



شناخت مواد

جلد دوم

خواص فیزیکی و مکانیکی مواد، درس مواد

به همراه چندین مثال حل شده و تمرین

گردآوری و تألیف:

سید ابراهیم وحدت

عضویت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی

سرشناسه : وحدت، ابراهیم، ۱۳۵۰ -
 عنوان و نام پدیدآور : شناخت مواد/ ترجمه و تالیف ابراهیم وحدت.
 مشخصات نشر : تهران: چرتکه، ۱۳۹۰ -
 مشخصات ظاهری : ج. ۱: مصور، جدول.
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۶۴۶۳-۵۰-۹ : ج. ۱: ۲۸۰۰۰ ریال: ج. ۲: ۵۵۰۰۰ ریال: ۹۷۸-۹۶۴-۶۴۶۳-۶۵-۳
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : ج. ۲ (چاپ اول : ۱۳۹۰) (فیبا).
 مندرجات : ج. ۱: درس مواد-ج. ۲: خواص فیزیکی و مکانیکی مواد، درس مواد
 به همراه چندین مثال حل شده و تمرین.
 موضوع : ماده -- خواص
 موضوع : ماده -- خواص -- آزمایشها
 موضوع : مواد شیمیایی
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ش ۹ و ۳ / QD۴۷۲
 رده بندی دیویی : ۵۳۰/۴
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۳۹۰۵۸۲



انتشارات چرتکه

نام کتاب : شناخت مواد (جلد دوم)

ناشر : انتشارات چرتکه

ترجمه و تالیف : سید ابراهیم وحدت

صفحه آرای : هفت رنگ گرافیک (محسن پورحسین)

لیتوگرافی : امید گرافیک

نوبت چاپ : اول - تابستان ۱۳۹۰

چاپ : حدیث

صحافی : کیمیا

ناظر فنی چاپ : محسن پورحسین

تیراژ : ۶۰۰ جلد

بها : ۵۵۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۶۴۶۳-۶۵-۳

مراکز پخش:

۱- تهران، میدان انقلاب، ابتدای جمالزاده جنوبی، کوچه جهانگرد، شماره ۱۳، نشر آترا - تلفن: ۶۶۹۲۲۰۸۲

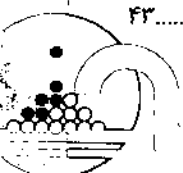
۲- تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۲۴، کتابفروشی هنر.
تلفن: ۶۶۴۹۲۲۴۲

۳- تهران، خیابان انقلاب، روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران، ساختمان جیبی، پلاک ۱۳۳۲، کتابفروشی عصر دانش.
تلفن: ۶۶۹۷۱۲۵۱



فهرست مطالب

۹	فهرست اشکال
۱۱	فهرست جداول
۱۳	پیشگفتار
بخش ۱	
۱۵	خواص فیزیکی مواد
۱۵	مقدمه
۱۶	جرم یک اتم و جرم یک مول اتم (جرم مولی)
۱۷	فاصله اتمی در مواد
۱۸	پیوند بین اتم‌ها
۱۹	پیوند یونی
۱۹	پیوند اشتراکی (کووالانسی)
۲۰	پیوند فلزی
۲۱	نیروهای واندروالس یا دو قطبی
۲۲	پیوندهای مرکب
۲۲	بلورشناسی
۲۳	ساختمان داخلی بلورها
۲۴	سیستم‌های تبلور
۲۵	شبکه‌های چهارده گانه براوه
۲۷	ادغام شبکه‌ها
۳۰	ساختمان بلوری ترکیبات
۳۳	تعداد نقاط مادی سازنده یک شبکه
۳۶	محورهای بلوری
۳۶	جهت بلوری
۳۸	صفحه بلوری
۳۹	فاصله بین صفحات
۴۱	حجم واحد شبکه
۴۲	زاویه بین دو صفحه
۴۳	فاکتور چیده شدن اتمی





