

اصول علم مواد

تالیف:

مهندس سیدرضا امیرآبادی زاده

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

و مدیر تولیدات شرکت صنعتی آما

سرشناسه	امیرآبادی زاده، سید رضا
عنوان و نام پدیدآور	اصول علم مواد / تالیف سیدرضا امیرآبادی زاده
مشخصات نشر	تهران، پناه گستر، ۱۳۹۴
مشخصات ظاهری	۳۰۴ صفحه مصور، جدول، نمودار
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۵۵۵۱-۵-۴ ریال ۲۳۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	فیا :
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: مهندسی مواد
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ الف ۶ / الف ۳ / ۴۰۳ TAP
رده بندی دیویی	: ۶۲۰ / ۱۱۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۹۴۵۶۸۸



Manouchehr.panah@yahoo.com

انتشارات پناه گستر: تهران صندوق پستی ۱۹۹۷۷۷۴۶۴۹

اصول علم مواد

مؤلف : مهندس سید رضا امیرآبادی زاده
ناشر : انتشارات پناه گستر
تألیف : علی اصغری - سعید فتحی
نوبت چاپ : اول - پاییز ۱۳۹۴
شمارگان : ۱۰۰۰ جلد
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۵۵۵۱-۵-۴
قیمت : ۲۳۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

سخن ناشر

جامعه امروزی کشورمان، بیش از هر زمان دیگر نیازمند تحول و ابداعات در عرصه های علمی و فرهنگی است که همه در گرو جهت یابی چالشهای مستمر دانشمندان و محققین کشور است. بی شک دست آوردهای تحقیقات در زمینه های مختلف را باید بتوان در عرصه محافل علمی این مرز و بوم منتشر نمود.

انتشارات پناه گستر با این انگیزه قدم به حوزه نشر کتابهای مهندسی نموده است تا بتواند گامی موثر در ارتقاء دانش مهندسی و ترویج کتابهای علمی بردارد. با کمال تواضع از خوانندگان و صاحب نظران تقاضا نمیدیم قدم به دیده منت گذاشته و در این راستا همیاری نمایند و در صورت تمایل، انتقادات و پیشنهادات خود را از طریق پست الکترونیکی manouchehr.panah@yahoo.com یا تهران صندوق پستی ۱۹۹۷۷۷۴۶۴۹ به ما منتقل نمایند. تلفن تماس ۰۹۳۶۳۴۸۴۸۴۰

فهرست

فصل اول : معرفی مواد و پیوندهای اتمی

۱۷	۱-۱- علم مواد
۱۹	۲-۱- ساختمان ماده
۲۰	۳-۱- جدول تناوبی
۲۲	۴-۱- پیوند اتمی در جامدات
۲۵	۵-۱- تقسیم بندی کاربردی مواد

فصل دوم : ساختار جامدات

۳۳	۱-۲- ساختار کریستالی (بلوری)
۳۷	۱-۱-۲- ساختار فلزات
۳۷	۲-۱-۲- ساختار سرامیکها
۳۸	۳-۱-۲- ساختار پلیمرها
۳۸	۲-۲- صفحات و جهات کریستالی
۳۹	۱-۲-۲- نامگذاری صفحات و جهات کریستالی به روش اندیس میلر
۴۲	۳-۲- تراکم اتمی شبکه های کریستالی
۴۵	۴-۲- چگالی کریستال
۴۷	۵-۲- چگالی اتمی خطی و صفحه ای

فصل سوم : عیوب شبکه کریستالی

۵۳	۱-۳- عیوب شبکه کریستالی
۵۴	۱-۱-۳- عیوب نقطه ای در فلزات
۶۰	۲-۱-۳- عیوب خطی (ناجائیها)
۶۳	۳-۱-۳- عیوب صفحه ای
۶۴	۴-۱-۳- عیوب فضائی (حجمی)

فصل چهارم: نفوذ در جامدات

۶۷	۱-۴-تعریف نفوذ:
۶۹	۲-۴-مکانیزمهای اتمی نفوذ
۷۲	۳-۴-قوانین نفوذ
۷۳	۴-۴-عوامل مؤثر بر نفوذپذیری:

