

اصول علم و مهندسی مواد

تالیف : ویلیام دی. کلیستر

ترجمه: پروفسور علی شکوه‌فر

استاد گروه مهندسی مواد

دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

ویرایش چهارم

تابستان ۱۳۹۲

سرشناسه	: کلیستر، ویلیام دی.، ۱۹۲۰ - م.
عنوان و نام پدیدآور	: اصول و علم و مهندسی مواد/تالیف ویلیام دی. کلیستر، [دیوید جی. رنویث]؛ ترجمه علی شکوه فر.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	: ۷۰۸ ص.
شابک	: ۲۶۰۰۰۰ ریال : 978-964-8703-03-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیا.
یادداشت	: عنوان اصلی: Fundamentals of Materials Science and Engineering, 3 rd ed, c2009
موضوع	: مواد صنعتی
شناسه افزوده	: رنویث، دیوید جی.
شناسه افزوده	: Rethwich, David G
شناسه افزوده	: شکوه فر، علی، ۱۳۲۲ - ، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات.
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۸ الف۶/ک۸۴/۲۰۲ TAT
رده بندی دیویی	: ۶۲۰/۱۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۵۲۲۱۸۱

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  <http://publication.kntu.ac.ir>

نام کتاب: اصول و علم و مهندسی مواد

تألیف: ویلیام دی. کلیستر

مترجم: دکتر علی شکوه فر عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی

خواجه نصیرالدین طوسی

چاپ اول: ۱۳۹۳

تاریخ چاپ: مهرماه ۱۳۹۲

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۲۶۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۲۴۶

ISBN: 978-964-8703-03-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۷۰۳-۰۳-۵

صحافی: گرنامی

آدرس و تلفن مرکز پخش و فروش: خیابان ولیعصر (عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع میرداماد، روبروی

ساختمان اسکان (۰۲۱-۸۸۷۷۲۲۷۷)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

با نگاهی اجمالی به زندگی انسان در دنیای صنعتی امروز و مقایسه آن با گذشته نه چندان دور این حقیقت مشخص می شود که در طول چند دهه گذشته توسعه همه جانبه ای در مسایل صنعتی و فناوری صورت گرفته است. پیشرفت در صنایع و فناوری های مختلف از جمله صنایع نوین، صنایع هوافضا، صنایع ارتباطات و فناوری اطلاعات، صنایع حمل و نقل، صنعت الکترونیک، مکانیک، مواد پیشرفته، رایانه و غیره، نمونه هایی از اینگونه پیشرفت ها می باشند.

مسئله "توسعه علم و مهندسی مواد یکی از عوامل بسیار موثر در پیشرفت صنعت و فناوری در دنیای صنعتی امروز می باشد. در راستای توسعه علم و مهندسی مواد لازم است که متخصصین و صاحب نظران علوم کاربردی نخست به شناسایی مواد و خواص آنها پرداخته و سپس همگام با تلاش برای دستیابی به فناوری های جدید، توسعه مواد پیشرفته را نیز در برنامه های کاری خود قرار دهند. در این خصوص مطالعه خواص و ساختار مواد و ارتباط بین خواص و ساختار و نیز فرایندها و کاربرد مواد لازم و ضروری می باشد. علاوه انتخاب مواد برای طرح های مختلف، بازیابی مواد، نقش مواد در محیط زیست، عملکرد در سازه ها و سیستم های مختلف هم از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در یک جامعه پویا مردم باید از اطلاعات دقیق و کافی در زمینه های مختلف صنعت و فناوری و عوامل موثر در توسعه آنها برخوردار باشند که لزوم به روز بودن این اطلاعات نیز اجتناب ناپذیر است. مخصوصاً توجه به پیشرفت های شگرفی که در زمینه ریزفناوری (Nanotechnology) که به صورت انقلاب فناوری نوین در دنیای کنونی در حال وقوع است نه تنها باید در برنامه آموزشی و پژوهشی مراکز علمی و دانشگاهی قرار گیرد، بلکه باید دانش پژوهان، دانشجویان، محققین، مهندسين، اساتید و کلیه ارگانهای ذیربط را تشویق به مطالعه دقیق و عمیق تر اینگونه پیشرفت ها نماید. در این راستا معرفی منابع و ارائه تالیف و ترجمه کتبی که بتواند راه را برای رسیدن به اهداف فوق هموارتر نماید به نوبه خود حائز اهمیت است.

