

تاریخچه و مبانی مهندسی مواد و متالورژی



انتشارات
جهاد دانشگاهی
قزوین

سرشناسه: عسگری، نیره، ۱۳۴۹-
عنوان و نام پدیدآور: تاریخچه و مبانی مهندسی مواد و متالورژی / مولفان
نیره عسگری، سعید فراهانی.
مشخصات نشر: قزوین: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، واحد قزوین،
۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری: ۱۱۸ ص.: مصور، جدول.

شابک: ۵-۱۷-۶۶۴۷-۶۲۲-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: مهندسی مواد

موضوع: Materials science

موضوع: متالورژی

موضوع: Metallurgy

موضوع: فلزها

موضوع: Metals

سرشناسه افزوده: فراهانی، سعید، ۱۳۵۷-

شابک افزوده: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، واحد قزوین

رده بندی کتب: TA۴

رده بندی ریلی: ۶۰/۱۱

شماره کتابشناسی سی: ۵۷۲۹۲

عنوان: تاریخچه و مبانی مهندسی مواد و متالورژی

مؤلف: نیره عسگری، سعید فراهانی

ویراستار: سیدعلی مؤمن قزوینی

طراح جلد و صفحه آرا: سیدعلی مؤمن قزوینی

شابک: ۵-۱۷-۶۶۴۷-۶۲۲-۹۷۸

چاپ: نوبت اول - تابستان ۱۳۹۸

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بهاء: ۳۰۰۰۰۰ ریال

مصوبه شورای شعبه انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

کلیه حقوق محفوظ است ©

پیشگفتار

خدای را شاکریم که توفیق تألیف و چاپ این کتاب را به ما عنایت کرد. با توجه به اینکه موضوع درس آشنایی با تاریخچه و مبانی مهندسی مواد و متالورژی به تازگی و بعد از بازنگری برنامه درسی رشته مهندسی مواد و متالورژی سال ۹۳ در سرفصل دروس این رشته قرار گرفته است و هیچ منبع مشخصی برای این درس تعریف نشده است لذا نویسندگان ترغیب شدند تا نسبت به تألیف کتابی که در این زمینه راهگشای دانشجویان باشد اقدام نمایند. همچنین با توجه به موضوعات ارائه شده، این کتاب می تواند مورد استفاده سایر دانشجویان مهندسی و علوم پایه نیز قرار گیرد. تاریخچه علم مواد در واقع بیانی است از نحوه استفاده از مواد و توسعه آنها در طول تاریخ و اینکه این مواد چگونه موجب تغییر در تمدن های بشری شده اند. امید است این مجموعه بتواند اطلاعات مفیدی از مبانی این رشته را به دانشجویان عزیز که این درس را در سال اول یا دوم می گذرانند منتقل نماید.

فهرست مطالب

۱	مقدمه
۷	فصل اول: نقش مواد در پیشرفت و توسعه تمدن‌های بشری
۱۳	فصل دوم: عصر حجر
۱۴	۱-۲- عصر حجر و تولید ابزار سنگی
۱۶	۲-۲- سفالگری و ساخت ظروف سفالین
۲۱	فصل سوم: ناربخچه شناخت فلزات
۲۳	۱-۳- فلزات قبل تاریخ (عهد باستان)
۲۳	۱-۳-۱- طلا
۲۴	۱-۳-۲- مس
۲۸	۱-۳-۳- نقره
۲۸	۱-۳-۴- سرب
۳۰	۱-۳-۵- قلع
۳۱	۱-۳-۶- آهن
۳۲	۱-۳-۷- جیوه
۳۲	۲-۳- شبه فلزات شناخته شده در قرون وسطی
۳۲	۱-۲-۳- آرسنیک
۳۳	۲-۲-۳- آنتیموان
۳۳	۳-۳- فلزات شناخته شده در قرن ۱۸
۳۴	۴-۳- فلزات شناخته شده در قرن ۱۹
۳۶	۵-۳- فلزات شناخته شده در قرن ۲۰
۳۸	فصل چهارم: عصر برنز یا مفرغ
۴۲	فصل پنجم: عصر آهن
۴۸	فصل ششم: فنون متالورژی و فلزکاری
۴۹	۱-۶- چکش کاری سرد

