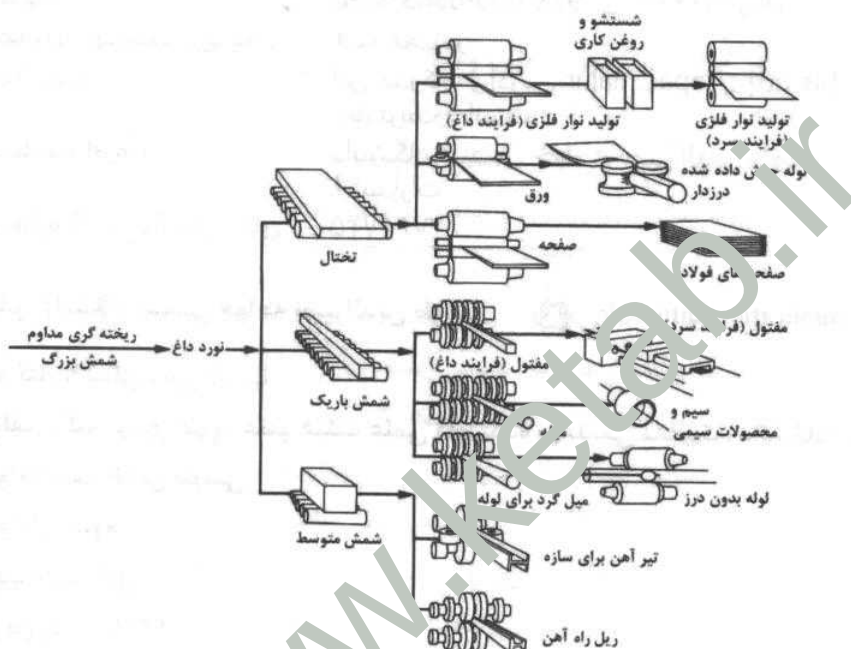


شکل دهی فلزات

ویرایش سوم



مؤلف:

دکتر مهدی ظهور

دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اسفند ماه ۱۳۹۳

انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

سزشناسه : ظهور، مهدی، ۱۳۳۷ -
 عنوان و نام پدیدآور : شکل دهی فلزات/ مؤلف مهدی ظهور.
 وضعیت ویراست : [ویراست ۳].
 مشخصات نشر : تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین
 طوسی، انتشارات، ۱۳۹۳.
 مشخصات ظاهری : ۳۴۸ ص.: مصور، جدول، نمودار .
 شابک : 978-600-6383-95-8 ۱۹۰۰۰۰ ریال
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا مختصر
 یادداشت : این مدرک در آدرس <http://opac.nlai.ir> قابل
 دسترسی است.
 شناسه افزوده : دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی-
 انتشارات
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۷۶۶۷۴۵

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

نام کتاب: شکل دهی فلزات
 مؤلف: دکتر مهدی ظهور عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی
 خواجه نصیرالدین طوسی

ویرایش: سوم

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: ۱۳۹۴

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۱۹۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۳۸۱

ISBN 978-600-6383-95-8

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۸۳-۹۵-۸

طرح روی جلد: سروش ظهور

صحافی: گرنامی

لیتوگرافی: دیرین نگار

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)

به نام خدا

پیشگفتار

تکنولوژی ساخت و تولید، پایه و اساس اقتصاد یک کشور صنعتی را تشکیل می‌دهد و استاندارد زندگی مردم هر کشور صنعتی، وابسته به سطح تکنولوژی آن کشور است. همچنین استقلال و آزادی هر ملت، تابع پیشرفت علم و دانش و به کار گرفتن آن در صنعت در جهت خود کفائی می‌باشد. انتقال اطلاعات به صورت تدریس یا تدوین می‌تواند سرزشت یک ملت را عوض کند و آنها را به سمت تکامل پیش ببرد. این هدفی است که ما به دنبال آن هستیم.

