



علم متالورژی پودر

چاپ چهارم - ویراست دوم

رندال ام. جرمن

ترجمه:

دکتر مجتبی ناصریان ریابی
عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
دکتر علی حائریان اردکانی
استاد دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه	جرمن، رندال ام، ۱۹۴۶ م. - German, Randall M.
عنوان و نام پدیدآور	علم متالورژی پودر/ رندال ام. جرمن؛ ترجمه مجتبی ناصران ریایی، علی حائریان اردکانی.
مشخصات نشر	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	۵۱۲ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات؛ ۴۵۲.
شابک	978-964-386-108-7
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	عنوان اصلی: Powder metallurgy science, 2nd ed, c1994.
یادداشت	چاپ چهارم.
یادداشت	کتاب حاضر نخستین بار تحت عنوان «متالورژی پودر» توسط نشر میعاد در سال ۱۳۷۵ منتشر شده است.
عنوان دیگر	متالورژی پودر.
موضوع	متالورژی گر دفلز.
موضوع	Powder metallurgy
شناسه افزوده	ناصریان ریایی، مجتبی، ۱۳۲۲ - مترجم.
شناسه افزوده	حائریان اردکانی، علی، ۱۳۲۵ - مترجم.
شناسه افزوده	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده بندی کنگره	TN۶۹۵
رده بندی دیویی	۶۷۱/۳۷
شماره کتابشناسی ملی	۵۸۹۵۱۵۹

علم متالورژی پودر (ویراست دوم)

پدیدآورنده: رندال ام. جرمن
ترجمه: دکتر مجتبی ناصران ریایی؛ دکتر علی حائریان اردکانی
ویراستار ادبی: هانیبه اسدپور فعال مشهد
مشخصات: وزیری، ۲۵۰ نسخه، چاپ چهارم، زمستان ۱۳۹۸ (دوم، ۱۳۸۷)
چاپ و صحافی: چاپخانه آستان قدس رضوی
بها: ۷۵۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،
شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir



انتشارات
۴۵۲

فهرست مطالب

۱۴	مقدمه مؤلف
۱۷	معرفی مؤلف
۱۹	ثابت‌ها و ضریب‌های تبدیل در سیستم واحدهای بین‌المللی
۲۲	پیشگفتار مترجم
۲۳	فصل ۱- آشنایی با متالورژی پودر
۲۳	پیشگفتار
۲۴	تعریف‌ها
۲۷	تاریخچه مختصر متالورژی
۲۹	دلایل استفاده از روش متالورژی پودر
۲۹	آینده متالورژی پودر
۳۲	منابع پیشنهادی
۳۲	سؤال‌ها
۳۵	فصل ۲- ویژگی‌های پودر مواد
۳۵	مفاهیم
۳۸	نمونه‌گیری و پخش کردن پودر
۴۱	اندازه دانه
۴۳	روش‌های اندازه‌گیری
۴۳	روش‌های میکروسکوپی
۴۵	الک کردن
۴۷	روش ته‌نشین‌سازی
۵۱	پراکندن نور
۵۵	روش حس ناحیه برقی

۵۷	 بستن مسیر نور
۵۸	 روش های مبتنی بر پرتو ایکس
۵۹	 مقایسه روش های تحلیل اندازه دانه
۶۰	 داده های مربوط به اندازه دانه ها
۶۳	 مبانی رسم منحنی ها
۶۴	 توزیع های متداول
۶۴	 توزیع لگاریتمی نرمال
۶۸	 انواع دیگر توزیع های اندازه
۶۹	 مشکلات تحلیل اندازه دانه ها
۷۰	 شکل دانه ها
۷۲	 تحلیل مساحت رویه پودر
۷۳	 روش جذب سطحی
۷۵	 تحلیل مساحت رویه به روش تراوایی گاز
۷۷	 مساحت رویه پودر به عنوان معیاری از شکل
۷۷	 اصطکاک بین دانه ای
۸۱	 قابلیت تراکم (فشارپذیری)
۸۲	 ساختار پودر
۸۴	 ویژگی های شیمیایی (طبقه بندی شیمیایی)
۸۵	 حد کمیته عوامل مشخص کننده پودر
۸۷	 منابع پیشنهادی
۸۸	 سؤال ها