۴۹	۲-۶- احیای سنگ‌های اکسیدی
۵۰	۳-۶- ریخته‌گری
۵۳	۴-۶- تکامل کوره‌های ذوب و تولید آهن
۵۵	۵-۶- فلزکاری مردم ایران در عصر آهن
۵۷	فصل هفتم: تاریخچه فرآیندهای احیایی و اکسایش برای تبدیل مواد اولیه به فلزات
۵۸	۱-۷- احیای اکسیدهای آهن
۶۰	۲-۷- سیر تکامل کوره‌های دمشی
۶۰	۳-۷- امکان ذوب آهن خام در کوره‌های دمشی
۶۱	۴-۷- تولید آهن به روش‌های احیای مستقیم
۶۱	۴-۷- روش‌های فولاد سازی
۶۳	فصل هشتم: توسعه فنون متالورژی در قرن نوزدهم و بیستم
۶۴	۱-۸- فرآیند بسمر
۶۷	۲-۸- فرآیند بُردهی
۶۷	۳-۸- کوره قوس الکتریکی
۶۹	۴-۸- فرآیند نیتروژن دهی
۷۲	۵-۸- فرآیند کاشت یون
۷۳	۶-۸- فرآیند پاشش شعله‌ای
۷۵	۷-۸- پرس هیدرو استاتیک سرد
۷۶	۸-۸- فرآیند آندایزینگ
۷۸	۹-۸- آستنیتینگ
۷۹	۱۰-۸- میکروسکوپ‌های الکترونی
۸۲	۱۱-۸- پلاستیک‌های تقویت شده با الیاف شیشه‌ای
۸۴	۱۲-۸- پاشش پلاسمایی
۸۶	۱۳-۸- جوشکاری پرتو الکترونی
۸۹	۱۴-۸- پرس هیدرو استاتیک گرم

- ۸-۱۵ فلز آمورف یا فلز شیشه‌ای ۹۱
- ۸-۱۶ آلیاژهای حافظه‌دار ۹۲
- ۸-۱۷-کریوره کردن ۹۵
- ۸-۱۸-پاشش حرارتی با سرعت بالا و با استفاده از سوخت - اکسیژن ۹۶
- فصل نهم: تاثیر جنگ جهانی در پیشرفت مهندسی مواد ۹۹
- منابع ۱۰۷

www.ketab.ir

مقدمه

رشته مهندسی مواد با توجه به نقش و گستردگی کاربرد آن در رشته‌های دیگر به عنوان مادر رشته‌های مهندسی شناخته می‌شود. در گذشته رشته مهندسی مواد با عنوان مهندسی متالورژی^۱ شناخته می‌شد که بیشتر به فلزات اختصاص داشت. منشأ لغت متالورژی ترکیبی از دو واژه یونانی Metal به معنی فلز و Ourgein به معنی کار کردن است. با توجه به اهمیت بسیار زیاد و نقش پررنگی که مواد در شکل‌گیری تمدن‌ها داشته‌اند، باستان‌شناسان و محققان دوره‌های خاص تمدن بشری را بر اساس موادی که بیشترین استفاده را از آنها برده شده است نام‌گذاری نموده‌اند. برای مثال عصر سنگ، عصر برنز، عصر آهن و... که به نوعی بیانگر قدمت و اهمیت این رشته در طول تاریخ بشری است.

با گذشت زمان مواد پیچیده‌تر شده‌اند و خواص آنها پیوسته بر اساس نیازهای انسان تغییر یافته است. اکثریت قریب به اتفاق موضوعات بشری که در اطراف خود مشاهده می‌کنیم به نوعی حاصل تلاش مهندسین مواد است. هر کالایی که در زندگی روزمره خود از آن استفاده می‌کنیم یا فلزی است و یا برای ساخت و تولید آن از مواد فلزی استفاده شده است. اگر به وسایل حمل و نقل مانند اتومبیل، قطار، کشتی، هواپیما و سفینه‌های فضایی توجه کنیم بخش مهمی از اجزای آنها مانند بدنه، شیشه و موتور از مواد تشکیل شده است. قطعات آهنی به کار رفته در اسکلت‌های فلزی آسمان‌خراش‌ها و ساختمان‌ها، تجهیزات انتقال برق و نیرو، شیشه‌های در و پنجره، خطوط انتقال نفت و گاز، لوازم خانگی، چارچوب‌های آلومینیومی در و پنجره و... همه به نوعی مهندسی مواد مربوط می‌شوند. امروزه این رشته گسترش فراوانی در زمینه‌های مختلف علمی یافته است و با عنوان کلی مهندسی و علم مواد که ترکیبی از مهندسی مواد^۲ و علم مواد^۳ است شناخته می‌شود. تا همین اواخر قدرت و ارزش مواد وابسته به تکنیک‌های تجربی‌ای بود که در علم کیمیاگری مورد استفاده قرار می‌گرفت. در قرن نوزدهم و بیستم بود که تحقیقات منسجم صورت گرفته منجر به ایجاد یک زمینه مطالعاتی بین‌رشته‌ای گردید که در نهایت به نام علم مواد نام‌گذاری شد. به‌طور کلی موضوع علم مواد مرتبط با کشف و تحقیق بر روی خواص مواد مانند چگالی، هدایت الکتریکی، استحکام، ترکیب شیمیایی و... است و موضوع مهندسی مواد بهره‌گیری از علم مواد برای بهبود کارایی قطعات مهندسی و توسعه آنها

