

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۲۷۸۳۰۲

۱۴۰۱/۱/۲۷

انتخاب مواد مهندسی

www.ketab.ir

تألیف:

دکتر مالک نادری

دانشیار دانشکده مهندسی مواد و متالورژی،

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

زمستان ۱۴۰۰

سرشناسه	: نادری، مالک، ۱۳۵۲-
عنوان و نام پدیدآور	: انتخاب مواد مهندسی / تألیف مالک نادری.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۳۹۸ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۵۲-۷
وضیعت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: مهندسی مواد - راهنمای آموزشی (عالی).
موضوع	: Materials science – Study and teaching (Higher) :
موضوع	: مهندسی مواد - آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی).
موضوع	: Materials science – Examinations, questions, (Higher) :
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر.
شناسه افزوده	: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic). Publishing Center.
رده‌بندی کنگره	: TA۴۰۴ :
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰/۱۱۰۷۶ :
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۷۵۷۰۸۵ :



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

این کتاب در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۰۹/۲۸ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.

عنوان کتاب	: انتخاب مواد مهندسی
تألیف	: مالک نادری
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: زمستان ۱۴۰۰
قیمت	: ۱۳۰۰۰۰ تومان
تیراژ	: ۱۰۰ :
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۵۲-۷
	ISBN : 978-964-463-852-7

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست عنوان‌ها

صفحه

دسته‌بندی مواد مهندسی	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- مواد فلزی	۴
۱-۲-۱- آلیاژهای آهنی	۶
۱-۲-۱-۱- فولادها	۶
۱-۲-۱-۲-۱- چدن‌ها	۸
۲-۲-۱- فلزات غیر آهنی	۱۱
۱-۲-۲-۱- فلزات و آلیاژهای سبک	۱۱
۳-۱- سرامیک‌ها	۱۴
۴-۱- پلیمرها	۱۸
۵-۱- مواد مرکب (کامپوزیت‌ها)	۲۰
۶-۱- مواد پیشرفته	۲۶
۱-۶-۱- نیمه هادی‌ها	۲۶
۲-۶-۱- مواد زیست سازگار	۲۶
۳-۶-۱- مواد هوشمند	۲۷
۴-۶-۱- نانومواد	۲۸
۷-۱- مواد آینده	۳۰
۸-۱- جمع‌بندی	۳۳
۹-۱- سوال‌های تکمیلی	۳۴
۱۰-۱- مراجع	۳۵
۱۱-۱- معرفی وبسایت	۳۶
آلیاژهای آهنی	۳۷
۱-۲- مقدمه	۳۷
۲-۲- روش‌های اصلی دسته‌بندی فولادها	۳۸
۱-۲-۲- دسته‌بندی بر مبنای ترکیب شیمیایی	۳۹
۲-۲-۲- دسته‌بندی بر مبنای ریز ساختار	۳۹