کتاب حاضر یکی از کتب جامع دانشگاهی در زمینه علم و مهندسی مواد می باشد که مطالب آن برای مطالعه دانشجویان رشته های علوم کاربردی از جمله مهندسی مواد، مهندسی مکانیک، مهندسی صنایع، مهندسی شیمی، مهندسی برق و الکترونیک و ... بسیار مفید بوده و مرجع مناسبی برای مدرسین دروس علم و مهندسی مواد در این رشته ها می باشد. علاوه کلیه محققین و علاقمندان به مباحث علم و مهندسی مواد می توانند به مقتضای کاری، از مباحث این کتاب استفاده نمایند.

در زمینه استفاده بهینه از کتاب، لوح فشرده نیز ضمیمه گردیده که مباحث تکمیلی با جزئیات بیشتر در آن توضیح داده شده است.

دکتر علی شکوه فر

استاد گروه مهندسی مواد

تابستان ۱۳۹۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه	۳
۱-۱ دورنمای تاریخی	۳
۱-۲ علم و مهندسی مواد	۴
۱-۳ چرا علم و مهندسی مواد را مطالعه و بررسی می‌نماییم؟	۷
۱-۴ گروه‌بندی مواد	۸
فلزات	۸
سرامیک‌ها	۸
پلیمرها	۹
مواد مرکب	۹
نیمه‌هادی‌ها	۹
مواد زیستی	۹
۱-۵ مواد پیشرفته	۱۰
۱-۶ نیاز به مواد مدرن	۱۰
مراجع	۱۲
 فصل دوم: ساختمان اتمی و پیوندهای بین اتمی	۱۵
۲-۱ مقدمه	۱۵
ساختمان اتمی	۱۵
۲-۲ مفاهیم بنیادی	۱۵
۲-۳ الکترون‌ها در اتم‌ها	۱۷
مدل‌های اتمی	۱۷
اعداد کوانتم	۲۰
آرایش الکترونی	۲۱
۲-۴ جدول تناوبی	۲۴
پیوندهای اتمی در جامدات	۲۷
۲-۵ نیروها و انرژی‌های پیوندی	۲۷
۲-۶ پیوندهای بین اتمی اولیه یا پیوندهای قوی	۳۳
پیوند یونی	۳۳
پیوندهای اشتراکی یا کووالانسی	۳۶

۳۸	پیوند فلزی
۴۰	۲-۷ پیوندهای ثانوی یا پیوندهای واندوالس
۴۱	تغییرات پیوندهای دو قطبی تحریک شده (لحظه‌ای)
۴۲	مولکولهای دوقطبی-پیوندهای دو قطبی تحریک شده
۴۳	پیوندهای دو قطبی دائمی
۴۴	مولکولها
۴۵	مراجع
۴۶	مسائل فصل دوم
۵۱	فصل سوم: ساختار کریستالی جامدات
۵۱	۳-۱ مقدمه
۵۱	ساختارهای بلوری
۵۱	۳-۲ مفاهیم اولیه
۵۲	۳-۳ سلول واحد
۵۴	۳-۴ ساختارهای بلورین فلزی
۵۵	ساختار بلوری مکعبی با وجوه مرکزدار
۵۶	ساختار بلوری مکعبی مرکزدار
۵۷	ساختار بلوری منشور با قاعده شش ضلعی فشرده (HCP)
۶۰	۳-۵ محاسبه چگالی فلزات
۶۱	۳-۶ ساختارهای کریستالی سرامیکها
۶۶	ساختارهای کریستالی نوع AX
۶۷	ساختار سنگ نمک
۶۸	ساختار کلرید سزیم
۶۸	ساختار اسفالریت یا بلندروی
۶۹	ساختار کریستالی نوع A_mX_p
۷۰	ساختار کریستالی نوع $A_mB_nX_p$
۷۲	۳-۷ محاسبه چگالی ترکیبات سرامیکی
۷۴	۳-۸ سرامیک‌های سیلیکاتی
۷۵	سیلیکا
۷۶	سیلیکاتها
۷۶	۳-۹ کربن
۷۷	الماس
۷۷	گرافیت

