

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شیراز

انتشارات دانشگاه شیراز

۴۵۰

انتخاب مواد در طراحی مکانیکی

نویسنده

میشل فاریس اش

استاد مهندسی و علم مواد- دانشگاه شیراز

بازگردانندگان

مهندس سعید بریم

دانشجوی دوره‌ی دکتری

دکتر سیروس جوادپور

دانشیار و عضو هیئت علمی

بخش مهندسی مواد- دانشگاه شیراز

چاپ اول

۱۳۹۲

سرشناسه	:	اشبی
عنوان و نام پدیدآور	:	Ashby, M. F
مشخصات نشر	:	انتخاب مواد در طراحی مکانیکی / نویسنده میشل اف. اشبی؛ مترجمان سیروس جوادپور، سعید کریمی. شیراز: دانشگاه شیراز، مرکز نشر، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	:	۷۵۸ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار (رنگی).
فروست	:	انتشارات دانشگاه شیراز؛ ۴۵۰.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۲-۴۴-۷
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: Materials selection in mechanical design, 3rd ed., c2005.
واژه نامه	:	
موضوع	:	مواد صنعتی
موضوع	:	طراحی مهندسی
شناسه افزوده	:	جوادپور، سیروس، ۱۳۳۶ - مترجم
شناسه افزوده	:	کریمی، سعید، ۱۳۶۶ - مترجم
شناسه افزوده	:	دانشگاه شیراز، مرکز نشر
رده بندی کنگره	:	۱۰۱ الف ۸ / ۴۰۳۱۶ TA
رده بندی دیویی	:	۶۲۰
شماره کتابشناسی ملی	:	۳۰۳۷۸



انتخاب مواد در طراحی مکانیکی

مترجمان: دکتر سیروس جوادپور و مهندس سعید کریمی

ناشر: انتشارات دانشگاه شیراز

طراح جلد: عبدالرضا انانی عسری

چاپ اول: ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال

(حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاه شیراز محفوظ است.)

شورای انتشارات دانشگاه شیراز

دکتر مصطفی سعادت	معاون پژوهشی دانشگاه و رئیس شورای انتشارات
دکتر محمد علی رنجبر	رئیس مرکز نشر دانشگاه
دکتر حسن ایزدی	دانشکده هنر و معماری
دکتر مهدی محبی فانی	دانشکده دامپزشکی
دکتر محمد علی گودرزی	دانشکده علوم تربیتی و روان شناسی
دکتر محمد جواد سلمان پور	دانشکده ادبیات و علوم انسانی
دکتر حبیب احمدی	دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی
دکتر ایوب کریمی جشنی	دانشکده مهندسی
دکتر نجفعلی کریمیان	دانشکده کشاورزی
دکتر مظفر اسدی	دانشکده علوم
دکتر محمد امامی	دانشکده حقوق

پیش‌گفتار مؤلف

مواد به خودی خود، اثر کمی بر زندگی ما دارند؛ اما شیوه‌ی استفاده از آنهاست که تأثیر بسزایی بر زندگی ما دارد.

(Epictetus, AD 50–100, Discourses Book 2, Chapter 5)

معمولاً نوین موجب پیشرفت طراحی مهندسی در زمان اپیکتتوس شدند (مترجم: اپیکتتوس یک فیلسوف رومی بود که در سال ۵۵ میلادی به دنیا آمد و نمونه‌ی یک روح آزاده و متکی به نفس بود). امروزه با وجود مواد بیشتری که نسبت به گذشته در دسترس هستند، فرصت‌های بسیار خوبی نیز برای نوآوری وجود دارد؛ اما چنین پیشرفتی تنها هنگامی میسر می‌شود که رویه‌ای برای رسیدن به یک انتخاب دردمندانه وجود داشته باشد. این کتاب، یک رویه‌ی اصولی را برای انتخاب مواد و فرایندها ارائه می‌دهد. تا آنکه شما بتوانید به یک زیرمجموعه از بهترین گزینه‌های هم‌خوان با ملزومات یک طراحی دست یابید. به دستار اطلاعات آن نیز به نوبه‌ی خود منحصر به فرد است. این ساختار، دسترسی سریع به داده‌ها میسر می‌کند و به کاربر آزادی عمل بیشتری را برای جستجوی گزینه‌های امکان‌پذیر می‌دهد. این رویه در صورت نرم‌افزاری نیز در دسترس قرار دارد که انعطاف‌پذیری بالاتری را نیز ایجاد می‌کند.

