شما می‌دهند. حقیقت این است که **شما باید دنبال صنعت و کار باشید و صنعت دنبال شما نخواهد آمد.**

فرصت‌های زیادی وجود دارد که وارد بازار کار شوید. **کارآموزی** یکی از موقعیت‌های بسیار خوب است که نباید آن را از دست دهید. به‌طور رسمی شما ملزوم به گذراندن ۲ واحد کارآموزی به‌مدت ۲۴۰ ساعت در یکی از تابستان‌های سال سوم یا چهارم تحصیل خود هستید. خیلی از دانشجویان از همین فرصت‌ها برای ادامه‌ی همکاری و **استخدام** استفاده می‌کنند. دانشجویان کمی فعال‌تر نیز می‌توانند زودتر به سراغ کارآموزی بروند و در مشاغل مرتبط با رشته‌ی خود مشغول به کار شوند. اگر هم **شخصیت کارآفرینی** دارید، دانشگاه تهران بهترین جای ممکن است. **پارک علم و فناوری دانشگاه تهران** (که یک ویژه‌نامه هم از نشریه‌ی فراسوی مواد تحت عنوان **ویژه‌نامه‌ی الفبای کارآفرینی** به کارآفرینی و پارک علم و فناوری دانشگاه تهران اختصاص داده شده است) محلی است برای **به‌محصول رساندن ایده‌های نسبتاً نوآورانه و خلاقانه‌ی دانشجویان** و تسهیلات و امکانات خوبی هم در این راستا در اختیارشان می‌گذارد. حالا چرا نسبتاً نوآورانه؟ به این دلیل که نیازهای صنعت امروزه ایران لزوماً جدید نیستند. امروزه خلاءهایی در کشور وجود دارد که با محصولات بسیار ساده پر می‌شوند. صرفاً تولیدکننده‌ای نداشته‌اند و یا کاملاً وابسته به واردات بوده‌اند. به‌طور تجربی از شنیده‌ها و دیده‌ها، بسیاری از همین دانشجویان بوده‌اند که با سنتز یک ماده‌ی ساده یا ساخت محصولی نه چندان پیچیده، به قراردادهای میلیاردی و راه‌اندازی شرکت‌های موفق رسیده‌اند.

به‌عنوان جمع‌بندی، **جستجو و خستگی‌ناپذیر بودن تا رسیدن به پاسخ**، کلیدی‌ترین قدم در ورود به بازار کار است.

یادگیری زبان انگلیسی (و سایر زبان‌ها)

همه‌ی ما با میزان درگیری زبان انگلیسی با زندگی روزمره و علم و صنعت آگاه هستیم و نیازی به تأکید بیشتر نیست؛ هم در دروسی که پاس می‌کنید نیاز دارید که به **مراجع و مقالات زبان اصلی** رجوع کنید و هم برای ادامه‌ی تحصیلات، برخورداری از دانش کافی زبانی و مدرک زبان انگلیسی بسیار مهم است. اگر زبان دیگری هم یاد بگیرید که چه بهتر. اگر هدفتان **تحصیل در خارج از کشور** باشد، زبان‌های آلمانی، فرانسوی و غیره فرصت‌های بیش‌تری را پیش روی شما خواهند گذاشت. البته بسیاری از شما پیشینه‌ی زبان انگلیسی خوبی دارید و ممکن است حتی مدرک هم داشته باشید اما توصیه‌ی ما به کسانی که سطح زبان متوسط و رو به پایین دارند این است که در دو سال اول دانشگاه به‌صورت شرکت در کلاس یا خودخوانی منظم، زبان خود را **تقویت** کنند و در سال سوم و چهارم به‌صورت **هدفمند** برای یکی از آزمون‌های معتبر زبان انگلیسی (مانند **آیلتس** یا **تافل**) اقدام کنند.

کنترل کمال‌گرایی

بحث در باب کمال‌گرایی و مضرات بسیار آن از اهداف این متن خارج است. همینقدر کافیت که بدانید **با کمال‌گرایی، وقت و هزینه‌ی زیادی را از دست خواهید داد.**

آدم‌های بسیار موفقی هستند که کمال‌گرایی از خصوصیات بارز آن‌ها نبوده است. پس توصیه‌های ما به شما این است:

* **هر فرصت مناسبی برای هرکار مفیدی** دیدید، به سراغ آن بروید؛ صرف نظر از اینکه چقدر به نظر خودتان آماده هستید.

* برای انتخاب پروژه و تحقیقات خود **خیلی حساسیت به خرج ندهید**؛ نیازی نیست در قدم اول در جهان علم بدرخشید.

* **درباره‌ی توانایی‌ها و پتانسیل وجودیتان فکر کنید و به‌طور واقع‌بینانه به خود باور داشته باشید.** از حرف‌های انگیزشی بی‌پایه و بی‌اساس و کتاب‌های زرد روانشناسی که شخصیتی بی‌نقص از خودتان در ذهنتان نقش می‌کنند، دوری کنید. واقع‌بین باشید و به این نکته توجه کنید که هر ابرقدرتی که می‌توانید داشته باشید، **نتیجه‌ی ذره ذره تلاش کردن و با فکر و منطق جلو رفتن است.**

گاهی اوقات فرصت‌هایی پیش می‌آیند که افراد فکر می‌کنند به اندازه کافی واجد شرایط نیستند. در اینجا این صدای کمال‌گرایی است که **ترس از شکست** را به ذهنتان راه می‌دهد و در نهایت باعث می‌شود هیچ کاری صورت نپذیرد. **انجام ندادن یک کار به‌خاطر ترس از شکست، بسیار بدتر از خود شکست است.** کمی که بگذرد متوجه می‌شوید بخاطر کمال‌گرایی و ترس‌هایتان، نه موفقیتی به‌دست آورده‌اید و نه شکستی؛ در حالی که **کسب تجربه، شرط یادگیری است.**

پس شجاع باشید و در راستای کشف و ترقی خودتان قدم بردارید.

گاهنامه‌ی علمی-دانشجویی فراسوی مواد
دارای امتیاز نشریه‌ی حرفه‌ای
دوره‌ی پنجم، ویژه‌نامه‌ی معرفی رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی و گرایش‌های آن
پاییز ۱۴۰۰

جهت ارتباط بیشتر با عوامل نشریه و نویسندگان، از طریق
سایت و شبکه‌های اجتماعی نشریه با ما در ارتباط باشید.

🌐 FarasoyeMavadsj.ut.ac.ir

📷 [FarasoyeMavadUT](https://www.instagram.com/FarasoyeMavadUT)

✉️ @FarasoyeMavadUT