۷۸	فالن
۷۸	۳-۱۰ چندشکلی و دگروارگی
۷۹	۳-۱۱ سیستمهای بلوری
۸۰	جهات و صفحات بلوری
۸۰	۳-۱۲ جهات بلوری
۸۵	بلورهای شش وجهی (هگزاگونال)
۸۷	۳-۱۳ صفحات بلوری
۹۱	آرایش اتمی
۹۳	بلورهای هگزاگونال
۹۳	۳-۱۴ دانسیته اتمی خطی و صفحه‌ای
۹۳	۳-۱۵ ساختارهای بلوری فشرده
۹۶	سرامیکها
۹۸	مواد بلورین و غیربلورین
۹۸	۳-۱۶ تک بلوریه
۹۹	۳-۱۷ مواد چند بلوری
۱۰۰	۳-۱۸ غیرهمسانگردی
۱۰۱	۳-۱۹ پراش اشعه X: تعیین ساختارهای بلوری
۱۰۱	۳-۲۰ جامدات غیربلوری
۱۰۲	شیشه‌های سیلیکاتی
۱۰۴	مراجع
۱۰۶	مسائل فصل سوم
۱۲۳	فصل چهارم: ساختار پلیمرها
۱۲۳	۴-۱ مقدمه
۱۲۳	۴-۲ مولکولهای هیدروکربنی
۱۲۷	۴-۳ مولکولهای پلیمر
۱۲۷	۴-۴ شیمی مولکولهای پلیمر
۱۳۲	۴-۵ وزن مولکولی
۱۳۶	۴-۶ شکل مولکولی
۱۳۸	۴-۷ ساختمان مولکولی
۱۳۸	پلیمرهای خطی
۱۳۸	پلیمرهای شاخه‌ای
۱۳۹	پلیمرهای متقاطع

۱۳۹	پلیمرهای شبکه‌ای
۱۳۹	۴-۸ وضعیت‌های مولکولی
۱۴۱	۴-۹ ترموپلاست و ترموستها
۱۴۲	۴-۱۰ کوپلیمرها
۱۴۴	۴-۱۱ بلوری شدن پلیمرها
۱۴۷	۴-۱۲ کریستالهای پلیمری
۱۵۱	مراجع
۱۵۲	مسائل فصل چهارم
۱۵۹	فصل پنجم: نقائص در جامدات
۱۵۹	۵-۱ مقدمه
۱۶۰	نقصهای نقطه‌ای
۱۶۰	۵-۲ نقصهای نقطه‌ای در فلزات
۱۶۲	۵-۳ عیوب نقطه‌ای در سرامیکها
۱۶۵	۵-۴ ناخالصیها در جامدات
۱۶۶	محلولهای جامد
۱۶۷	۱- عامل اندازه اتمی
۱۶۷	۲- ساختار بلوری
۱۶۷	۳- الکترونگاتیویته
۱۶۷	۴- ظرفیت‌های شیمیایی
۱۶۸	ناخالصی در سرامیکها
۱۷۰	۵-۵ عیوب نقطه‌ای در پلیمرها
۱۷۰	۵-۶ مشخصات ترکیب
۱۷۱	تبدیل ترکیبها
۱۷۱	انواع مختلف نقصهای بلوری
۱۷۱	۵-۷ نابجاییها، نقصهای خطی
۱۷۳	۵-۸ نقصهای فصل مشترکی
۱۷۳	سطوح خارجی
۱۷۷	مرزدانه‌ها
۱۷۹	مرزهای دوقلو
۱۸۰	سایر نقصهای سطحی یا فصل مشترکی
۱۸۱	۵-۹ نقصهای حجمی یا توده‌ای
۱۸۱	۵-۱۰ ارتعاشات اتمی