تأکید اصلی این رویکرد، طراحی با "مواد" است نه "علم مواد"؛ البته در موارد مورد نیاز، علم مواد به کار گرفته شده است تا یک ساختار برای نیارهای انتخاب به وجود آید. هشت فصل اول، به دانش اولیه‌ی زیادی نیاز ندارند؛ تنها یک پیش‌زمینه بر علم مواد مکانیک کافی است. فصل‌هایی که با انتخاب شکل و اهداف چندگانه سر و کار دارند، مقداری پیشرفته هستند؛ اما می‌توان در اولین مرتبه‌ی خواندن این کتاب، از آنها صرف نظر کرد. این کتاب تا حد امکان، انتخاب مواد را با جنبه‌های گوناگون طراحی همراه کرده و در این روند، ارتباط میان مباحل مختلف طراحی، بهینه‌سازی و مکانیک مواد توسعه یافته است. از نگاه تدریس، این کتاب چهار بخش طراحی شده است که بتواند به صورت یک کتاب درسی برای دانشجویان مهندسی سال سوم یا چهارم یا حتی "انتخاب مواد در طراحی" در نظر گرفته شود: ۶ تا ۱۰ جلسه از درس را می‌توان به فصل‌های ۱ تا ۶ اختصاص داد و کل کتاب را می‌توان برای بیش از ۲۰ جلسه‌ی درسی همراه با انجام پروژه و کار با نرم‌افزار در نظر گرفت.

فراتر از این‌ها، این کتاب به عنوان بالاترین مرجع درسی طراحی شده است. این روش، نمودارها و جدول‌های شاخص‌های کارایی آن به صورت عملی در دنیای واقعی انتخاب مواد و فرایندها کاربرد دارند و این مجموعه از "راه‌حل‌های مفید" به ویژه در مدل‌سازی می‌توانند مفید باشند و البته نباید فراموش کرد که خود مدل‌سازی نیز یک بخش بنیادین از طراحی بهینه به شمار می‌رود.

خواننده پس از کسب تجربه‌ی کافی، می‌تواند کتاب و نرم‌افزار را در سطوح پیچیده‌تر استفاده کند. برای به دست آوردن این مهارت می‌تواند کار را با شاخص‌های موادی که در مطالعات موردی وجود دارند، آغاز کند و به تدریج به مدل کردن مسائل جدید طراحی روی آورد. حاصل انجام آن می‌تواند شاخص‌های مواد و توابع جریمه‌ی جدید و شاید هم نوآورانه باشد. این جنبه از آموزش پیوسته، می‌تواند با فهرستی از "مطالعات بیشتر" در انتهای فصل‌ها و همچنین با مجموعه‌ای از تب‌های پیوست E ادامه یابد و به این ترتیب همه‌ی جنبه‌های گوناگون این کتاب درسی فراگرفته شده در پایان نیز باید خاطر نشان کرد که مراجع مفیدی نیز در پیوست‌های انتهایی کتاب آمده است.