- ۴۲-۳-۲ اثر عناصر آلیاژی بر فولادها..... ۴۲
- ۴۲-۴-۲ نحوه‌ی کدگذاری فولادها..... ۴۲
- ۴۳-۱-۴-۲ کدگذاری ASTM..... ۴۳
- ۴۵-۲-۴-۲ کدگذاری AISI/SAE..... ۴۵
- ۴۶-۳-۴-۲ کدگذاری فولادهای ابزار..... ۴۶
- ۴۷-۴-۴-۲ کدگذاری فولادهای زنگ‌نزن..... ۴۷
- ۴۸-۵-۴-۲ روش کدگذاری فولادها در استاندارد DIN..... ۴۸
- ۴۹-۱-۵-۴-۲ روش عددی..... ۴۹
- ۵۲-۲-۵-۴-۲ روش حرفی..... ۵۲
- ۵۵-۵-۲ آشنایی با انواع فولادها و کاربردهای متداول آنها..... ۵۵
- ۵۵-۱-۵-۲ فولادهای ساده کربنی..... ۵۵
- ۵۷-۱-۵-۲ فولاد ساده کربنی - کم کربن..... ۵۷
- ۵۷-۲-۵-۲ فولاد ساده کربنی - کربن متوسط..... ۵۷
- ۵۷-۳-۵-۲ فولاد باهم کربنی - پر کربن..... ۵۷
- ۵۸-۲-۵-۲ فولادهای آلیاژی..... ۵۸
- ۵۸-۱-۲-۵-۲ فولادهای کم آلیاژی..... ۵۸
- ۶۲-۲-۲-۵-۲ فولادهای پرآلیاژ..... ۶۲
- ۶۷-۳-۲-۵-۲ فولادهای زنگ نزن..... ۶۷
- ۷۲-۶-۲ چدن ها..... ۷۲
- ۷۷-۱-۶-۲ چدن خاکستری..... ۷۷
- ۷۹-۲-۶-۲ چدن داکتیل یا کروی..... ۷۹
- ۸۰-۳-۶-۲ چدن سفید..... ۸۰
- ۸۱-۴-۶-۲ چدن چکش خوار..... ۸۱
- ۸۲-۵-۶-۲ چدن با گرافیت فشرده..... ۸۲
- ۸۴-۷-۲ جمع‌بندی..... ۸۴
- ۸۵-۸-۲ سوال‌های تکمیلی..... ۸۵
- ۸۷-۹-۲ مراجع..... ۸۷
- ۸۸-۱۰-۲ معرفی وبسایت..... ۸۸
- ۸۹-آلیاژهای غیر آهنی..... ۸۹

۸۹	۱-۳- مقدمه
۹۱	۲-۳- دسته‌بندی آلیاژهای غیر آهنی
۹۲	۳-۳- آلومینیوم و آلیاژهای آن
۹۴	۱-۳-۳- شماره گذاری آلیاژهای آلومینیوم
۹۵	۲-۳-۳- عناصر آلیاژی در آلیاژهای آلومینیوم
۹۷	۳-۳-۳- استحکام بخشی آلیاژهای آلومینیوم
۱۰۴	۴-۳-۳- آلیاژهای آلومینیوم کاربردی
۱۰۴	۱-۴-۳-۳- سری ۱۰۰۰
۱۰۵	۲-۴-۳-۳- سری ۲۰۰۰
۱۰۷	۳-۴-۳-۳- سری ۳۰۰۰
۱۰۸	۴-۴-۳-۳- سری ۴۰۰۰
۱۰۹	۵-۴-۳-۳- سری ۵۰۰۰
۱۱۱	۶-۴-۳-۳- سری ۶۰۰۰
۱۱۲	۷-۴-۳-۳- سری ۷۰۰۰
۱۱۳	۸-۴-۳-۳- سری ۸۰۰۰
۱۱۴	۵-۳-۳- آلیاژهای آلومینیوم ریخت پذیر
۱۱۵	۱-۵-۳-۳- سری ۲۰۰
۱۱۵	۲-۵-۳-۳- سری ۳۰۰
۱۱۶	۳-۵-۳-۳- سری ۴۰۰
۱۱۶	۴-۵-۳-۳- سری ۵۰۰
۱۱۶	۵-۵-۳-۳- سری ۷۰۰
۱۱۷	۶-۵-۳-۳- سری ۸۰۰
۱۱۸	۴-۳- مس و آلیاژهای آن
۱۲۰	۱-۴-۳- انواع تجاری مس
۱۲۲	۲-۴-۳- آلیاژهای مس
۱۲۴	۳-۴-۳- برنج
۱۲۵	۱-۳-۴-۳- برنج سرب دار
۱۲۶	۲-۳-۴-۳- برنج آلومینیوم قلع دار
۱۲۶	۴-۴-۳- برنز قلع
۱۲۷	۱-۴-۴-۳- برنزهای مس- قلع کاربردی
۱۲۷	۲-۴-۴-۳- برنزهای مس- قلع ریخت پذیر