۹۱	 فصل ۳- تولید پودر
۹۱	 روش های پایه
۹۲	 روش های مکانیکی تولید پودر
۹۲	 ماشین کاری
۹۳	 آسیا کردن
۹۶	 دیگر روش های ضربه ای
۹۶	 آلیاژسازی مکانیکی
۹۸	 روش های الکترولیتی
۱۰۰	 روش های شیمیایی
۱۰۰	 تجزیه جامدات به کمک گازها

۱۰۴.....	تجزیه گرمایی.....
۱۰۵.....	ته نشینی از مایع.....
۱۰۶.....	ته نشین سازی از گازها.....
۱۰۷.....	سنتز فعال جامد از جامد.....
۱۰۸.....	روش های افشانش.....
۱۰۸.....	افشانش گازی.....
۱۱۵.....	افشانش آبی.....
۱۱۹.....	افشانش گریز از مرکز.....
۱۲۳.....	دیگر روش های افشانش.....
۱۲۵.....	محدودیت های افشانش.....
۱۲۷.....	روش های مناسب تولید پودر فلزات.....
۱۳۱.....	منابع پیشنهادی.....
۱۳۲.....	سؤال ها.....

فصل ۴- کنترل ریز ساختار پودر..... ۱۳۵

۱۳۵.....	آشنایی.....
۱۳۷.....	ریز ساختار پودر.....
۱۴۳.....	مفاهیم آلیاژ سازی.....
۱۴۴.....	سیستیک انجماد پودر.....
۱۴۵.....	اثرات اندازه دانه.....
۱۴۷.....	کاربرد نظریه هسته گذاری (جوانه زنی) در افشانش.....
۱۵۳.....	محدودیت های افشانش.....
۱۵۴.....	کاربردهای فراورده های ساخته شده از پودرهای انجماد سریع.....
۱۵۶.....	ساختارهای نانومقیاس.....
۱۵۹.....	خلاصه.....
۱۵۹.....	منابع پیشنهادی.....
۱۶۱.....	سؤال ها.....

فصل ۵- سازگار کردن پودر برای شکل دهی و استحکام بخشی..... ۱۶۳

۱۶۳.....	آماده سازی پودر.....
۱۶۳.....	اهداف.....
۱۶۵.....	تمهیدات ایمنی و بهداشت.....

۱۶۶	 کلوخه‌شکنی پودر
۱۶۹	 تغییر اندازه، شکل و خلوص دانه‌ها
۱۷۲	 تغییرات انباشت دانه‌ها
۱۷۴	 روش‌های بهبود انباشت
۱۷۷	 مخلوط‌سازی و به هم زدن مواد اولیه همگن
۱۷۷	 مفاهیم عمومی
۱۷۹	 مخلوط کردن پودرهای خشک
۱۸۱	 مخلوط‌سازی با همگیر و روان‌ساز
۱۸۲	 همگنی مخلوط
۱۸۴	 اندود کردن، ایجاد پیوند و کلوخه‌سازی پودر
۱۸۴	 دانه‌های مرگب
۱۸۶	 روان کاری پودر
۱۸۹	 کلوخه‌سازی پودر
۱۹۱	 خلاصه
۱۹۱	 منابع پیشنهادی
۱۹۳	 سؤال‌ها

۱۹۷	 فصل ۶- شکل دهی و فشردن
۱۹۷	 آشنایی
۱۹۸	 قالب‌گیری تزریقی
۱۹۸	 اصول فرایند
۲۰۱	 فرمولاسیون مخلوط پودر- همگیر
۲۰۲	 فرایند شکل دهی
۲۰۶	 عوامل فرایند
۲۰۷	 دیگر فراوری‌های با کمک همگیر
۲۰۷	 روش‌های دوغابی
۲۰۹	 روش‌های انجمادی
۲۰۹	 حدیده کاری
۲۱۰	 پدیده‌شناسی فشردن
۲۱۵	 روش‌های متعارف فشردن
۲۱۸	 مبانی نظری
۲۱۸	 مبانی فشردن