M.F. Ashby
Cambridge, July 2004

www.ketab.ir

پیش‌گفتار بازگرداندگان

عصر اطلاعات، ارتباطات و شکوفایی فناوری، دنیای پیرامون را به سرعت دست‌خوش دگرگونی‌هایی کرده است. انسان مبتکر، خلاق و توانمند امروز، چشم به سوی قلعه‌های ناپیدایی دوخته است و شتابان خود را به بلندی‌های بی‌انتهای بی‌کران آن‌ها نزدیک می‌کند. انسان مدرن امروزی، علی‌رغم همه‌ی توانمندی‌های خیره‌کننده‌ی خود که در کل تاریخ گام نهادن او به کمره‌ی خاکی نیز بی‌نظیر بوده است؛ اگر به نیازمندتر و وابسته‌تر شده است. چشم‌های حریص او هر لحظه در بازار پُر رونق تولید و مصرف، کالای جدیدی را می‌طلبد و آرزو و سودایی جدیدی را در ذهن می‌پروراند. برآوردن این نیازهای روزافزون، دست‌های محتاج او را به سوی ابزارها، کالاهای، تجهیزات و سازه‌هایی کشانده که از ارزان‌ترین سطح ممکن بگذرد، در زیباترین جامه‌ی ممکن بیاراید، بر پایه‌ای مستحکم و مقاوم شکل یابد، در تمام و انوارهای زبانزد باشد، آسان و سریع به دست آید و سرانجام عملکردی مطمئن را تضمین دهد. در هر گام از این مسیر، عرصه‌ی رقابت سختی را بر بازار تولید تحمیل کرده است. گویا موفقیت، معیار پُر بهای بازیگری است که کالای خود را با بهترین ترکیب ممکن از شاخصه‌های استحکام، زیبایی، کارایی، دوام، تضمین و ارزانی ارائه دهد. این همه شاخص متراکم و گاهی متضاد را می‌توان در همه‌ی موارد و "انتخاب مواد و طراحی" گنجاند.

انتخاب و طراحی مناسب یعنی ارائه‌ی بهترین‌ها در بهترین شرایط. این مهم، مستلزم شناخت دقیق شرایط و نیازمندی‌ها، مواد مهندسی و همچنین تسلط بر روش‌های طراحی است. نوشتار پیش‌رو که ترجمه‌ی کتاب وزین و پُر آوازه‌ی "انتخاب مواد در طراحی مکانیکی" نوشته‌ی نویسنده‌ای چیره‌دست و نام آشنا "پرفسور میشل فاریس اشبی" است؛ مجموعه‌ی اطلاعات ارزشمندی را همراه با معیارهایی برای طراحی و انتخاب مواد ارائه می‌دهد. اگرچه اهتمام اصلی این کتاب به جنبه‌های مکانیکی طراحی است؛ اما در سراسر آن تیزبینی و ژرف‌نگری مؤلف در ارائه‌ی جنبه‌های دیگر جنبه‌های گوناگون طراحی مشهود است. نویسنده‌ی دانشمند و مشهور این اثر سعی کرده است که در هر ویرایش، جنبه‌های دیگری از انتخاب و طراحی را با ارائه‌ی نمونه‌ها و مثال‌های کاربردی، ارائه دهد که خود گواهی بر پویایی متن با ارزش این کتاب است.

اهمیت این کتاب که مخاطبینش را با اصول و معیارهای انتخاب مواد با تولید و به‌کارگیری مکانیکی آشنا می‌کند و همچنین خلأ متن‌های مشابه با آن در نوشتارهای فارسی، بازگرداندگان را بر آن داشت تا بازگردانی متن حاضر را آغاز و به سرانجام رسانند. در بازگردانی آن، تلاش شده است که با رعایت اصول امانت در بازگردانی و انتخاب معادل‌های مناسب فارسی، حداکثر هم‌خوانی با پیام و محتوای این کتاب مرجع رعایت شود. دقت بازگرداندگان حاضر در درک صحیح متن و سپس بازگردانی آن، به یافتن پاره‌ای از لغزش‌ها در متن اصلی نیز انجامید و به نویسنده‌ی فاضل آن انتقال یافت.

با وجود همه‌ی دقت نظرها، متن حاضر پیراسته از لغزش‌های نگارشی و نوشتاری نیست. بازگرداندگان مشتاقانه به انتظار انتقادهای مخاطبین خویش می‌نشینند تا به لطف نگاه‌های تیزبین آن‌ها، متنی دقیق‌تر و پیراسته‌تر را در ویرایش‌های آتی به زیور طبع و نشر بیارایند.