۱۸۲	آزمایشهای میکروسکوپی
۱۸۲	۵-۱۱ مطالب کلی
۱۸۲	۵-۱۲ تکنیکهای میکروسکوپی
۱۸۳	۵-۱۳ محاسبه اندازه دانه‌ها
۱۸۵	مراجع
۱۸۶	مسائل فصل پنجم
۱۹۳	فصل ششم: نفوذ
۱۹۳	۶-۱ مقدمه
۱۹۵	۶-۲ سازوکارهای نفوذ اتمی
۲۹۶	نفوذ جای خالی
۱۹۷	نفوذ اتمی بین‌نشینی
۱۹۷	۶-۳ نفوذ پایدار
۲۰۰	۶-۴ نفوذ ناپایدار
۲۰۵	۶-۵ عوامل موثر بر نفوذ
۲۰۵	نوع نفوذ
۲۰۵	درجه حرارت
۲۱۲	۶-۶ راههای دیگر نفوذ
۲۱۲	۶-۷ نفوذ در مواد یونی و پلیمری
۲۱۳	مواد یونی
۲۱۳	مواد پلیمری
۲۱۵	مراجع
۲۱۶	مسائل فصل ششم
۲۲۵	فصل هفتم: خواص مکانیکی
۲۲۵	۷-۱ مقدمه
۲۲۷	۷-۲ مفهوم تنش و کرنش
۲۲۸	آزمایش کشش
۲۳۰	آزمایش فشار
۲۳۱	آزمایشات پیچشی و برشی
۲۳۱	بررسی‌های هندسی حالت تنش
۲۳۲	تغییر شکل کشسان
۲۳۲	۷-۳ رفتار تنش-کرنش

۲۳۷	۷-۴ خاصیت بدون کشائی
۲۳۹	۷-۵ خواص کشسان مواد
۲۴۲	رفتار مکانیکی فلزات
۲۴۲	۷-۶ خواص کششی
۲۴۲	تسلیم و استحکام تسلیم
۲۴۴	استحکام کششی
۲۴۷	انعطاف پذیری
۲۵۰	خاصیت ارتجاعی یا کشسانی
۲۵۳	چقرمگی
۲۵۴	۷-۷ تنش و کرنش حقیقی
۲۵۷	۷-۸ بازگشت الاستیک در حین تغییر شکل پلاستیک
۲۵۷	۷-۹ تغییر شکل پیمشی، برشی و فشاری
۲۵۸	رفتار مکانیکی سرامیکها
۲۵۸	۷-۱۰ استحکام خمیدگی
۲۶۱	۷-۱۱ رفتار الاستیک
۲۶۱	۷-۱۲ تأثیر تخلخل روی خواص مکانیکی سرامیکها
۲۶۲	رفتار مکانیکی پلیمرها
۲۶۲	۷-۱۳ رفتار تنش کرنش
۲۶۴	۷-۱۴ تغییر شکل ماکروسکوپی
۲۶۵	۷-۱۵ ویسکوالاستیسیته
۲۶۵	سختی و خواص مکانیکی دیگر
۲۶۵	۷-۱۶ سختی
۲۶۶	آزمایشهای سختی راکول
۲۶۹	آزمایشهای سختی برینل
۲۷۰	آزمایشهای سختی نوپ و ویکرز
۲۷۰	تبدیل سختی در مقیاسهای مختلف
۲۷۲	رابطه بین سختی و مقاومت کشش
۲۷۲	۷-۱۷ سختی مواد سرامیکی
۲۷۲	۷-۱۸ استحکام پارگی و سختی پلیمرها
۲۷۳	تغییرپذیری خواص و ضریب اطمینان
۲۷۳	۷-۱۹ تغییرپذیری خواص ماده
۲۷۴	محاسبه مقادیر میانگین و انحراف استاندارد