- ۴۶ coordination number (همسایگی) عدد هماهنگی
- ۴۶ عدد هماهنگی در آلیاژها
- ۴۷ planar density (سطحی) تراکم صفحه‌ای
- ۴۸ linear density خطی تراکم خطی
- ۵۱ چند شکلی یا آلوتروپی
- ۵۱ آلیاژها (همبسته‌ها)
- ۵۳ محلول جامد
- ۵۳ محلول جامد جانشینی
- ۵۴ محلول جامد بین نشینی
- ۵۵ ترکیب‌های آلیاژی واسطه
- ۵۵ ترکیب‌های بین فلزی
- ۵۵ ترکیب‌های بین نشینی
- ۵۶ ترکیب‌های الکترونی یا یونی
- ۵۶ مخلوط‌ها
- ۵۶ جدایش و مرزدانه
- ۵۸ محاسبه اندازه دانه
- ۵۹ نقایص و عیوب در شبکه بلوری
- ۶۰ عیب نقطه‌ای
- ۶۰ عیب نقطه‌ای جای خالی vacancy
- ۶۰ عیب نقطه‌ای اتم بین نشین
- ۶۱ عیب نقطه‌ای اتم جانشین
- ۶۱ عیب نقطه‌ای مرکب
- ۶۱ عیب خطی (ناجایی) dislocation
- ۶۱ ناجایی پله‌ای یا لیه‌ای یا تیلور edge dislocation
- ۶۲ ناجایی پیچی screw dislocation
- ۶۳ ناجایی مختلط
- ۶۳ سیستم‌های لغزش در بلورها
- ۶۵ عیوب حجمی و سطحی
- ۶۶ ساختارهای بی نقص
- ۶۶ فاز و نمودار فازی
- ۶۷ عوامل موثر فاز بر خواص آلیاژ
- ۶۹ ماهیت فاز
- ۶۹ مقدار فاز
- ۷۰ اندازه فاز
- ۷۰ شکل فاز
- ۷۰ نحوه توزیع فاز
- ۷۰ سمت‌گیری فاز
- ۷۰ نمودار فازی



۷۱	رسم نمودار فازي آلياژهای آلومینیم - سیلیسیم
۷۶	تعیین ترکیب شیمیایی فازها
۷۶	محاسبه مقدار فازها
۷۶	روش محاسباتی
۷۷	روش ترسیمی یا قانون اهرم معکوس:
۷۸	نمودار فازي تعادلي و نمودار فازي غير تعادلي
۷۸	شکاف حلالیت
۷۹	انواع استحاله در نمودار فازي
۸۶	نمودار فازي آلياژ آهن - کربن
۹۲	نمودار فازي تعادلي مس - نیکل
۹۴	نمودار فازي به تایی
۹۵	درجه آزادی یا قانون فازي گیبس
۹۹	معرفی عملیات حرارتی
۱۰۰	نمونه سئوالات بخش اول
۱۰۶	منابع برای مطالعه بیشتر در خواص فیزیکی مواد

بخش ۲

۱۰۹	خواص مکانیکی مواد
۱۰۹	مقدمه
۱۱۱	مقاومت مکانیکی
۱۱۱	مقاومت کششی
۱۱۱	مقاومت فشاری
۱۱۲	مقاومت برشی
۱۱۲	مقاومت خمشی
۱۱۲	مقاومت سایشی
۱۱۳	سختی
۱۱۳	Micro hardness (Knoop test)
۱۱۴	سختی برینل Brinell Hardness
۱۱۵	سختی راکول Rockwell
۱۱۹	سختی خراش Scratch Hardness
۱۲۰	سختی دینامیکی یا جذب انرژی تحت نیروهای ضربه ای Rebound hardness
۱۲۰	دستگاه آونگی هربرت
۱۲۱	سختی سایش
۱۲۱	سختی سنج ماوراء صوت (سونودور)
۱۲۱	شکست
۱۲۳	قانون گریفیث
۱۲۴	مقاومت ضربه
۱۲۵	منحنی تنش - کرنش (مقاومت کششی)