گفتنی است که به دلیل هزینه‌ی گزاف کاغذ و چاپ در زمان انتشار این کتاب، به ناچار تصمیم به چاپ آن به صورت تک رنگ و با اندازه‌ی کوچک گرفته شد؛ اما برای استفاده‌ی آسان‌تر خوانندگان گرامی، یک لوح فشرده نیز همراه با آن ارائه می‌شود که شکل‌ها و نمودارهایی را در بر دارد که نیاز به دقت بیشتر ابعاد بزرگ‌تر و یا تهیه رونوشت برای تمرین و حل مسئله‌ها دارند.

بازگرداندگان این کتاب، بر خود لازم می‌دانند که مراتب تشکر و قدردانی را از همه‌ی عزیزانی که در چاپ این اثر ایفای نقش کرده‌اند، ابراز دارند. از این رو کمال تشکر را از اساتید ارجمند آقایان دکتر کمال عرب‌زاد، دکتر سید مجتبی زبرجد و دکتر خلیل‌الله قیصری بابت بردباری و دقت نظر در داوری این کتاب، دکتر عظیم جباری بابت ویراستاری ادبی روان و کارآمد و همچنین از معاونت پژوهشی دانشکده مهندسی و مرکز نشر دانشگاه شیراز برای همکاری‌های صمیمانه و بی‌شائبه‌ی ایشان دارند.

در پایان، این اثر به اساتید دانش‌پژوهان و پژوهشگران رشته‌های مهندسی (به ویژه مهندسی مواد و مهندسی مکانیک) بی هیچ ادعای پیش‌گشایی می‌شود. امید است که پس از مطالعه، احساس تضییع وقت ننمایند.

دکتر سیروس جوادپور - مهندس سعید کریمی

بهار ۱۳۹۱

فهرست مطالب

فصل ۱- مقدمه و معرفی	۱
۱-۱- مقدمه و کلیات	۲
۲-۱- نقش مواد در طراحی	۲
۳-۱- سیر تکاملی مواد مهندسی	۴
۴-۱- مطالعه‌ی موردی: سیر تکاملی مواد مورد استفاده در ساخت جارو برقی	۷
۱- خلاصه و نتایج	۱۰
۶-۱- مطالعات بیشتر	۱۰
فصل ۲- فرایند طراحی	۱۳
۱-۲- مقدمه و کلیات	۱۴
۲-۲- فرایند طراحی	۱۴
۳-۲- انواع طراحی	۱۹
۴-۲- ابزارهای طراحی و داده‌های مورد نیاز	۲۰
۵-۲- عملکرد، ماده، شکل و فرایند	۲۳
۶-۲- مطالعه‌ی موردی: وسیله‌ای برای باز کردن چوب‌پنبه‌ی بطری	۲۴
۷-۲- خلاصه و نتایج	۲۹
۸-۲- مطالعات بیشتر	۳۰
فصل ۳- مواد مهندسی و خواص آن‌ها	۳۳
۱-۳- مقدمه و کلیات	۳۴
۲-۳- خانواده‌های مواد مهندسی	۳۴
۳-۳- تعاریف خواص مواد	۳۸
۴-۳- خلاصه و نتایج	۵۴
۵-۳- مطالعات بیشتر	۵۵
فصل ۴- نمودارهای خاصیت ماده	۵۷
۱-۴- مقدمه و کلیات	۵۸
۲-۴- کاوش در خواص ماده	۵۸
۳-۴- نمودارهای خاصیت ماده	۶۱