۲۷۴	۷-۲۰ ضریب اطمینان / طراحی
۲۷۷	مراجع
۲۷۹	مسائل فصل هفتم
۲۹۷	فصل هشتم: مکانیزمهای تغییر شکل و استحکام‌دهی
۲۹۷	۸-۱ مقدمه
۲۹۷	ساز و کارهای تغییر شکل فلزات
۲۹۸	۸-۲ تاریخچه
۲۹۸	۸-۳ مفاهیم و جنبه‌های اساسی نابجاییها
۳۰۱	۸-۴ خصوصیات نابجاییها
۳۰۳	۸-۵ سیستم‌های لغزش
۳۰۵	۸-۶ لغزش تک بلورها
۳۰۵	۸-۷ تغییر شکل مومسان مواد چندبلوری
۳۰۶	۸-۸ تغییر شکل توسط دوقلوبی
۳۰۶	ساز و کارهای تقویت‌کنندگی
۳۰۸	۸-۹ استحکام بخشی توسط کاهش اندازه دانه
۳۱۰	۸-۱۰ استحکام بخشی توسط محلول جامد
۳۱۳	۸-۱۱ کرنش سختی
۳۱۷	بازیابی، تبلور مجدد و رشد دانه
۳۱۷	۸-۱۲ بازیابی
۳۱۸	۸-۱۳ تبلور مجدد
۳۲۱	۸-۱۴ رشد دانه
۳۲۴	ساز و کارهای شکست مواد سرامیکی
۳۲۴	۸-۱۵ سرامیکهای کریستالی
۳۲۵	۸-۱۶ سرامیکهای غیر کریستالی
۳۲۶	ساز و کارهای تغییر شکل و استحکام‌دهی پلیمرها
۳۲۶	۸-۱۷ تغییر شکل پلیمرهای نیمه کریستالی
۳۲۷	ساز و کار تغییر شکل الاستیک
۳۲۷	ساز و کار تغییر شکل پلاستیک
۳۲۸	الف ۸-۱۸ پارامترهای مؤثر بر خواص مکانیکی پلیمرهای نیمه کریستالی
۳۲۹	ب ۸-۱۸ پارامترهای مؤثر بر خواص مکانیکی پلیمرهای نیمه کریستالی
۳۳۰	۸-۱۹ تغییر شکل الاستومرها
۳۳۲	ولکانیزاسیون

۳۳۴	 مراجع
۳۳۵	 مسائل فصل هشتم
۳۳۷	 فصل نهم: انهدام مکانیکی
۳۳۷	 ۹-۱ مقدمه
۳۴۸	 شکست
۳۴۸	 ۹-۲ اصول شکست
۳۴۹	 ۹-۳ شکست نرم
۳۵۱	 مطالعات شکست‌نگاری
۳۵۱	 ۹-۴ شکست ترد
۳۵۳	 الف ۹-۵ اصول مکانیک شکست
۳۵۳	 ب ۹-۵ اصول مکانیک شکست
۳۵۳	 تمرکز تنش
۳۵۷	 چقرمگی شکست
۳۶۰	 طراحی با استفاده از مکانیک شکست
۳۶۵	 ۹-۶ شکست ترد سرامیکها
۳۶۶	 خستگی استاتیک
۳۶۶	 ۹-۷ شکست مواد پلیمری
۳۶۸	 ۹-۸ آزمایش شکست ضربه
۳۶۹	 روشهای آزمایش ضربه
۳۷۱	 تغییر حالت نرم به ترد
۳۷۴	 خستگی
۳۷۴	 ۹-۹ تنشهای سیکلی
۳۷۷	 ۹-۱۰ منحنی S-N
۳۸۰	 ۹-۱۱ خستگی در مواد پلیمری
۳۸۱	 الف ۹-۱۲ جوانه‌زنی و انتشار ترک
۳۸۱	 ب ۹-۱۲ جوانه‌زنی و انتشار ترک
۳۸۴	 ۹-۱۳ نرخ انتشار ترک
۳۸۴	 ۹-۱۴ عوامل مؤثر بر عمر خستگی
۳۸۵	 تنش متوسط
۳۸۵	 اثرات سطح
۳۸۶	 عوامل طراحی