۱۳۳.....	مقاومت خزشی Creep
۱۳۶.....	مقاومت خستگی Fatigue
۱۴۰.....	نابجایی‌ها
۱۴۵.....	مکانیزم‌های استحکام‌دهی
۱۴۸.....	نمونه سئوالات بخش دوم
۱۵۱.....	منابع برای مطالعه بیشتر در خواص مکانیکی مواد

ضمیمه

۱۵۳.....	تبدیل واحدها
۱۵۳.....	پسوندها
۱۵۵.....	ثابت‌های ریاضی
۱۵۵.....	ثابت‌های فیزیکی
۱۵۶.....	ثابت‌های اتمی
۱۵۷.....	ثابت‌های جهانی
۱۵۷.....	واحدهای پُر کاربرد
۱۵۸.....	واحدهای طول و تبدیل آن
۱۶۲.....	واحدهای جرم و تبدیل آن
۱۶۶.....	واحدهای چگالی و تبدیل آن
۱۶۷.....	واحدهای حجم ویژه و تبدیل آن
۱۶۷.....	واحدهای دما و تبدیل آن
۱۶۷.....	دمای رنگ
۱۶۷.....	تغییر سرعت با دما
۱۶۸.....	واحدهای نیرو و تبدیل آن
۱۶۹.....	واحدهای گشتاور و تبدیل آن
۱۶۹.....	واحدهای فشار و تبدیل آن
۱۷۲.....	واحدهای گرانشی و تبدیل آن
۱۷۲.....	گرانروی دینامیکی
۱۷۲.....	گرانروی ستیکی
۱۷۳.....	واحدهای انرژی و تبدیل آن
۱۷۵.....	واحدهای قدرت و تبدیل آن
۱۷۸.....	واحدهای حرارت و تبدیل آن
۱۷۹.....	واحدهای ضریب انبساط حرارتی و تبدیل آن
۱۷۹.....	واحدهای ظرفیت حرارتی و تبدیل آن
۱۸۰.....	واحدهای ضریب انتقال حرارت و تبدیل آن
۱۸۰.....	واحد مقاومت حرارتی کل و تبدیل آن
۱۸۰.....	واحدهای ضریب مقاومت حرارتی و تبدیل آن
۱۸۱.....	واحدهای الکتریکی و تبدیل آن
۱۸۱.....	ظرفیت الکتریکی
۱۸۱.....	شارژ الکتریکی



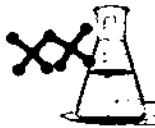


۱۸۱.....	چگالی شارژ الکتریکی
۱۸۲.....	چگالی سطحی شارژ الکتریکی
۱۸۲.....	هدایت الکتریکی
۱۸۳.....	سمبل های سختی مواد