۹۳.....	۴-۴- خلاصه و نتایج
۹۴.....	۵-۴- مطالعات بیشتر
۹۵.....	فصل ۵- مبانی اولیه‌ی انتخاب مواد
۹۶.....	۱-۵- مقدمه و کلیات
۹۷.....	۲-۵- استراتژی انتخاب
۱۰۱.....	۳-۵- محدوده‌های خاصیت و شاخص‌های ماده
۱۱۲.....	۴-۵- روند انتخاب
۱۱۷.....	۵-۵- انتخاب به کمک رایانه
۱۲۰.....	۶-۵- شاخص‌ها
۱۲۱.....	۷-۵- خلاصه و نتیجه
۱۲۳.....	۸-۵- مطالعات بیشتر
۱۲۵.....	فصل ۶- مطالعات موردی انتخاب مواد
۱۲۶.....	۱-۶- مقدمه و کلیات
۱۲۶.....	۲-۶- موادی برای ساخت پاروها
۱۳۱.....	۳-۶- آینه‌های تلسکوپ‌های بزرگ
۱۳۶.....	۴-۶- موادی برای ساخت پایه‌های میز
۱۴۰.....	۵-۶- قیمت: مواد مورد استفاده در سازه‌های ساختمان
۱۴۵.....	۶-۶- موادی برای ساخت چرخ طیارها
۱۵۰.....	۷-۶- موادی برای ساخت فنرها
۱۵۶.....	۸-۶- موادی برای ساخت لولاها و کوپل کننده‌های کشش
۱۵۹.....	۹-۶- مواد درزبندی
۱۶۲.....	۱۰-۶- طراحی محدود شده با خمش به وسیله‌ی پلیمرهای تُرد
۱۶۷.....	۱۱-۶- مخازن تحت فشار با ایمنی بالا
۱۷۲.....	۱۲-۶- مواد سفت و با قابلیت میرایی بالا برای ساخت میزهای لرزان
۱۷۶.....	۱۳-۶- عایق‌بندی محفظه‌های حفظ دما در مدت زمان محدود
۱۸۰.....	۱۴-۶- دیواره‌های با بازدهی انرژی بالا برای کوره
۱۸۴.....	۱۵-۶- موادی برای گرمایش خورشیدی غیرفعال
۱۸۷.....	۱۶-۶- موادی برای حداقل‌سازی اعوجاج حرارتی در ابزارهای دقیق
۱۹۱.....	۱۷-۶- یاتاقان‌های نایلونی برای ساخت سکان کشتی‌ها
۱۹۴.....	۱۸-۶- موادی برای ساخت مبدل‌های حرارتی

۱۹-۶- موادى براى ساخت دماغه‌ها يا محافظ آنتن.....	۲۰۰
۲۰-۶- خلاصه و نتايج.....	۲۰۵
۲۱-۶- مطالعات بيشتر.....	۲۰۵

فصل ۷- فرايندها و انتخاب فرايند..... ۲۰۷

۱-۷- مقدمه و كليات.....	۲۰۸
۲-۷- طبقه‌بندي فرايندها.....	۲۰۹
۳-۷- فرايندها: شكل‌دهى، اتصال‌دهى و عمليات تكميلى.....	۲۱۲
۴-۷- روش اصولى انتخاب فرايند.....	۲۳۰
۵-۷- تبه‌بندي فرايندها.....	۲۳۹
۶-۷- انتخاب فرايندها به كمك رايانه.....	۲۴۷
۷-۷- اطلاعات بنيادى.....	۲۵۳
۸-۷- خلاصه و نتايج.....	۲۵۳
۹-۷- مطالعات بيشتر.....	۲۵۴

فصل ۸- مطالعات موردى: انتخاب فرايند..... ۲۵۷

۱-۸- مقدمه و كليات.....	۲۵۸
۲-۸- شكل‌دهى يك پروانه.....	۲۵۸
۳-۸- ساخت يك مخزن تحت فشار.....	۲۶۱
۴-۸- يك ميز نورى.....	۲۶۶
۵-۸- ريخته‌گرى مقرون به صرفه.....	۲۷۰
۶-۸- انتخاب به كمك رايانه: يك پوسته‌ى منيفولد.....	۲۷۳
۷-۸- انتخاب به كمك رايانه: عايق شمع موتور.....	۲۷۶
۸-۸- خلاصه و نتايج.....	۲۷۹