۳۸۶	 عملیات سطحی
۳۸۷	 سختی موضعی
۳۸۸	 ۹-۱۵ عوامل محیطی
۳۸۸	 خزش
۳۸۹	 ۹-۱۶ کلیات رفتار خزش
۳۹۰	 الف ۹-۱۷ اثرات تنش و دما
۳۹۰	 ب ۹-۱۷ اثرات تنش و دما
۳۹۱	 ۹-۱۸ روشهای بسط داده‌ها
۳۹۱	 ۹-۱۹ آلیاژها برای کاربرد دمای بالا
۳۹۳	 ۹-۲۰ خزش در مواد سرامیکی و پلیمری
۳۹۵	 مراجع
۳۹۷	 مسائل فصل نهم
۴۱۳	 فصل دهم: نمودارهای فازي
۴۱۳	 ۱۰-۱ مقدمه
۴۱۳	 تعاریف و مفاهیم اصلی
۴۱۴	 ۱۰-۲ حد حلالیت
۴۱۵	 ۱۰-۳ فازها
۴۱۶	 ۱۰-۴ ریزساختارها
۴۱۶	 ۱۰-۵ تعادل فازي
۴۱۸	 دیاگرامهای فازي تعادلی
۴۱۸	 ۱۰-۶ سیستمهای دوتایی که دارای ساختمان کریستالی مشابه هستند
۴۲۱	 ۱۰-۷ تفسیر دیاگرامهای فازي
۴۲۱	 وجود فازها
۴۲۱	 تعیین ترکیب فاز
۴۲۲	 تعیین مقدار فاز
۴۲۷	 ۱۰-۸ ریزساختار آلیاژهای ایزومورف
۴۲۷	 سرد کردن تعادلی
۴۲۷	 سرد کردن غیرتعادلی
۴۲۷	 ۱۰-۹ خواص مکانیکی آلیاژهای ایزومورف
۴۲۸	 ۱۰-۱۰ سیستمهای اوتکتیکی دوتایی
۴۳۵	 ۱۰-۱۱ ریزساختار آلیاژهای اوتکتیک
۴۳۵	 ۱۰-۱۲ نمودارهای تعادلی با داشتن ترکیبات و فازهای میانی