۲۲۱	پیوند بین دانه‌ای در حالت خام
۲۲۲	اهداف فشردن
۲۲۵	روابط پارامتری
۲۲۵	وابستگی چگالی خام به فشار شکل دهی
۲۲۷	تغییرات استحکام خام بر حسب چگالی
۲۲۹	تغییر استحکام خام بر حسب فشار شکل دهی
۲۲۹	تأثیر ویژگی‌های ماده و پودر
۲۳۳	فناوری فشردن
۲۳۳	فشارش
۲۳۳	روان سازی و بیرون اندازی
۲۳۴	طبقه بندی قطعات
۲۳۵	ملاحظات مربوط به انتخاب ابزار
۲۳۸	دیگر روش های فشردن
۲۳۹	طراحی ابزارهای شکل دهی
۲۴۰	چکیده روش های شکل دهی و فشردن
۲۴۱	منابع پیشنهادی
۲۴۳	سؤال ها
۲۴۷	فصل ۷- تف جوشی
۲۴۷	مبانی تف جوشی
۲۵۰	نظریه تف جوشی
۲۵۰	مفاهیم پایه
۲۵۴	مرحله نخست تف جوشی
۲۵۸	مرحله میانی تف جوشی
۲۶۰	مرحله پایانی
۲۶۴	تحلیل داده ها
۲۶۶	ساختار حفره ها در تف جوشی
۲۶۹	نمودارهای تف جوشی
۲۷۰	اثرات شکل دهی قطعه بر تف جوشی
۲۷۲	تف جوشی پودرهای مخلوط
۲۷۶	تف جوشی تشدید شده در فاز جامد
۲۷۶	پایدار سازی فاز

۲۷۷.....	تف جوشی فعال شده
۲۷۹.....	تف جوشی در فاز مایع
۲۸۰.....	چگالش
۲۸۴.....	درشت شدن
۲۸۶.....	فرایندهای مرتبط
۲۸۸.....	اتمسفرهای تف جوشی
۲۹۲.....	کوره های تف جوشی
۲۹۵.....	کارهای عملی تف جوشی
۲۹۹.....	خلاصه
۳۰۰.....	منابع پیشنهادی
۳۰۱.....	سؤال ها

۳۰۷.....	فصل ۸- چگالش کامل
۳۰۷.....	آشنایی
۳۰۹.....	آلیاژسازی یا چگالش
۳۱۲.....	امتیازها و عیب های چگالش کامل
۳۱۲.....	بهبود خواص
۳۱۴.....	فنون تف جوشی
۳۱۴.....	تف جوشی حالت جامد
۳۱۵.....	فنون تف جوشی فعال شده
۳۱۶.....	فلز خورانی
۳۱۸.....	اصول شکل دهی چگال
۳۲۲.....	فنون شکل دهی داغ
۳۲۲.....	فشردن داغ تک محوره
۳۲۴.....	فشردن ایزواستاتیک داغ
۳۲۷.....	آهنگری پودر
۳۳۲.....	شکل دهی ایزواستاتیک مجازی و دیگر روش های شکل دهی جدید
۳۳۳.....	حدیده کاری (روزن رانی) پودر
۳۳۵.....	روش های شکل دهی سرد
۳۳۵.....	نورد پودر
۳۳۶.....	آهنگری سرد
۳۳۷.....	شکل دهی انفجاری و دینامیکی

۳۳۸	شکل دهی پاششی
۳۳۸	پاشش مایع
۳۳۹	پاشیدن در پلاسما
۳۴۱	چکیده فصل
۳۴۲	منابع پیشنهادی
۳۴۴	سؤال‌ها

۳۴۷	فصل ۹- عملیات تمام کاری (پرداخت)
۳۴۷	پیشگفتار
۳۴۸	فشردن مجلد
۳۵۰	ماشین کاری
۳۵۴	عملیات حرارتی
۳۵۹	اتصال
۳۶۱	عملیات سطحی (پردازش سطح)
۳۶۵	بازرسی
۳۶۷	پیشنهاها
۳۶۸	منابع پیشنهادی
۳۶۹	سؤال‌ها

۳۷۱	فصل ۱۰- طبقه‌بندی ویژگی‌های قطعات
۳۷۱	گروه‌بندی ویژگی‌ها
۳۷۲	مشخه‌های ریز ساختاری
۳۷۴	ویژگی‌های حفره‌ها
۳۷۴	تخلخل
۳۷۵	شکل منفذ
۳۷۶	اندازه حفره
۳۷۸	تخلخل باز و بسته
۳۷۸	تراوایی
۳۸۱	خواص مکانیکی
۳۸۱	شیوه‌های آزمون
۳۸۳	ویژگی‌های مورد نیاز
۳۸۳	تغییرات استحکام با تخلخل