۱۲۷	۳-۴-۵- برنز آلومینیوم.....
۱۲۸	۳-۴-۶- برنز سیلیم.....
۱۳۰	۳-۴-۷- آلیاژهای مس- برلیم.....
۱۳۰	۳-۴-۸- آلیاژهای مس- نیکل.....
۱۳۱	۳-۴-۹- آلیاژهای مس- نیکل- روی (نقره نیکل).....
۱۳۱	۳-۵- نیکل تجاری و آلیاژهای نیکل.....
۱۳۲	۳-۵-۱- نیکل و آلیاژهای آن.....
۱۳۲	۳-۵-۲- کاربرد و مشخصات آلیاژهای نیکل.....
۱۳۳	۳-۵-۳- نیکل کاربذیر.....
۱۳۳	۳-۵-۴- آلیاژهای نیکل- آهن.....
۱۳۴	۳-۵-۵- آلیاژهای نیکل- مس.....
۱۳۴	۳-۵-۶- آلیاژهای نیکل- مولبدن.....
۱۳۴	۳-۵-۷- آلیاژهای نیکل- کروم.....
۱۳۴	۳-۵-۸- آلیاژهای نیکل- کروم- آهن.....
۱۳۵	۳-۵-۹- آلیاژهای نیکل- کروم- مولبدن.....
۱۳۵	۳-۵-۱۰- آلیاژ نیکل- کروم- کبالت.....
۱۳۵	۳-۵-۱۱- آلیاژهای نیکل- تیتانیوم.....
۱۳۹	۳-۶- آلیاژهای روی.....
۱۳۹	۳-۷- فلزات دیرگداز.....
۱۴۰	۳-۸- جمع بندی.....
۱۴۱	۳-۹- سوال های تکمیلی.....
۱۴۳	۳-۱۰- مراجع.....
۱۴۴	۳-۱۱- آشنایی با وبسایت.....
۱۴۵	خواص مواد مهندسی.....
۱۴۵	۴-۱- مقدمه.....
۱۴۵	۴-۲- خواص عمومی.....
۱۴۶	۴-۳- خواص مکانیکی.....
۱۴۷	۴-۳-۱- مدول الاستیک.....

۱۵۱	۲-۳-۴- استحکام
۱۵۴	۳-۳-۴- تسلیم تحت بارگذاری چند محوری
۱۵۶	۴-۳-۴- استحکام نهایی کششی (σ_u)
۱۶۰	۵-۳-۴- سفتی
۱۶۵	۶-۳-۴- مدول برجهندگی
۱۶۶	۷-۳-۴- چقرمگی (GIC) و چقرمگی شکست (KIC)
۱۶۸	۱-۷-۳-۴- طراحی با استفاده از مکانیک شکست
۱۷۶	۸-۳-۴- حد خستگی یا تحمل (σ_e)
۱۸۷	۹-۳-۴- ضریب اتلاف (η)
۱۸۸	۱۰-۳-۴- سختی
۱۹۳	۱۱-۳-۴- ضرایب ایمنی در طراحی و انتخاب ماده بر مبنای خواص مکانیکی
۱۹۸	۴-۴- معیار انتخاب بر اساس خواص مکانیکی
۱۹۹	۵-۴- خواص فیزیکی
۱۹۹	۱-۵-۴- خواص حرارتی
۲۰۰	۱-۱-۵-۴- رسانایی حرارتی (λ)
۲۰۰	۲-۱-۵-۴- نفوذپذیری حرارتی (α)
۲۰۱	۳-۱-۵-۴- ضریب انبساط حرارتی خطی (α)
۲۰۱	۴-۱-۵-۴- مقاومت در برابر شوک حرارتی (ΔT_s)
۲۰۲	۲-۵-۴- خواص الکتریکی
۲۰۳	۱-۲-۵-۴- مقاومت الکتریکی (ρ_e)
۲۰۵	۲-۲-۵-۴- ثابت دی الکتریک (ϵ_r)
۲۰۶	۳-۵-۴- خواص نوری
۲۰۸	۴-۵-۴- ویژگی‌های محیطی
۲۰۸	۱-۴-۵-۴- انرژی تولید
۲۰۸	۲-۴-۵-۴- مقاومت محیطی
۲۱۱	۶-۴- سوال‌های تکمیلی
۲۱۴	۷-۴- جمع‌بندی
۲۱۵	۸-۴- مراجع
۲۱۶	۹-۴- معرفی وب‌سایت