^۱ Metallurgy^۲ Materials Engineering^۳ Materials Science

با در نظر گرفتن خواص مکانیکی، شیمیایی، الکتریکی و مغناطیسی مشخص است. مهندسی و علم مواد یک حوزه میان رشته‌ای است که در آن ارتباط بین ساختار مواد، روش ساخت آن‌ها، خواص و عملکرد آنها به منظور طراحی مواد جدید برای پاسخگویی به نیازهای روزافزون صنعتی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

امروزه با افزایش تحقیقات در زمینه مواد مرکب^۱، مواد نانو^۲ و مواد پزشکی^۳، نیمه‌هادی‌ها^۴، مواد مغناطیسی، مواد فوتونی و... مهندسی مواد به یکی از رشته‌های پیشرو در عرصه دانش بدل شده است. به طور خلاصه یک مهندس مواد در نخستین گام با ریزساختار و خواص فیزیکی و مکانیکی مرتبط با آن آشنا می‌شود. سپس به کمک میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی، پراش پرتوهای ایکس و... به شناسایی و بررسی ساختار میکروسکوپی مواد گوناگون می‌پردازد. در گام بعدی روش‌های تولید مواد، بهبود و توسعه خواص مواد را می‌گیرد.

متالورژی به عنوان یک علم، منشأ آن جوانی است که تنها صد سال از عمر آن می‌گذرد و با کشف روش‌های جدید استخراج و تصفیه فلزات، شناسایی مشخصات ساختاری و فیزیکی مواد، فنون جدید شکل دادن و تولید فلزات، متولد شده است. علم است که در گذشته به سه بخش کلی متالورژی استخراجی و صنعتی و سرامیک تقسیم‌بندی می‌گردید توسعه روزافزونی در زمینه‌های دیگر یافته است. امروزه این رشته با هدف تربیت متخصصین در زمینه‌های تولید و تصفیه فلزات، انتخاب مواد مهندسی، خوردگی فلزات، شکل دادن و ریخته‌گری، تکثیر و جوشکاری، مواد سرامیکی، مواد پزشکی و نانو مواد ایجاد شده است. متالورژی استخراجی شامل فرآیندهای استخراج فلزات از سنگ معدن و تصفیه آنها (تولید فلزات)، شناخت انواع کوره‌ها، سوخت‌ها و فلزات و اذغالات شیمیایی می‌شود. به عنوان مثال آنچه در کارخانه ذوب آهن اصفهان تا مرحله تهیه شمش آهن خام (حادن) انجام می‌شود، عمدتاً مربوط به متالورژی استخراجی است. متالورژی صنعتی عبارت است از روش‌های مختلف تولید قطعات فلزی که مهم‌ترین این روش‌ها متالورژی پودر، شکل دادن، جوشکاری و ماشین‌کاری است. همچنین در متالورژی صنعتی خواص و مشخصات فیزیکی، ساختاری و مکانیکی مواد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