۳۸۷.....	تغییرات شکل پذیری با تخلخل
۳۸۸.....	دیگر ویژگی‌ها
۳۸۹.....	خواص سطحی
۳۸۹.....	فعالیت سطحی
۳۹۰.....	مقاومت به خوردگی
۳۹۱.....	ویژگی‌های فیلتر کردن
۳۹۳.....	مویستگی
۳۹۴.....	خواص فیزیکی
۳۹۴.....	رسانایی
۳۹۵.....	خواص الکتریکی
۳۹۶.....	انبساط گرمایی
۳۹۶.....	خواص مغناطیسی
۳۹۸.....	چکیده فصل
۳۹۸.....	منابع پیشنهادی
۴۰۰.....	سؤال‌ها

۴۰۳.....	فصل ۱۱- ویژگی‌ها و کاربردها
۴۰۳.....	پیشگفتار
۴۰۴.....	فرایندهای رقابتی
۴۰۵.....	مثال‌هایی از کاربردها و ویژگی‌های متالورژی پودر
۴۰۵.....	قطعات باربر
۴۰۹.....	کاربردهای با تخلخل کنترل شده
۴۱۲.....	کاربردهای الکتریکی فلزات دیرگداز
۴۱۳.....	کاربردهای مغناطیسی
۴۱۵.....	کاربردهای گرمایی
۴۱۷.....	کاربردهای اصطکاکی
۴۱۸.....	کاربردهای دمای بالا
۴۲۰.....	ساختارها و کاربردهای مقاوم به خوردگی
۴۲۱.....	کاربردهای سختی بالا
۴۲۳.....	کاربردهای مقاوم به سایش
۴۲۵.....	کاربردهای چگالی بالا
۴۲۷.....	کاربردهای چگالی پایین

مواد مرکب.....	۴۲۹
جمع‌بندی.....	۴۳۳
منابع پیشنهادی.....	۴۳۴
سؤال‌ها.....	۴۳۵
پیوست «الف»- اصطلاحات متالورژی پودر.....	۴۳۷
پیوست «ب»- استانداردهای مورداستفاده در متالورژی پودر.....	۴۴۹
پیوست «پ»- ثابت‌ها و خواص مواد.....	۴۵۳
پیوست «ت»- پاسخ برخی از سؤال‌های انتخاب‌شده.....	۴۵۹
پیوست «ث»- واژه‌نامه انگلیسی به فارسی.....	۴۶۶
پیوست «ج»- واژه‌نامه فارسی به انگلیسی.....	۴۷۹
نمایه.....	۴۹۳

مقدمه مؤلف

متالورژی پودر یکی از فناوری‌های شکل‌دهی فلزات است. جذابیت متالورژی پودر از قابلیت آن برای تبدیل مستقیم پودر به قطعه نهایی ناشی می‌شود. این روش شکل‌دهی به نحوه اقتصادی و برای گستره وسیعی از ویژگی‌ها، ترکیب‌های شیمیایی، عملیات حرارتی و ریزساختار مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرایندهای تبدیل پودر به قطعه را می‌توان از جنبه‌های فناورانه یا علمی مورد توجه قرار داد. در حالت اول تکیه بر روش تولید مواد و قطعات خاص است، درحالی که نگاه علمی به متالورژی پودر بر قوانین پایه‌ای ترمودینامیک، مکانیک و سینتیک استوار است. این کتاب نگاه علمی را مورد توجه قرار خواهد داد.