فصل پنجم: خواص مکانیکی مواد

۷۷	۱-۵-خواص مکانیکی مواد:
۷۷	۲-۵-مفاهیم پایه ای:
۷۹	۳-۵-انواع تغییر شکل در مواد:
۸۳	۴-۵-مکانیزمهای تغییر شکل پلاستیکی:
۸۳	۱-۴-۵-مکانیزم لغزش:
۸۴	۱-۴-۵-۱-نقش نابجانیها در تغییر شکل پلاستیکی:
۸۶	۱-۴-۵-۲-لغزش در یک تک کریستال
۸۷	۱-۴-۵-۳-کارسختی در تک کریستالها
۸۹	۱-۴-۵-۴-لغزش در پلی کریستالها
۹۰	۱-۴-۵-۵-کارسختی در پلی کریستالها
۹۱	۲-۴-۵-مکانیزم دوقلونی:
۹۳	۵-۵-ارزیابی خواص مکانیکی مواد:
۹۳	۱-۵-۵-آزمایش کشش
۱۰۳	۲-۵-۵-اثر باوشینگر
۱۰۴	۳-۵-۵-آزمایش فشار
۱۰۵	۴-۵-۵-آزمایش داکتیلیتی
۱۰۷	۵-۵-۵-سختی
۱۰۷	۱-۵-۵-۵-مقیاس سختی مو
۱۰۸	۲-۵-۵-۵-آزمونهای سختی سنجی فلزات

فصل ششم: مکانیزمهای استحکام دهی

۱۲۱	۱-۶-مکانیزمهای استحکام دهی در فلزات:
۱۲۲	۱-۱-۶-استحکام دهی توسط کاهش اندازه دانه:
۱۲۳	۲-۱-۶-استحکام دهی توسط آلیاژسازی با تشکیل محلول جامد:

۱۲۴	۳-۱-۶- کرنش سختی:
۱۲۶	۴-۱-۶- رسوب سختی
۱۲۶	۵-۱-۶- عملیات حرارتی سریع سرد کردن (تشکیل مارتنزیت)
۱۲۶	۶-۱-۶- پدیده نقطه تسلیم
۱۲۷	۷-۱-۶- پدیده پیر کرنشی

فصل هفتم: شکست در مواد

۱۲۹	۱-۷- شکست در مواد
۱۳۱	۲-۷- انواع شکست
۱۳۳	۳-۷- عوامل ایجاد شکست ترد
۱۳۴	۴-۷- حالت‌های مختلف اعمال تنش به قطعات
۱۳۵	۵-۷- چقرمگی شکست:
۱۳۷	۱-۵-۷- عوامل مؤثر بر چقرمگی شکست:
۱۳۷	۶-۷- شکست تحت بار ضربه ای:
۱۳۸	۱-۶-۷- آزمایش ضربه
۱۴۱	۲-۶-۷- دمای انتقال نرمی به تردی
۱۴۲	۱-۲-۶-۷- عوامل مؤثر بر دمای انتقالی
۱۴۵	۷-۷- شکست خستگی
۱۴۶	۱-۷-۷- تنش های چرخه ای (سیکلی)
۱۴۸	۲-۷-۷- منحنی S-N
۱۵۳	۳-۷-۷- آغاز و انتشار ترک
۱۵۳	۴-۷-۷- عوامل مؤثر بر عمر خستگی
۱۶۰	۸-۷- شکست ناشی از خزش
۱۶۰	۱-۸-۷- رفتار عمومی خزش
۱۶۳	۲-۸-۷- عوامل مؤثر بر خزش

فصل هشتم: انجماد

۱۶۷	۱-۸- تبلور یا انجماد مواد کریستالی
۱۶۸	۲-۸- جوانه زنی:
۱۶۹	۳-۸- رشد جوانه:
۱۷۰	۴-۸- دانه های کریستالی
۱۷۱	۵-۸- گرمای ذوب و گرمای انجماد:

۱۷۵	۸-۶-انجماد تعادلی و غیر تعادلی :
۱۷۵	۸-۷-ساختار ماکروسکوپی حاصل از انجماد:
۱۷۷	۸-۸-آلیاژ :
۱۷۷	۸-۹-تعریف فاز :
۱۷۷	۸-۱۰-انواع فاز در آلیاژ.....