^۱ Composites

^۲ Nanomaterials

^۳ Biomaterials

^۴ Semiconductor

مواد به طور کلی به گروه فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها و کامپوزیت‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند. فلزات خود به دو گروه آهنی و غیر آهنی تقسیم‌بندی می‌شوند. فلزات آهنی و آلیاژهای آن شامل فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژ با استحکام بالا یا فولادهای میکرو آلیاژی، فولادهای زنگ نزن، فولادهای با عناصر آلیاژی بالا، فولادهای ابزار، چدن‌های خاکستری، چدن‌های سفید، چدن‌های نشکن (داکتیل)، چدن‌های چکش خوار (مالیبل) و... می‌شود. فلزات غیر آهنی شامل فلزات سبک و آلیاژهای آن (آلومینیوم، منیزیم و تیتانیوم)، مس، روی و آلیاژهای آنها (مانند برنز، برنج و زاماک)، فلزات با نقطه ذوب پایین (سرب، قلع، بیسموت، آنتیموان، کادمیوم، ایندیم)، فلزات گرانبها (طلا، نقره و پلاتین)، فلزات دیرگداز، تنگستن، مولیبدن، نیوبیم، سوپرآلیاژها (سوپرآلیاژهای بر پایه آهن - نیکل، پایه نیکل و پایه کبالت) و... می‌باشند.

سرامیک‌ها از ترکیب شیمیایی عناصر با تعدادی از غیر فلزات تشکیل می‌شوند، مانند اکسیدها، نیتریدها، کاربیدها و بوریدها و سایر ترکیب‌های عنصری مانند الماس و گرافیت هستند. سرامیک‌ها کاربردهای فراوانی دارند. به عنوان مثال می‌توان به سفال‌ها، چینی‌ها، دیرگدازها، فرآورده‌های رُسی ساختمانی، مواد ساینده، لعاب‌های چینی، شیشه، مواد مغناطیسی غیرفلزی، فروالکترونیک‌ها، تکرارهای مصنوعی و محصولات پیچیده‌تر دیگر اشاره کرد. سرامیک‌ها موادی بسیار سخت و تُرد هستند و مقاومت به حرارت زیادی دارند. محصولات خنک‌کننده مانند آجرها، کاشی‌ها و لوله فاضلاب، سفیدآلات مانند بدنه‌های پرسلان (چینی)، چینی بهداشتی و ظروف، دیرگدازها برای کاربرد در کوره‌ها به عنوان سازه و عایق حرارتی و شیشه‌ها و لعاب‌ها که به سبب تشکیل دهنده آنها سیلیکاتی است جز سرامیک‌های سنتی محسوب می‌شوند. با توجه به نیازهای صنعت در زمینه بهبود خواص حرارتی، خواص مکانیکی و یا خواص الکتریکی، سرامیک‌های مدرن یا نوانساز شدند. این سرامیک‌ها اغلب اکسیدی مانند آلومینا (Al_2O_3)، نیتریدی مانند نیترید تیتانیوم (TiN)، کاربیدی مانند کاربید سیلیسیم (SiC) و یا بوریدی مانند بورید زیرکونیوم (ZrB_2) هستند. آهنرباهای سرامیکی (فریت‌ها) و دی‌الکترونیک‌ها (عایق‌ها)، سوخت‌های هسته‌ای (UO_2) نیز جز این دسته از سرامیک‌ها هستند.

پلیمرها به ۳ گروه ترموپلاستیک^۱ و ترموست^۲ و الاستومر^۳ تقسیم‌بندی می‌شوند. پلاستیک‌های ترموپلاستیک یا گرماترم به پلیمرهایی گفته می‌شود که با افزایش دما بدون تغییر شیمیایی ذوب می‌شوند. این پلیمرها را می‌توان به دفعات ذوب و دوباره جامد نمود. ترموست یا گرماسخت به پلیمرهایی گفته می‌شود که در اثر اعمال حرارت در آنها پیوندهای عرضی با واکنش‌های شیمیایی ایجاد می‌شود و سخت می‌شوند. مواد ترموپلاستیک (پلی اتیلن، پلی استایرن، وینیل‌ها، پلی پروپیلن، آکریلونیتریل‌ها- بوتادین- استایرن^۴، اکریلیک، نایلون، استال، پلی کربنات‌ها، فلئوروپلاستیک‌ها، پلی استایرن^۵، پلی وریتان‌ها، مواد سلولزی، پلی استرهای اتر اترکتونی^۶، پلی اتیلن ترفتالات^۷ و پلی متیل متا کریلات^۸ و مواد ترموست (فنولیک‌ها، اپوکسی‌ها، پلی استر، راببر سیلیکونی، اوره و ملامین) و الاستومرها (لاستیک‌های طبیعی، نیوپرن، راببر بوتیلی، لاستیک استایرن بوتادین و الاستومرهای سیلیکونی)، مواد ضربه‌ای (مانند پنبه، چوب‌پنبه و بامبو) و... جزء مواد غیر فلزی آلی، طبقه‌بندی می‌شوند.