کتاب حاضر، واقعیت‌های مورد نیاز برای فهم جنبه‌های فناورانه متالورژی پودر را مورد توجه قرار داده و کاربردها و جزئیات مهندسی را به‌مدد شکل‌ها و تصاویر و با تکیه بر اصول کلی بررسی کرده است. این کتاب به‌عنوان یک مرجع آموزشی و مقدماتی و برای دانشجویان مقطع‌های کارشناسی (لیسانس) و کارشناسی ارشد (فوق لیسانس) با پایه مهندسی، علم مواد، متالورژی، سرامیک، مهندسی صنایع، مهندسی مکانیک، علم و مهندسی مواد نگاشته شده و مباحث آن براساس درسی که در دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا به دانشجویان رشته‌های مذکور تدریس می‌شود، بنا نهاده شده است. کتاب از یازده فصل تشکیل شده است و همه جنبه‌های بنیادی متالورژی پودر، از تولید پودرهای ابرآلیاژی تا ساخت نعل اسبی‌های مواد مرکب را دربر می‌گیرد. فصل یک به ارائه تعریف‌ها و پیشگفتار می‌پردازد و فصل‌های دوم، سوم و چهارم بر پودرها، بررسی ویژگی‌ها، تولید و کنترل ریزساختارشان تکیه دارد. در فصل پنجم آماده‌سازی پودر برای فرایند فشردن بررسی شده است و سه فصل بعدی که درحقیقت فرایندهای تعیین‌کننده و قلب فرایند متالورژی پودرند، به روش‌های شکل‌دهی و فشردن، تف‌جوشی و چگالی کامل می‌پردازند.

باقی مانده (کتاب فصل‌های نه، ده و یازده) به ترتیب عملیات ثانویه، بررسی ویژگی‌های قطعات، کاربردها و ویژگی‌های قابل دستیابی را مورد توجه قرار خواهد داد. مباحثی از قبیل کنترل ریزساختار در تولید پودر، فناوری‌های فشردن سریع، قالب‌گیری تزریقی پودر و فرایندهای چگالش کامل با هدف گنجاینیدن دستاوردهای نو تر و آمیخته با جنبه‌های سنتی متالورژی پودر در این فصل‌ها ارائه شده‌اند. فرایندها در همه موارد، در ارتباط با مبانی علمی پایه‌ای‌شان بررسی شده‌اند و کتاب چهار پیوست دارد که اصطلاحات، آزمون‌های استاندارد، ویژگی‌های مواد و پاسخ به سؤالات انتخابی را دربر می‌گیرند. ساختار کتاب گستره و ژرفای مبحث متالورژی پودر و منابع اطلاعاتی کافی برای مطالعات بعدی دانشجویان علاقه‌مند را در حد امکان ارائه کرده است.

ویرایش نخست این کتاب در سال ۱۹۸۴ منتشر شد و در دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های پژوهشی و شرکت‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفت و در دوره‌های کوتاه‌مدت صنعتی نیز به صورت معمول و مستمر در اختیار محصلان قرار گرفته است. در این ویرایش دوم بسیاری از مباحث، برپایه بازخوردهای استفاده‌کنندگان ویرایش نخست، گسترده و به‌روز شده و مفاهیم نوین مورد نیاز جامعه متالورژی پودر نیز بررسی شده است. ویرایش اخیر فرایندها را با ژرفای عملی بیشتری توصیف کرده و در عین حال از تأکید بر اصول پایه‌ای غافل نمانده است. برای پیشبرد و ارتقای متالورژی، فعالیت‌های زیادی مانده‌اند و همراهی مغزهای مستعد و نو از ضروریات این رشدند. من نیز امیدوارم کتاب حاضر بتواند محرک خوانندگان برای سهم‌پذیری در کارهای آینده باشد.

قدردانی

در نگارش این کتاب افراد زیادی همکاری داشته‌اند که شاخص‌ترین آن‌ها دانشجویان متعددی هستند که نسخه‌های پیش‌نویس آن را در دوره‌های متالورژی پودر در دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا و دیگر دانشگاه‌ها مورد استفاده قرار دادند.

ویرایش نخست از کمک‌های فنی و ویرایشی ژوزف کاپوس، فیلیپ کورسو، لین لوبراین، کوئن-شیانگ هوانگ، ساندرا هیلمن، سیدنی کافمن، آنی لالی، گانهولی و آن موینهان بهره‌مند بود. در ویرایش دوم شبکه همکاری به‌نحو بارزی گسترده شد و بسیاری از دانشجویان کنونی و پیشین و همکاران صنایع را که به‌خصوص در جمع‌آوری عکس‌ها و داده‌های نمایش‌دهنده مفاهیم بنیادی کتاب کارساز بودند، دربر گرفت. به‌جامی‌دانم از خیلی همکارانم از جمله لوئیس بوم، اس بهات، جان بوستات، انیمش بوز، لاک براون، لیکسیاکای، استیو کلدول، دیوید سیسکن، این کلارک، رنه-ام کوپر، جیم دانلپ، لیندا امرسون، شاجی فاروق، بی لین فرگوسن، سورش گل واکر، استیون گراوس، تام هاببرگر،