کتاب شکل‌دهی فلزات، اساس طبقه‌بندی توضیح داده شده در فصل‌های چهارم و چهاردهم و همچنین به نام و سبب اصلی دروس (مصوبه وزارت علوم، تحقیقات و فناوری) نوشته شده است و برای رشته‌های مهندسی مکانیک، مهندسی صنایع، مهندسی خودرو، مهندسی هوافضا و سایر رشته‌های مرتبط با آن، برای هر سه مقطع تحصیلی (کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا) بسیار مفید می‌باشد. دانشجویانی که دروس شکل‌دهی فلزات، تغییر شکل فلزات، روشهای تولید، تکنولوژی تولید قطعات اجسام پرنده و اصول فرایندهای تولید اجسام پرنده را می‌خوانند از این کتاب می‌توانند به عنوان یک مرجع استفاده کنند. برای شرکت در آزمون‌های کارشناسی ارشد، دکترا و همچنین المپیاد نیز کاربرد دارد. توصیه من به اعضای هیئت علمی، دانشجویان، فارغ التحصیلان، محققان، صنعتگران، مهندسان شاغل در صنایع خودروسازی، هواپیماسازی، کشتی‌سازی، موتور سیکلت‌سازی، دوجرخه‌سازی و لوازم خانگی و سایر علاقه‌مندان به موضوع شکل‌دهی فلزات این است که این کتاب را مطالعه نمایند. علی‌رغم سعی و کوششی که در جهت رفع نواقص بعمل آمده است، باز هم ممکن است خوانندگان عزیز به اشتباهاتی پی ببرند که از قلم افتاده باشد. لذا از خوانندگان محترم خواهشمندم در صورت مشاهده هر گونه اشتباه یا تمایل به اظهار نظر و پیشنهاد در جهت ارتقای این کتاب در چاپ بعدی، اینجانب را مستفیض نمایند.

این کتاب ویرایش سوم کتاب شکل‌دهی فلزات می‌باشد که در آن اصلاحات و تجدید نظر اساسی صورت گرفته و شامل چهار بخش (چهارده فصل) است. بخش یک، اصول مقدماتی نام دارد که در چهار فصل نوشته شده است. بخش دوم، تحت عنوان فرایندهای تغییر شکل حجمی نام گرفته و چهار فصل دارد. بخش سوم، به عنوان فرایندهای تغییر شکل ورق فلزی مطرح شده و دارای چهار فصل می‌باشد. بخش چهارم، در ارتباط با سایر روشهای شکل‌دهی فلزات تدوین شده است و دارای دو فصل می‌باشد. علاقمندان به شکل‌دهی از طریق روشهای دیگر، به کتاب فناوری و روشهای تولید و کتاب اتوماسیون و فرایندهای ساخت، چاپ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی که توسط همین مؤلف نوشته شده است مراجعه نمایند.

با تشکر

مهدی ظهور

اسفند ماه ۱۳۹۳

دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

فهرست مطالب

۱۱	بخش اول: اصول مقدماتی
۱۳	فصل اول: معیارهای تسلیم
۱۵	۱-۱ مقدمه
۱۵	۲-۱ تئوری اول - تئوری تنش اصلی ماکزیمم
۱۶	۳-۱ تئوری دوم - تئوری تنش برشی ماکزیمم (معیار ترسکا)
۱۸	۴-۱ تئوری سوم - تئوری کرنش اصلی ماکزیمم
۱۹	۵-۱ تئوری چهارم - تئوری جریان کرنش ماکزیمم در واحد حجم
۱۹	۶-۱ تئوری پنجم - تئوری کرنش برشی ماکزیمم در واحد حجم (تئوری انرژی اعوجاج یا تابش)
۲۸	۷-۱ تئوری ششم - تئوری تنش برشی - صلاح شده مور برای مواد ترد (تئوری اصطکاک داخلی)
۳۴	۸-۱ تمرین
۳۷	فصل دوم: اصول تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته
۳۹	۱-۲ مقدمه
۳۹	۲-۲ کرنش حقیقی و کرنش مهندسی
۴۲	۳-۲ تنش حقیقی و تنش مهندسی
۴۳	۴-۲ منحنی جریان
۴۸	۵-۲ معادلات تجربی برای منحنی جریان
۴۸	۱-۵-۲ قانون توان (معادله هولومون)
۵۰	۲-۵-۲ معادله لادویک
۵۱	۳-۵-۲ تقریب منحنی تنش-کرنش

۵۲	۶-۲ روابط تنش- کرنش الاستیک و پلاستیک
۵۳	۱-۶-۲ معادلات لوی- مایسز (جامد پلاستیک ایده آل)
۵۷	۲-۶-۲ معادلات پراندل- ریوس (الاستیک-پلاستیک جامد)
۶۰	۷-۲ مدل های مواد
۶۰	۱-۷-۲ مدل جانسون و کوک
۶۶	۸-۲ تمرین

فصل سوم: اصطکاک و روانسازی

۷۱	۱-۳ مقدمه
۷۳	۲-۳ تئوری پسبندی اصطکاک
۷۳	۳-۳ اصطکاک در تغییر شکل فلزات
۷۴	۱-۳-۳ ضریب اصطکاک کاس
۷۵	۲-۳-۳ اندازه گیری اصطکاک
۷۹	۴-۳ روانسازی در تغییر شکل فلزات
۸۱	۱-۴-۳ فرایندهای نورد
۸۲	۲-۴-۳ فرایندهای کشش سیم
۸۲	۳-۴-۳ فرایندهای فورجینگ
۸۲	۴-۴-۳ فرایندهای اکستروژن
۸۴	۵-۳ تمرین