مواد کامپوزیتی یا مواد مرکب مهندسی^۹ ترکیب سه گروه مواد ذکرشده در بالا یعنی فلزات، سرامیک‌ها و پلیمرها تولید می‌شوند. این مواد به‌شرف محسوب می‌گردند. زمینه اصلی^{۱۰} آنها یکی از گروه‌های فلزی، پلیمری و یا سرامیکی است. در وسط یک تقویت‌کننده^{۱۱} مستحکم شده‌اند. بر همین اساس کامپوزیت‌ها به کامپوزیت‌های زمینه فلزی^{۱۲}، کامپوزیت‌های زمینه پلیمری^{۱۱} و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی^{۱۲} دسته‌بندی می‌شوند. عموماً مواد مرکب برای به دست آوردن خواص مهندسی بهتر مانند سختی بالاتر، استحکام بیشتر، وزن کمتر، مقاومت در برابر حرارت و خوردگی که در مواد همگن همچون فلزات، نمی‌توان همگی این خواص را در کنار یکدیگر داشت طراحی شده‌اند. همچنین قیمت مناسب در کنار کاربرد بالا، نقش آنها را در توسعه صنعتی به‌رنگ‌تر کرده است.

^۱ Thermoplastic

^۲ Thermoset

^۳ Elastomer

^۴ Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

^۵ Polyether ether ketone (PEEK)

^۶ Polyethylene terephthalate (PETE)

^۷ Polymethyl methacrylate (PMMA)

^۸ Matrix

^۹ Reinforcement

^{۱۰} Metal matrix composites (MMCs)

^{۱۱} Polymer matrix composites (PMCs)

^{۱۲} Ceramic matrix composites (CMCs)

کامپوزیت‌ها در صنعت خودرو، انتقال آب و نیرو، ساختمان‌سازی و ابر سازه‌ها، پزشکی و هوافضا کاربرد دارند. همچنین استخوان، ماهیچه، چوب و... به‌عنوان کامپوزیت‌های طبیعی شناخته می‌شوند. نیمه‌رساناها گروه دیگری از مواد هستند که از نظر خواص الکتریکی در واقع چیزی بین مواد رسانا و مواد عایق می‌باشند. غلظت‌های اندکی از اتم‌های ناخالصی در نیمه‌رساناها، دارای یک سری اثرات مفید در این نیمه‌رساناها هستند. اعضای این گروه از مواد، شامل تک کریستال‌های سیلیکون، ژرمانیم و گالیوم آرسناید است. نیمه‌رساناهای آلی اخیراً به این گروه، افزوده شده‌اند. همچنین مواد با کارایی بالا، برای برطاعت‌ن‌دن نیازهای مربوط به تکنولوژی‌های مدرن و امروزی توسعه یافته‌اند. این مواد در زمینه‌هایی همچون سفرهای فضایی، کاربردهای بیولوژیکی و محصولات الکترونی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

مواد نانو ساختار نیز دارای خواص الکتریکی، مغناطیسی و یا نوری قابل توجهی هستند و در واقع این مواد می‌توانند فلز، سرامیک، پلیمر و یا کامپوزیت باشند. این مواد دارای ریزساختاری با دانه‌های کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر می‌باشند. نانوتیوب‌های کربنی^۱ یک نمونه از نانو مواد می‌باشند که شامل صفحات گرافیتی هستند که به صورت لوله رانده^۲ و دارای خواص فوق‌العاده‌ای می‌باشند. گرافن^۲ که به ضخامت یک لایه اتمی از کربن‌های چیده شده به صورت لانه زنبوری می‌باشد نیز نمونه دیگری از مواد نانو ساختار است که دارای خواص عجیبی است که می‌تواند موجب شتاب در دنیای تکنولوژی شود. با ضخامتی به اندازه یک اتم، استحکام آن ۱۰۰ برابر فولاد است، هادی فوق‌العاده گرما و الکتریسته و جذب‌کننده بسیار عالی نور است.

^۱ Cabon Nano Tube (CNT)

^۲ Graphene