پیش گفتار مولف

خداوند عظیم‌الشان در قرآن عظیم و حیرت‌انگیز، از مواد گوناگونی یاد کرده است که هریک برای کاربرد یا تمثیل خاصی مورد اشاره قرار گرفته است. جالب اینجاست که حضرت باری تعالی هم با کلمات و اشارت‌هایی به اجازه‌ی مهندسی در تولید و کاربرد برخی مواد به ویژه فلزات توسط انسان اشاره می‌کند. وقتی به آهن اشاره می‌کند با ذکر دقتی می‌گوید که "ما" به داوود^(ع) علم و تخصص نرم کردن آهن و تولید زره را آموختیم و یا در سوره‌ی سبأ، اشاره می‌کند که "ما" چشمه مس مذاب را در اختیار سلیمان نبی^(ع) قرار دادیم. جالب این است که با تحقیق اندکی که نویسنده مس مذاب داشته است، در هیچ جای قرآن از آهن مذاب صحبتی نشده و بیشتر به آهن گداخته اشاره شده است.

یا در سوره‌ی کهف، به ساخت سد از جنس سنگ آهن و با روکش مس مذاب توسط ذوالقرنین برای مهار حمله‌ی اقوام وحشی اشاره‌های عبرت‌آموزی دارد. البته به دفعات از طلا و نقره هم به عنوان عوامل ثروت و شوکت یاد می‌کند که اگر موجب فخر و مباهات و غرور نباشد، بسیار پسندیده است.

در مورد اجازه و آموزش مهندسی غیر فلزات هم بار به دفعات در قرآن اشاره شده است. آنجا که به حضرت نوح^(ع) نحوه‌ی ساخت کشتی از چوب و مس را توسط فرشتگان آموزش داده است و به حضرت سلیمان^(ع) تولید شیشه شفاف را آموخته است. آنجا که وقتی ملکه سبا به کاخ سلیمان وارد می‌شود، از تصور اینکه بر روی آب راه می‌رود، دامن خود را بالا می‌گیرد ولی سلیمان به او اشاره می‌کند که این شیشه است و به اذن و موهبت حضرت حق در اختیار او قرار گرفته است.

این مقدمه را از آن جهت نگاشتم تا فراموش نشود که منشاء، مبدأ و انتهای همه‌ی علوم و مهندسی که فقط ذره‌ای از آن به روی انسان گشوده شده، ذات اقدس حضرت حق تعالی است. موضوع این کتاب انتخاب مواد مهندسی است. روش‌های انتخاب، دستکاری و مهندسی مواد موجود در طبیعت برای رفع نیازمندی‌ها یا رویاپردازی‌ها و بلندپروازی‌های بشر در این کتاب در روندی منطقی مورد اشاره قرار خواهد گرفت. در فصل اول، در مورد دسته‌بندی انواع مواد و به ویژه مواد مهندسی مطالب طبقه‌بندی شده و منظمی ارائه می‌شود. هرچند در این دسته‌بندی‌ها به فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها و مواد مرکب اشاره می‌شود؛ ولی تمرکز اصلی کتاب بر فلزات و کاربرد آن‌ها خواهد بود. در فصل دوم به تفصیل در مورد فلزات آهنی، دسته‌بندی‌ها، خواص و کاربردهای آن‌ها صحبت خواهد شد. خواص و کارکرد متفاوت فولادها و چدن‌ها به دقت تشریح شده است. در فصل سوم، فلزات غیر آهنی با تمرکز ویژه بر آلومینیوم و آلیاژهای آن، مس و

آلیاژهای آن و آلیاژهای نیکل، روی و فلزات دیرگداز معرفی و تشریح شده است. هر چند آشنایی با انواع مواد شرط کلیدی برای یک انتخاب ماده صحیح است ولی بدون درک صحیح از مفاهیم و اصول پایه خواص مواد، انتخاب ماده برای شرایط کار گوناگون، غیرمهندسی و غیر حرفه‌ای خواهد بود. با این رویکرد، در فصل چهارم مروری بر مفاهیم و اصول خواص مواد اعم از مکانیکی و فیزیکی صورت گرفته است.