فصل چهارم: فرایندهای تغییر شکل فلزات

۸۹	۱-۴ مقدمه
۹۱	۲-۴ طبقه بندی فرایندهای تغییر شکل فلزات
۹۱	۱-۲-۴ طبقه بندی بر اساس دما
۹۳	۲-۲-۴ طبقه بندی بر اساس اندازه و شکل قطعه
۹۳	۱-۲-۲-۴ فرایندهای تغییر شکل حجمی

- ۹۳ ۲-۲-۲-۴ فرایندهای تغییر شکل ورق فلزی
- ۹۴ ۳-۲-۴ طبقه بندی بر اساس نوع نیروهای به کار رفته
- ۹۶ ۴-۲-۴ طبقه بندی بر اساس نوع فرایند
- ۹۷ ۳-۴ دما در تغییر شکل فلزات
- ۹۷ ۱-۳-۴ داغ کاری
- ۹۹ ۲-۳-۴ گرم کاری
- ۱۰۰ ۳-۳-۴ برد کاری
- ۱۰۱ ۴-۳-۴ محاسبه دما در قطعه تغییر شکل یافته
- ۱۰۴ ۴-۴ تمرین

بخش دوم: فرایندهای تغییر شکل حجمی

فصل پنجم: آهنگری (فورجینگ)

- ۱۰۷ ۱-۵ مقدمه
- ۱۰۹ ۲-۵ طبقه بندی آهنگری بر اساس نوع قالب
- ۱۱۱ ۳-۵ آهنگری با قالبهای باز
- ۱۱۳ ۱-۳-۵ محاسبه نیرو، کار و توان، تحت شرایط ایده آل
- ۱۲۰ ۲-۳-۵ آنالیز آهنگری با اصطکاک
- ۱۳۳ ۴-۵ آهنگری با قالبهای بسته
- ۱۳۳ ۱-۴-۵ آهنگری با قالبهای بسته با پلیسه
- ۱۳۵ ۲-۴-۵ آهنگری با قالبهای بسته بدون پلیسه
- ۱۳۶ ۳-۴-۵ محاسبه نیروی آهنگری با قالبهای بسته
- ۱۳۹ ۵-۵ تجهیزات آهنگری
- ۱۳۹ ۱-۵-۵ چکش های آهنگری
- ۱۴۲ ۲-۵-۵ پرس های مکانیکی
- ۱۴۴ ۳-۵-۵ پرس های هیدرولیکی