فهرست اشکال

- شکل ۱: مقایسه شکل نمایی و شکل واقعی نقاط مادی در واحد شبکه ۲۷
- شکل ۲: شبکه مکعبی با سطوح مرکزدار، fcc ، که از تداخل یک مکعب ساده و یک رمبوهدرال نتیجه می‌شود ۲۸
- شکل ۳: شبکه مکعبی مرکزدار که از تداخل یک مکعب ساده و یک رمبوهدرال نتیجه شده است ۲۹
- شکل ۴: تجزیه تتراگونال با قاعده های مرکزدار به تتراگونال ساده ۳۰
- شکل ۵: ساختمان بلوری $CsCl$ ۳۱
- شکل ۶: ساختمان بلوری نمک طعام $NaCl$ ۳۲
- شکل ۷: تداخل دو ساختمان بلوری مکعب با سطوح مرکزدار در آلیاژ ZnS ۳۳
- شکل ۸: بخشی از کره در گوشه مکعب که در داخل همان مکعب است ۳۴
- شکل ۹: بخشی از نقطه مادی در وسط وجه جایی شبکه مکعب با سطوح مرکزدار که داخل آن است ۳۵
- شکل ۱۰: نمایش بردار $[111]$ ۳۷
- شکل ۱۱: نمایش صفحه (110) ۳۸
- شکل ۱۲: مکان هندسی اتم جانشین در ساختمان بلوری مکعب با سطوح مرکزدار ۵۴
- شکل ۱۳: مکان های هندسی محلول جامد بین نشین در ساختمان بلوری مکعب سطوح مرکزدار. اتم تیره، اتم بین نشین و اتم روشن، اتم حلال است ۵۵
- شکل ۱۴: نمایش مرزدانه در آلیاژ ۵۷
- شکل ۱۵: نمایش عیب نقطه ای جای خالی در شبکه بلوری مکعب سطوح مرکزدار. اتم در وسط وجه جانبی سر جای نیست ۶۰
- شکل ۱۶: نمایش نقص خطی پله ای ۶۲
- شکل ۱۷: نمایش نقص خطی پیچی ۶۳
- شکل ۱۸: نمایش چند فاز ($NiAl$, Ni_3Al , $CrMn$) در یک سوپر آلیاژ ۶۸
- شکل ۱۹: رسم خطوط گداز و انجماد نمودار فازی آلومینیم - سیلیسیم ۷۲
- شکل ۲۰: تکمیل خط انجماد و گداز نمودار فازی آلومینیم آلومینیم - سیلیسیم با مقیاس بزرگتر ۷۴
- شکل ۲۱: نمودار فازی تعادلی کامل شده آلیاژ آلومینیم - سیلیسیم. تعیین ترکیب شیمیایی فازها ۷۵
- شکل ۲۲: نمودار فازی تعادلی طلا - نیکل برای نمایش شکاف حلالیت ۷۹
- شکل ۲۳: نمودار فازی تعادلی سرب - قلع ۸۰



- شکل ۲۴: نمودار فازی تعادلی منیزیم - آلومینیم ۸۱
- شکل ۲۵: تحول پریتکتیک در نمودار فازی تعادلی آهن - نیکل ۸۳
- شکل ۲۶: نمایش تحول‌ها در نمودار فازی تعادلی پتاسیم - روی ۸۵
- شکل ۲۷: نمودار فازی آهن - کربن ۸۹
- شکل ۲۸: نمودار فاز تعادلی مس - نیکل ۹۳
- شکل ۲۹: مشخص کردن یک آلیاژ در نمودار سه تایی آهن - نیکل - کرم ۹۵
- شکل ۳۰: نمودار فازی تعادلی روی - آلومینیم ۹۶
- شکل ۳۱: نمودار فازی تعادلی مس - قلع ۹۸
- شکل ۳۲: نمایش نیرو و تنش ۱۱۰
- شکل ۳۳: انواع نیروهای کششی که موجب تنش کششی می‌شوند ۱۱۱
- شکل ۳۴: انواع نیروهای فشاری که موجب تنش فشاری می‌شوند ۱۱۲
- شکل ۳۵: انواع نیروهای برشی که موجب تنش برشی می‌شوند ۱۱۲
- شکل ۳۶: انواع نیروهای خمشی که موجب تنش خمشی می‌شوند ۱۱۲
- شکل ۳۷: مشخصات فرورونده در روش راکول ۱۱۶
- شکل ۳۸: سطح اثر ایجاد شده در روش ویکرز ۱۱۸
- شکل ۳۹: نمودار درجه حرارت تبدیل مواد ۱۲۳
- شکل ۴۰: نمونه تهیه شده در آزمایش ایزود ۱۲۵
- شکل ۴۱: منحنی های تنش - کرنش مهندسی ۱۲۹
- شکل ۴۲: منحنی خزش. مراحل خزش ۱۳۵
- شکل ۴۳: نوع تنش در خستگی ۱۳۶
- شکل ۴۴: نمایش منحنی خستگی ۱۳۹
- شکل ۴۵: انباشت نابجایی‌ها پشت مرز فرعی ۱۴۳
- شکل ۴۶: منبع فرانک رید در تولید موانع و نابجایی ۱۴۴