فصل نهم : نمودارهای فازی سیستم های تعادلی

۱۸۳	۹-۱- معرفی نمودارهای فازی تعادلی.....
۱۸۴	۹-۲- ریز ساختار.....
۱۸۴	۹-۳- روش رسم نمودار فازی :.....
۱۸۶	۹-۴- انواع نمودارهای تعادلی :.....
۱۸۶	۹-۴-۱-سیستمهای دوتایی مشابه (حالات کامل در حالت جامد و مایع.....
۱۸۹	۹-۴-۲- سیستم یوتکتیک :.....
۱۹۳	۹-۴-۳- سیستم پری تکتیک.....
۱۹۴	۹-۴-۴- سیستم مونوتکتیک :.....
۱۹۵	۹-۴-۵- سیستم یوتکتوئید :.....
۱۹۶	۹-۴-۶- سیستم پری تکتوئید :.....
۱۹۷	۹-۵- نمودار تعادلی آهن- کربن :.....
۱۹۹	۹-۵-۱- ساختمان کریستالی آهن خالص :.....
۲۰۱	۹-۵-۲- فازهای جامد در نمودار فازی $Fe-Fe_3C$:.....
۲۰۲	۹-۵-۳- واکنش های ثابت در نمودار فازی $Fe-Fe_3C$:.....
۲۰۳	۹-۵-۴- فولادهای ساده کربنی یوتکتوئیدی، هیپو یوتکتوئید و هیپریوتکتوئیدی.....
۲۰۶	۹-۵-۵- چدن ها :.....
۲۰۶	۹-۵-۶- انواع چدن ها :.....

فصل دهم : اصول عملیات حرارتی

۲۱۳	۱۰-۱- اصول عملیات حرارتی.....
۲۱۵	۱۰-۲- انواع دگرگونی های فازی استیت :.....
۲۱۵	۱۰-۲-۱- دگرگونی پرلیتی :.....
۲۱۷	۱۰-۲-۲- دگرگونی مارتنزیتی :.....
۲۲۰	۱۰-۲-۳- دگرگونی بینیتی :.....
۲۲۲	۱۰-۳- انواع عملیات حرارتی :.....

۲۲۳	 ۱-۳-۱۰- همگن کردن :
۲۲۳	 ۲-۳-۱۰- آنیل کامل :
۲۲۳	 ۳-۳-۱۰- نرماله کردن :
۲۲۵	 ۴-۳-۱۰- کروی کردن :
۲۲۶	 ۵-۳-۱۰- عملیات بازیابی و تبلور مجدد :
۲۲۷	 ۶-۳-۱۰- تنش زدایی :
۲۲۸	 ۴-۱۰- سخت کردن فولادها:
۲۲۹	 ۱-۴-۱۰- روشهای سرد کردن کنترل شده جهت سخت کردن فولادها
۲۳۱	 ۵-۱۰- سخت کردن سطحی :
۲۳۲	 ۱-۵-۱۰- کربوره کردن:
۲۳۳	 ۲-۵-۱۰- نیتريده کردن:
۲۳۳	 ۳-۵-۱۰- سخت کردن سطحی با عملیات حرارتی موضعی:

فصل یازدهم: معرفی انواع فولادها و تاثیر عناصر آلیاژی ۲۳۵

۲۳۷	 ۱-۱۱- انواع آلیاژهای فلزی :
۲۳۸	 ۲-۱۱- تقسیم بندی و کاربرد فولادهای کربنی :
۲۴۰	 ۳-۱۱- معرفی استانداردهای بین المللی فولادها :
۲۴۰	 ۱-۳-۱۱- استاندارد AISI
۲۴۱	 ۲-۳-۱۱- استاندارد آلمانی DIN
۲۴۶	 ۴-۱۱- تاثیر عناصر آلیاژی بر فولاد:

فصل دوازدهم: ساختار و خواص مکانیکی سرامیکها

۲۵۳	 ۱-۱۲- ساختمانهای بلوری سرامیکی
۲۶۳	 ۲-۱۲- سرامیکهای سیلیکاتی
۲۶۳	 ۳-۱۲- کربن
۲۶۶	 ۴-۱۲- عیوب نقطه ای در سرامیکها
۲۶۷	 ۵-۱۲- ناخالصیها در سرامیکها
۲۶۸	 ۶-۱۲- نفوذ در مواد یونی
۲۶۸	 ۷-۱۲- خواص مکانیکی سرامیکها:
۲۶۹	 ۸-۱۲- مکانیزمهای تغییر شکل در مواد سرامیکی
۲۶۹	 ۹-۱۲- تغییر شکل در سرامیکهای بلوری
۲۷۰	 ۱۰-۱۲- تغییر شکل در سرامیکهای غیر بلوری

۲۷۰	 ۱۱-۱۲ استحکام خمشی
۲۷۲	 ۱۲-۱۲ سختی مواد سرامیکی
۲۷۳	 ۱۳-۱۲ شکست در سرامیکها
۲۷۵	 ۱۴-۱۲ خزش در مواد سرامیکی