فصل ۹- محدوديت‌ها و اهداف چنگانه..... ۲۸۱

۱-۹- مقدمه و كليات.....	۲۸۲
۲-۹- انتخاب با وجود محدوديت‌هاى چنگانه.....	۲۸۴
۳-۹- اهداف ناسازگار، توابع جريمه و ثابت‌هاى تبادلى.....	۲۸۹
۴-۹- خلاصه و نتايج.....	۳۰۰
۵-۹- پيوست: روش‌هاى مرسوم بررسى محدوديت‌ها و خواص چنگانه.....	۳۰۰
۶-۹- مطالعات بيشتر.....	۳۰۵

فصل ۱۰- مطالعات موردی: محدودیت‌های چندگانه و اهداف ناسازگار ۳۰۷

۱-۱۰- مقدمه و کلیات ۳۰۸

۲-۱۰- محدودیت‌های چندگانه: دسته پیستون موتورهای با کارایی بالا ۳۰۸

۳-۱۰- محدودیت‌های چندگانه: سیم‌پیچ‌هایی برای مغناطیس‌های با میدان قوی ۳۱۳

۴-۱۰- اهداف ناسازگار: قاب یک پخش کننده‌ی لوح فشرده‌ی کوچک ۳۲۱

۵-۱۰- اهداف ناسازگار: موادی برای ساخت یک فک ترمز دیسکی ۳۲۶

۶-۱۰- خلاصه و نتایج ۳۳۱

فصل ۱۱- انتخاب ماده و شکل ۳۳۳

۱-۱۱- مقدمه و کلیات ۳۳۴

۲-۱۱- فن‌ورهای شکل ۳۳۶

۳-۱۱- فاکتورهای انتخاب میکروسکوپی و میکروساختار ۳۴۶

۴-۱۱- حدود بارهای شکل ۳۵۲

۵-۱۱- بررسی و مقایسه‌ی متابع‌سازهای ۳۵۷

۶-۱۱- شاخص‌های ماده‌ای که سازگار نیست در بر می‌گیرند ۳۶۱

۷-۱۱- انتخاب هم‌زمان ماده و شکل ۳۶۴

۸-۱۱- خلاصه و نتایج ۳۶۷

۹-۱۱- مطالعات بیشتر ۳۶۹

فصل ۱۲- مطالعات موردی: انتخاب ماده و شکل ۳۷۱

۱-۱۲- مقدمه و کلیات ۳۷۲

۲-۱۲- تیر بال هواپیماهایی که با نیروی انسانی کار می‌کنند ۳۷۳

۳-۱۲- فنرهای با بازدهی بسیار بالا ۳۷۷

۴-۱۲- دوشاخه‌ی یک دوچرخه‌ی مسابقه ۳۸۱

۵-۱۲- تیرهای سقف: چوب، خیزران یا فولاد؟ ۳۸۴

۶-۱۲- افزایش سفتی ورق فولادی ۳۸۸

۷-۱۲- پایه‌های میز: نازک یا سبک؟ ۳۹۱

۸-۱۲- آشکال انعطاف‌پذیر: ساختارهای لایه‌ای و رشته‌ای ۳۹۳

۹-۱۲- خلاصه و نتایج ۳۹۵

فصل ۱۳- طراحی مواد هیبریدی ۳۹۷

۱-۱۳- مقدمه و کلیات ۳۹۸

۲-۱۳- پُر کردن جاهای خالی در فضای ماده- خاصیت ۴۰۳

۴۰۵.....	۳-۱۳- روش: "A + B + پیکربندی + مقیاس"
۴۰۸.....	۴-۱۳- مواد مرکب: هیبریدهای نوع ۱
۴۲۰.....	۵-۱۳- ساختارهای ساندویچی: هیبریدهای نوع ۲
۴۲۶.....	۶-۱۳- شبکه‌ها: هیبریدهای نوع ۳
۴۳۴.....	۷-۱۳- ساختارهای مقطع: هیبریدهای نوع ۴
۴۴۱.....	۸-۱۳- خلاصه و نتایج
۴۴۱.....	۳- مطالعات بیشتر
۴۴۳.....	فصل ۱۴ مطالعات موردی: هیبرید