فهرست جداول

- جدول ۱: فاصله اتمی و پارامتر شبکه چند عنصر فلزی ۱۸
- جدول ۲: سیستم‌های تبلور ۲۴
- جدول ۳: شبکه‌های چهاره‌گانه براوه ۲۶
- جدول ۴: روابط فاصله بین صفحات بلوری بر حسب اندیس میلر و ثوابت شبکه ۴۰
- جدول ۵: حجم واحد شبکه در سیستم‌های مختلف ۴۱
- جدول ۶: روابط لازم برای محاسبه زوایای بین صفحات در سیستم‌های بلوری مختلف ۴۳
- جدول ۷: خلاصه مطالب و روابط مفید در ساختمان‌های بلوری مهم ۵۰
- جدول ۸: مقایسه خواص مکانیکی آلیاژ آلومینیم ۲۰۱۴ قبل و بعد از عملیات حرارتی ۶۹
- جدول ۹: انواع مقیاس‌های سختی راکول ۱۱۷

www.ketaboo.ir



پیشگفتار

خواص مواد به نوع پیوند بین اتم‌ها، ملکول‌ها و یا یون‌های آنها (یعنی تاثیر متقابل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها) بستگی دارد.

خواص مواد به چهار دسته شامل خواص فیزیکی، خواص شیمیایی، خواص مکانیکی و خواص فناوری (تکنولوژیکی) تقسیم می‌شود. برای مطالعه بیشتر به کتاب شناخت مواد جلد اول مراجعه شود.

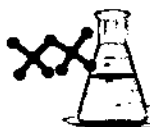
در این کتاب خواص متالورژیکی مواد، شامل خواص فیزیکی مواد و خواص مکانیکی مواد، هر یک در بخش جداگانه تشریح می‌شود.

در فصل خواص فیزیکی مواد، ساختارهای مواد فلزی و خواص مرتبط با آن معرفی می‌شود. همچنین چگونگی استفاده از نمودار فاز (Phase diagram) و ارتباط آن با خواص مواد بیان می‌گردد.

در فصل خواص مکانیکی مواد، عکس‌العمل مواد در مقابل تنش‌های خارجی که منجر به تغییر در ساختار و خواص مواد می‌شود مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

این کتاب پیشنهاد تمامی دروسی است که بر مبنای عکس‌العمل مواد در مقابل عوامل مکانیکی طرح‌ریزی شده‌اند. خواننده پس از خواندن آن توانایی دارد تا رفتار مواد را در برابر عوامل مکانیکی از طریق ساختار آنها پیش‌بینی نماید و عمرشان را در شرایط بارگذاری مختلف تخمین بزند. همچنین می‌تواند برای تحمل بهتر شرایط بارگذاری در قطعات راهکار ارائه دهد.

یکی از مشاغل کنترل کیفی قطعات صنعتی تطبیق خواص مکانیکی قطعات با خواص مکانیکی مورد نیاز است. پس از خواندن کتاب، خواننده با خواص مکانیکی مواد به تفصیل آشنا می‌شود. لذا راحت‌تر می‌تواند خواص مکانیکی قطعات صنعتی را با خواص مکانیکی مورد نیاز برای آن تطبیق دهد.



علاوه بر سایتهای معرفی شده در جلد اول کتاب، توجه دانش پژوهان را به سایت مفید دیگری با نشانی factsage.com جلب می نمایم. همچنین در ضمیمه کتاب، ثابت ها و واحدهای بکار رفته در متن و ضریب تبدیل آن آورده شده است.

امید است کتاب راهنمای خوبی برای دانش پژوهان باشد. در پایان انتقادات و پیشنهادات شما عزیزان چراغ راهی است جهت پُربارتر شدن کتاب و قطعا در ویرایش های بعدی لحاظ خواهد شد. لطفا نظرات خود را به نشانی الکترونیکی e.vahdat@iaumol.ac.ir ارسال دارید. همچنین، بدینوسیله از همکاران گرامی جناب آقای محمداقر لیمویی و سرکار خانم شبیم حسینی جهت اظهار نظر در مورد کتاب تشکر و قدردانی می شود.

با آرزوی توفیق الهی - سید ابراهیم وحدت

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی - شهریور ۱۳۹۰

www.ketab.ir