همانطور که در فصل اول اشاره خواهد شد، بیش از یکصد هزار ماده مهندسی مورد استفاده بشر قرار می‌گیرد. انتخاب یک ماده مناسب برای یک کاربری خاص از میان این تعداد ماده کار بسیار پیچیده و وقت‌گیری است. استفاده از روش غربالگری برای کاهش منطقی تعداد مواد مهندسی مناسب برای کاربرد مورد درخواست، بسیار سودمند و تسهیل‌کننده است. در میان روش‌های متعدد غربالگری مواد، استفاده از نمودارهای اشی به عنوان مبنای اصلی غربالگری در این کتاب مورد استفاده قرار گرفته است. در فصل پنجم، با معرفی و تشریح نمودارهای اشی مختلف، نحوه‌ی استفاده از آن در قالب مثال‌های متعددی آموزش داده شده است.

در نهایت در فصل ششم، انتخاب نهایی ماده از میان چند ماده مهندسی غربال شده، با استفاده از روش‌های کمی انتخاب مواد بر مبنای وزن‌دهی، مقیاس‌بندی، محاسبه، رتبه‌بندی ضرایب عملکردی و معیار ارزش آموزش داده شده است.

روند نگارش و فصل‌بندی این کتاب با توجه به تجربه‌ی چندین ساله آموزش درس طراحی و انتخاب مواد مهندسی توسط نویسنده شکل گرفته است. در هر فصل، با ورود از کلیات به جزئیات، مثال‌هایی برای درک بهتر موضوع ارائه شده است. در پایان هر فصل هم سوال‌های تکمیلی برای ترغیب دانشجو و محقق برای تمرین و استفاده از آموخته‌های آن فصل برای حل مسائل مهندسی آورده شده است. با توجه به جذابیت‌ها و پویا بودن فضای علمی و مهندسی مجازی، در پایان هر فصل برخی وبسایت‌های مفید و سودمند مرتبط با موضوع آن فصل معرفی شده‌اند.

این کتاب برای مطالعه و استفاده کلیه دانشجویان و مهندسين مواد و متالورژی و مکانیک در دوره‌های آموزشی دانشگاهی و بهره‌برداری در صنعت توصیه می‌شود.

در پایان بر خود لازم می‌دانم سپاس خود را از کلیه دانشجویانی که طی سال‌های تدریس نویسنده در کلاس‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد و یا دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در صنعت با نظرات و بازخوردهای خود موجب غنای مطالب این کتاب شده‌اند، ابراز نمایم.

از آقایان مهندس سینا سالاری و دکتر آرش قاضی‌نبار که در ترم‌های متعدد با ارائه حل تمرین به غنای مطالب کلاس درس و محتوی آموزشی و مطالب این کتاب یاری کرده‌اند، سپاس ویژه دارم.

از خانم مهندس فهیمه غلامی به واسطه‌ی صفحه‌آرایی و بازتاب کتاب و تصحیح شکل‌ها و

جدول‌ها نهایت سپاس و قدردانی را دارم. از خانم مهندس دل‌آسا علیجانی هم که در بازطراحی و بهبود کیفیت نمودارهای اشبی در متن و مثال‌ها همکاری نمودند، قدردانی به عمل می‌آید. بدیهی است هر برونداد و متن علمی خالی از اشکال و عیب نخواهد بود. نویسنده نهایت تشکر و قدردانی خود را از خوانندگان کتاب برای اعلام ایرادها یا نظرات اصلاحی و پیشنهادی اعلام می‌دارد.

به امید دستیابی به قنه‌های رفیع علم و فناوری توسط فرزندان عزیز ایران

مالک نادری

زمستان ۱۴۰۰

www.ketab.ir