۴۴۴.....	۱-۱۴- مقدمه و کلیات
۴۴۴.....	۲-۱۴- طراحی مواد مرکب زمینه‌ی فلزی
۴۴۶.....	۳-۱۴- جداره‌ی پلی‌ایتن
۴۴۹.....	۴-۱۴- بسته‌هایی که پیش خود را حفظ می‌کنند
۴۵۲.....	۵-۱۴- حد نهایی ترکیب ساندویچی و الکتریکی
۴۵۵.....	۶-۱۴- موادی برای ساخت سازه‌ی مساف در برابر عبور میکروویو
۴۵۷.....	۷-۱۴- بهره‌گیری از ناهمسانگرد: سد پخش حرارت
۴۶۰.....	۸-۱۴- بازدهی مکانیکی مواد طبیعی
۴۶۶.....	۹-۱۴- مطالعات بیشتر: مواد طبیعی
۴۶۷.....	فصل ۱۵- منابع اطلاعاتی و علمی برای طراحی
۴۶۸.....	۱-۱۵- مقدمه و کلیات
۴۶۹.....	۲-۱۵- اطلاعات مربوط به مواد و فرایندها
۴۷۴.....	۳-۱۵- اطلاعات مورد نیاز برای غربال‌سازی: ساختارها و منابع
۴۷۶.....	۴-۱۵- اطلاعات پشتیبانی: ساختارها و منابع
۴۷۹.....	۵-۱۵- روش‌های چک کردن و تخمین داده
۴۸۳.....	۶-۱۵- خلاصه و نتایج
۴۸۵.....	۷-۱۵- مطالعات بیشتر
۴۸۷.....	فصل ۱۶- مواد و محیط زیست
۴۸۸.....	۱-۱۶- مقدمه و کلیات
۴۸۸.....	۲-۱۶- چرخه‌ی عمر مواد
۴۹۰.....	۳-۱۶- سیستم‌های مصرف‌کننده‌ی ماده و انرژی
۴۹۳.....	۴-۱۶- خصوصیات زیست محیطی مواد

۴۹۸.....	۵-۱۶- انتخاب زیست محیطی.....
۵۰۵.....	۶-۱۶- مطالعات موردی: ظروف نوشیدنی و حفاظ‌های مانع از تصادف رانندگی.....
۵۰۸.....	۷-۱۶- خلاصه و نتایج.....
۵۰۹.....	۸-۱۶- مطالعات بیشتر.....

فصل ۱۷- مواد و طراحی صنعتی..... ۵۱۱.....

۵۱۲.....	۱-۱۷- مقدمه و کلیات.....
۵۱۳.....	۲-۱۷- هرم نیازمندی‌ها.....
۵۱۵.....	۳-۱۷- خصوصیت یا شخصیت محصول.....
۵۱۸.....	۴-۱۷- به کارگیری مواد و فرایندها برای هویت بخشیدن به محصول.....
۵۲۹.....	۵-۱۷- خلاصه و نتایج.....
۵۳۰.....	۶-۱۷- مطالعات بیشتر.....

فصل ۱۸- اجبارهایی برای تغییر..... ۵۳۳.....

۵۳۴.....	۱-۱۸- مقدمه و کلیات.....
۵۳۴.....	۲-۱۸- کشش بازار و فشار دانش.....
۵۴۱.....	۳-۱۸- رشد جمعیت و ثروت هم‌اکنون.....
۵۴۲.....	۴-۱۸- اطمینان از کالا و خدمات پس از فروش.....
۵۴۳.....	۵-۱۸- کوچک‌سازی و قابلیت کارکرد چندمنظوره.....
۵۴۵.....	۶-۱۸- ملاحظات محیطی و فردی.....
۵۴۷.....	۷-۱۸- خلاصه و نتایج.....
۵۴۸.....	۸-۱۸- مطالعات بیشتر.....

پیوست A- راه‌حل‌های مفید برای مسئله‌های استاندارد..... ۵۴۹.....