فصل سیزدهم: ساختار و خواص مکانیکی پلیمرها

۲۷۹	 ۱-۱۳ ساختار پلیمرها:
۲۸۰	 ۲-۱۳ مواد افزودنی به پلیمر
۲۸۲	 ۳-۱۳ بلوری شدن پلیمرها:
۲۸۴	 ۴-۱۳ پلیمرهای خطی
۲۸۴	 ۵-۱۳ پلیمرهای شاخه ای:
۲۸۴	 ۶-۱۳ پلیمرهای متقاطع:
۲۸۵	 ۷-۱۳ پلیمرهای شبکه ای:
۲۸۶	 ۸-۱۳ عیوب نقطه ای در پلیمرها
۲۸۶	 ۹-۱۳ نفوذ در مواد پلیمری:
۲۸۷	 ۱۰-۱۳ خواص مکانیکی پلیمرها
۲۸۹	 ۱۱-۱۳ تغییر شکل ماکروسکوپی
۲۹۰	 ۱۲-۱۳ خواص مکانیکی ترموپلاستیکها
۲۹۳	 ۱۳-۱۳ تغییر شکل و شکست پلیمرهای ترموپلاستیکی
۲۹۴	 ۱۴-۱۳ خواص مکانیکی الاستومرها (لاستیکها)
۲۹۵	 ۱۵-۱۳ خواص مکانیکی ترموست
۲۹۷	 ۱۶-۱۳ استحکام پارگی و سختی پلیمرها
۲۹۸	 ۱۷-۱۳ شکست پلیمرها
۳۰۰	 ۱۸-۱۳ خستگی در مواد پلیمری
۳۰۱	 ۱۹-۱۳ خزش در مواد پلیمری:
۳۰۱	 ۱-۱۹-۱۳ تغییر شکل ویسکوالاستیک:
۳۰۳	 ۲-۱۹-۱۳ خزش ویسکوالاستیک
۳۰۴	 مراجع

پیش‌گفتار

شناخت مواد صنعتی اعم از فلزات، پلیمرها و سرامیکها و نیز کامپوزیتها و نیمه‌هادیها از ضرورت‌های شاخه‌های مهندسی مواد، مکانیک، صنایع و شیمی می‌باشد لذا علم مواد که در آن ساختار و خواص مختلف مواد و نیز ارتباط بین این دو را مورد بررسی قرار می‌دهد می‌تواند نیاز مهندسین را در مسائل مربوط به انتخاب و شناسایی مواد، طراحی مهندسی، تجزیه و تحلیل در خصوص تعمیرات قطعات، ماشین‌آلات و بازسازی آنها و همچنین علل شکست و خرابی مواد را مرتفع سازد. از آنجا که مطالب مورد بحث در زمینه علم مواد خیلی گسترده و حجیم می‌باشد و از طرفی زمان لازم جهت تدریس در طول یک ترم تحصیلی برای مدرسین جهت ارائه کلیه این مطالب مهیا نیست، لذا در این کتاب سعی شده که به معرفی اصول و مبانی اصلی بحث ساختار و خواص مواد که در صنعت با آنها روبرو هستیم پرداخته شود. مطالب این کتاب برگرفته از مراجع معتبری است که در انتهای کتاب معرفی شده‌اند و نویسنده سعی نموده ضمن خلاصه برداری از کتب مرجع، دانشجویان رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع را به تمرکز در مطالعه مباحث اصلی علم مواد معطوف دارد و از بحث‌های پیچیده مربوط به شاخه مهندسی مواد تا حدی پرهیز شود.

در این کتاب ابتدا به معرفی کلی مواد پرداخته شده و سپس ساختار مواد فلزی و عیوب کریستالی و پدیده نفوذ در فلزات مورد بحث قرار گرفته است، سپس به خواص مکانیکی فلزات پرداخته شده و مکانیزمهای استحکام دهی فلزات و شکست در فلزات نیز مورد بررسی قرار گرفته است در ادامه مباحث مربوط به انجماد فلزات، نمودارهای فازی، معرفی فولادها و اصول عملیات حرارتی در فولادها تشریح شده و در فصول دوازده و سیزده ضمن معرفی ساختار و خصوصیات کلی مواد سرامیکی و پلیمری، خواص مکانیکی این دو نوع ماده نیز به اختصار مورد بحث قرار گرفته است.

سید رضا امیرآبادی زاده

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب

پاییز ۱۳۹۴