۴-۵-۵ پرس‌های بیچی

۱۴۵

۵-۶ تمرین

۱۴۶

فصل ششم: اکستروژن

۱۵۹

۱-۶ مقدمه

۱۶۱

۲-۶ طبقه‌بندی فرایندهای اکستروژن

۱۶۲

۱-۲-۶ اکستروژن مستقیم

۱۶۲

۲-۲-۶ اکستروژن غیر مستقیم

۱۶۳

۳-۲-۶ اکستروژن درواستاتیک

۱۶۴

۴-۲-۶ اکستروژن ضربه‌ای

۱۶۴

۳-۶ مکانیک اکستروژن

۱۶۵

۱-۳-۶ اکستروژن مستقیم - فرایند سرد

۱۶۵

۲-۳-۶ اکستروژن مستقیم - فرایند داغ

۱۷۳

۴-۶ تمرین

۱۷۶

فصل هفتم: کشش میله و سیم

۱۸۳

۱-۷ مقدمه

۱۸۵

۲-۷ فرایند کشش میله و سیم

۱۸۵

۱-۲-۷ سرعت کشش

۱۸۷

۲-۲-۷ قالب کشش

۱۸۸

۳-۲-۷ مواد روانساز

۱۸۹

۴-۲-۷ محدودیت‌های فرایند کشش

۱۹۰

۳-۷ مکانیک کشش میله و سیم

۱۹۱

۱-۳-۷ مکانیک کشش - فرایند سرد

۱۹۲

۲-۳-۷ مکانیک کشش - فرایند داغ

۲۰۳

۲۰۴

۴-۷ تمرین

۲۰۹

فصل هشتم: نورد

۲۱۱

۱-۸ مقدمه

۲۱۳

۲-۸ فرایندهای نورد

۲۱۵

۳-۸ مکانیک فرایند نورد صاف

۲۱۹

۱-۳-۸ محاسبه نیرو، گشتاور و توان برای نورد سرد

۲۲۴

۲-۳-۸ محاسبه نیرو، گشتاور و توان برای نورد داغ

۲۲۵

۳-۳-۸ محدودیت فرایند نورد

۲۲۷

۴-۸ تمرین

۲۳۵

بخش سوم: فرایندهای نورد ورق فلزی

۲۳۷

فصل نهم: برشکاری

۲۳۹

۱-۹ مقدمه

۲۴۱

۲-۹ فرایند برشکاری

۲۴۳

۳-۹ قالبهای برشی

۲۴۴

۱-۳-۹ شکل سنبه و قالب

۲۴۵

۲-۳-۹ قالبهای مرکب

۲۴۵

۳-۳-۹ قالبهای انتقالی

۲۴۶

۴-۳-۹ قالبهای پیش رونده

۲۴۷

۴-۹ محاسبه نیروی برشی

۲۵۰

۵-۹ تمرین

فصل دهم: خمکاری

۲۵۵

۱-۱۰ مقدمه

۲۵۷

۲-۱۰ تئوری خمکاری

۲۵۷

۱-۲-۱۰ شعاع خم مینیمم

۲۵۹

۳-۱۰ فرایند خمکاری

۲۶۲

۱-۳-۱۰ انواع خمکاری

۲۶۲

۲-۳-۱۰ پرس خمکاری

۲۶۳

۴-۱۰ محاسبه نیرو در خمکاری

۲۶۳

۵-۱۰ برش فنی

۲۶۶

۱-۵-۱۰ حذف برش فنی

۲۶۸

۶-۱۰ تمرین

۲۷۰

فصل یازدهم: شکل دهی کششی

۲۷۳

۱-۱۱ مقدمه

۲۷۵

۲-۱۱ فرایند شکل دهی کششی

۲۷۵

۳-۱۱ محاسبه نیروی کشش

۲۷۶

۴-۱۱ تمرین

۲۷۹

فصل دوازدهم: کشش عمیق

۲۸۳

۱-۱۲ مقدمه

۲۸۵

۲-۱۲ فرایند کشش عمیق سنتی

۲۸۵

۳-۱۲ محاسبه نیروی سنبه

۲۸۸

۴-۱۲ قابلیت کشش عمیق (نسبت جد کشش)

۲۹۴

۵-۱۲ روش محاسبه اندازه بلنک (گرده)

۲۹۸

۵-۱۲ کشش عمیق هیدروفرمینگ

۳۰۲

۶-۱۲ کشش عمیق هیدرومکانیکی

۳۰۴

بخش چهارم: سایر روشهای شکل‌دهی فلزات

فصل سیزدهم: فرایندهای شکل‌دهی متفرقه

- ۳۱۷ ۱-۱۳ فرایندهای آهن‌گری متفرقه
- ۳۱۷ ۱-۱-۱۳ بکه‌زنی
- ۳۱۸ ۱-۱۳-۲ بکه‌زنی
- ۳۱۸ ۱-۱۳-۳ سوراخ‌کاری با سنبه
- ۳۱۹ ۱-۱۳-۴ ایجاد سوراخ با سنبه
- ۳۲۰ ۱-۱۳-۵ سنبه‌کوبی
- ۳۲۰ ۱-۱۳-۶ آهن‌گری غلتشی
- ۳۲۱ ۱-۱۳-۷ آهن‌گری غلتشی مایل
- ۳۲۲ ۱-۱۳-۸ آهن‌گری شعاعی
- ۳۲۳ ۲-۱۳ فرایندهای شکل‌دهی چرخشی
- ۳۲۴ ۱-۲-۱۳ فرایند شکل‌دهی چرخشی سنتی
- ۳۲۵ ۲-۲-۱۳ فرایند شکل‌دهی چرخشی برشی
- ۳۲۶ ۳-۲-۱۳ فرایند شکل‌دهی چرخشی لوله
- ۳۲۸ ۳-۱۳ شکل‌دهی با نرخ انرژي بالا
- ۳۲۸ ۱-۳-۱۳ شکل‌دهی انفجاری
- ۳۳۲ ۲-۳-۱۳ شکل‌دهی الکتروهیدرولیک
- ۳۳۳ ۳-۳-۱۳ شکل‌دهی الکترومگنتیک (پالس مغناطیسی)
- ۳۳۵ ۴-۱۳ تمرین

فصل چهاردهم: شکل‌دهی از طریق سایر روشها

۳۳۹	۲-۱۴ فرایندهای تغییر شکل پلاستیک
۳۳۹	۳-۱۴ سایر روشهای شکل دهی

۳۴۱

فهرست مراجع

www.ketab.ir