۵۵۲.....	A.1: معادلات حاکم بر عکس‌العمل مکانیکی.....
۵۵۴.....	A.2: ممان‌های مقاطع.....
۵۵۶.....	A.3: خمش کشسان تیرها.....
۵۵۸.....	A.4: واماندگی تیرها و پانل‌ها.....
۵۶۰.....	A.5: کماتش ستون‌ها، صفحات و پوسته‌ها.....
۵۶۲.....	A.6: پیچش محورها.....
۵۶۴.....	A.7: دیسک‌های ثابت و چرخان.....
۵۶۶.....	A.8: تنش‌های تماسی.....
۵۶۸.....	A.9: تخمین‌هایی برای تمرکز تنش‌ها.....

- ۵۷۰.....A.10: ترک‌های نوک‌تیز
- ۵۷۲.....A.11: مخازن تحت فشار
- ۵۷۴.....A.12: تیرها، لوله‌ها و دیسک‌های مرتعش
- ۵۷۶.....A.13: خزش و شکست خزشی
- ۵۷۸.....A.14: انتقال حرارت و ماده
- ۵۸۰.....A.15: راه‌حلی برای معادلات نفوذ
- ۵۸۲.....A.16: مصدعات بیشتر

پیوست ۱- شاخص‌های ماده ۵۸۵

- ۵۸۶.....B.1: مقدمه
- ۵۸۶.....B.2: کاربردهای شاخص‌های ماده

پیوست C- داده‌ها و اسامی مواد مهندسی ۵۹۳

- ۵۹۴.....C.1: اسامی و کاربردها: فولادها
- ۵۹۵.....C.2: اسامی و کاربردها: پلیمرها و فایبرها
- ۵۹۷.....C.3: اسامی و کاربردها: مواد مرکب، آلیاژها، شیشه‌ها و مواد طبیعی
- ۵۹۸.....C.4: دمای ذوب و دمای انتقال شیشه‌ای
- ۶۰۰.....C.5: چگالی
- ۶۰۲.....C.6: مدول ینگ
- ۶۰۴.....C.7: استحکام تسلیم و استحکام کششی
- ۶۰۷.....C.8: چقرمگی شکست در حالت کرنش صفحه‌ای
- ۶۰۹.....C.9: رسانش حرارتی
- ۶۱۱.....C.10: انبساط حرارتی
- ۶۱۳.....C.11: مقادیر تقریبی انرژی مورد نیاز برای تولید و CO_2 متصاعد شده
- ۶۱۶.....C.12: میزان مقاومت به محیط پیرامون

پیوست D- منابع اطلاعاتی و علمی مواد و فرایندها ۶۱۹

- ۶۲۰.....D.1: مقدمه
- ۶۲۰.....D.2: منابع اطلاعاتی مواد
- ۶۴۴.....D.3: اطلاعاتی فرایندهای ساخت و تولید
- ۶۴۵.....D.4: نرم‌افزارهای پایگاه‌های داده و سیستم‌های تخصصی
- ۶۴۷.....D.5: دیگر سایت‌های اینترنتی مفید
- ۶۴۷.....D.6: فهرست تأمین‌کننده‌ها، سازمان‌های دولتی، استانداردها و انجمن‌های تخصصی

پیوست E- تمرین‌ها.....	۶۵۱
E.1: مقدمه‌ای بر تمرین‌ها.....	۶۵۲
E.2: خلق مفاهیم.....	۶۵۳
E.3: استفاده از نمودارهای انتخاب مواد.....	۶۵۴
E.4: بازگردانی: محدودیت‌ها و اهداف.....	۶۵۸
E.5: شیوه‌ی به دست آوردن و استفاده از شاخص‌های ماده.....	۶۶۲
E.6: انتخاب فرایندها.....	۶۷۴
E.7: محدودیت‌ها و اهداف چندگانه.....	۶۸۰
E.8: انتخاب ماده و شکل.....	۶۹۰
E.9: مواد پیریدین.....	۶۹۹
واژه‌نامه و واژه‌های فارسی به انگلیسی.....	۷۰۵
واژه‌نامه و واژه‌های انگلیسی به فارسی.....	۷۲۵