۵۵۱	نیمه رسانایی
۵۵۱	۱۲-۱۰ نیمه رسانایی ذاتی
۵۵۲	مفهوم کلی یک حفره
۵۵۴	رسانایی حقیقی یا ذاتی
۵۵۵	۱۲-۱۱ نیمه رساناهای غیرذاتی
۵۵۵	نیمه رساناهای غیرذاتی نوع n
۵۵۸	نیمه رساناهای غیرذاتی نوع p
۵۶۱	۱۲-۱۲ تغییرات دمایی هدایت الکتریکی و تراکم حاملها
۵۶۹	۱۲-۱۳ اثر حال
۵۶۹	۱۲-۱۴ دستگاههای نیمه هادی
۲۶۹	هدایت الکتریکی در سرامیکهای یونی و پلیمرها
۵۶۹	۱۲-۱۵ هدایت در مواد یونی
۵۷۱	۱۲-۱۶ خواص الکتریکی پلیمرها
۵۷۱	پلیمرهای هادی
۵۷۲	رفتار دی الکتریک
۵۷۲	۱۲-۱۷ ظرفیت
۵۷۲	۱۲-۱۸ بردارهای میدان و پلاریزاسیون
۵۷۲	۱۲-۱۹ انواع پلاریزاسیون
۵۷۲	۱۲-۲۰ وابستگی ثابت دی الکتریک به فرکانس
۵۷۲	۱۲-۲۱ استحکام دی الکتریک
۵۷۲	مشخصات الکتریکی دیگر مواد
۵۷۲	۱۲-۲۳ فروالکتریسیته
۵۷۲	۱۲-۲۴ پیزوالکتریسیته
۵۷۳	مراجع
۵۷۵	مسائل فصل دوازدهم
۵۸۷	فصل سیزدهم: انواع مواد و کاربرد آنها
۵۸۷	۱۳-۱ مقدمه
۵۸۷	انواع آلیاژهای فلزی
۵۸۷	۱۲-۲ آلیاژهای آهنی
۵۸۸	فولادها
۵۸۹	فولادهای کم کربن
۵۹۰	فولادهای با کربن متوسط

۵۹۳	فولادهای پرکربن
۵۹۴	فولادهای ضدزنگ
۵۹۶	چدن‌ها
۵۹۸	چدن خاکستری
۶۰۲	چدن داکتیل (کروی)
۶۰۲	چدن سفید و مالیل
۶۰۳	۱۳-۳ آلیاژهای غیرفلزی
۶۰۳	مس و آلیاژهای آن
۶۰۶	آلومینیوم و آلیاژهای آن
۶۰۸	منیزیم و آلیاژهای آن
۶۰۹	تیتانیم و آلیاژهای آن
۶۱۰	فلزات دیرگداز
۶۱۲	سوپر آلیاژها
۶۱۲	فلزات نجیب
۶۱۲	آلیاژهای غیرآهنی متفرقه
۶۱۴	انواع سرامیکها
۶۱۴	۱۳-۴ شیشه‌ها
۶۱۴	۱۳-۵ شیشه سرامیکها
۶۱۶	۱۳-۶ محصولات رس
۶۱۶	۱۳-۷ دیرگدازها
۶۱۷	دیرگدازهای Fireclay
۶۱۷	دیرگدازهای سیلیکا
۶۱۷	دیرگدازهای بازی
۶۱۸	دیرگدازهای مخصوص
۶۱۸	۱۳-۸ ساینده‌ها
۶۱۹	۱۳-۹ سیمان‌ها
۶۲۰	۱۳-۱۰ سرامیکهای پیشرفته
۶۲۰	۱۳-۱۱ الماس و گرافیت
۶۲۰	الماس
۶۲۱	گرافیت
۶۲۲	انواع پلیمرها
۶۲۲	۱۳-۱۲ پلاستیکها

۶۲۵	.....	۱۳-۱۳ الاستومرها
۶۲۷	.....	۱۳-۱۴ فیبرها
۶۲۷	.....	۱۳-۱۵ کاربردهای متفرقه
۶۲۷	.....	پوشش‌ها
۶۲۸	.....	چسبها
۶۲۸	.....	لایه‌ها
۶۲۹	.....	فوم‌ها
۶۲۹	.....	۱۳-۱۶ مواد پلیمری پیشرفته
۶۳۰	.....	مراجع
۶۳۱	.....	مسائل فصل سیزدهم
۶۳۶	.....	ضمیمه A
۶۳۸	.....	ضمیمه B
۶۶۷	.....	ضمیمه C
۶۷۴	.....	ضمیمه D
۶۷۸	.....	ضمیمه E
۶۷۹	.....	واژه‌نامه