کارل هنز، تی هافمن، بیل هافمایز، پل هوگو، جوئیس هاید، رونالد ایاکوکا، جان جانسون، ولفگنگ کایزر، کلم کارف، کریستین کیپ هوت، ارهارد کلار، دان کویش، شائوجین لی، اس.تی. پل لین، باربارا لوگراسو، دیپاک مادان، دیلو. میسولک، جین موری، سیم ناراسیمهان، روبرت اودون، ام. اوگوچی، برایان پل، جیمز راورز، آنجلا روجرز، کارل شاو، لوری شاو-کلاین، دیوید سیمرناروین برادفورد، اسمیل، جان اسماگرسکی، ژوزف تی. استراوس، راب تامپسون، کریستف نوانس، وین ووپل، کریشناو دولا، فرنک و نسکی تینس، جیل وردوسکو، تای-شینگ وی، تامس والن، جورج وایت، جان وود و هورونگ زانگ سپاسگزاری کنم.

در پایان، از دانشجویانی که از کپی پیش نویس کتاب استفاده کردند و نظریات دقیقی جهت چاپ کتاب ارائه دادند، قدردانی می کنم.



معرفی مؤلف

ژرمن صاحب کرسی استادی Brush Chair مواد در بخش علم مهندسی و مکانیک دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا و همچنین مدیر مرکز مواد دانه‌ای این دانشگاه است. او پیش از این عنوان استادی Robert Hant در مؤسسه پلی تکنیک رنسلر را داشت و هم‌اکنون تجاری همچون مدیریت پژوهشی کمپانی J. M. Ney شرکت متالورژیکی مات و عضو ارشد لابراتورهای ملی سانديا و Battelle Columbus را نیز به همراه دارد. پروفیسور ژرمن پس از طی دوره لیسانس مهندسی و علم مواد در دانشگاه ایالتی سن خوزه (۱۹۶۸) و فوق لیسانس مهندسی متالورژی از دانشگاه ایالتی اوهایو (۱۹۷۱)، دکتری خود را در زمینه علم و مهندسی مواد در سال ۱۹۷۵ از دانشگاه کالیفرنیا (دیویس) در حالی دریافت کرد که به صورت تمام وقت در سانديا به کار اشتغال داشت.

او عضو ارشد MSM بین المللی است و از جمله جوایزش می توان جایزه ممتاز دانش آموخته مهندسی دانشگاه کالیفرنیا (دیویس)، جایزه ممتاز دانشگاه ایالتی سنت خوزه، عضو افتخاری Alpha Sigma Mu، جایزه ممتاز خدمت به صنعت متالورژی پودر از طرف مؤسسه متالورژی پودر آمریکا، جایزه آموزش مهندسی انجمن مهندسان آمریکا، جایزه آغاز کار در انستیتو پلی تکنیک رنسلر، جایزه متالورژیست جوان از طرف انجمن فلزات آمریکا، جایزه مرکز ساخت و ساز انستیتو پلی تکنیک رنسلر و جایزه سامسونوف تیم بین المللی علم تف جوشی را نام برد. ژرمن در فهرست Who's Who آمریکا و Who's Who مهندسی نیز جا دارد و همچنین از مردان جوان برجسته آمریکا و استاد افتخاری دانشگاه تکنولوژی نورث ایست است.

فهرست مقالات پروفیسور ژرمن از ۳۰۰ عنوان در زمینه‌های مختلف فرایندهای مواد و روابط بین ساختار و خواص تجاوز می‌کند و مؤلف چهار کتاب علم متالورژی پودر، تف‌جوشی در فاز مایع، ویژگی‌های انباشت دانه‌ها و قالب‌گیری تزریقی است.

همراه با کی. دبلیو. لی^۱ سردبیری مجموعه فرایندهای پودرهای فلزی و سرامیکی و به‌همراه جی. کاپوس^۲ گردآوری مجموعه نه جلدی پیشرفت‌های متالورژی پودر و مواد پودری (۱۹۹۲) و به‌اتفاق پی. بوکر^۳ و جی. گاسپریش^۴ سردبیری سمپوزیوم قالب‌گیری تزریقی پودر (۱۹۹۲) را برعهده داشته است. او همچنین دارای هفت اختراع ثبت شده است و کارهای آموزشی و پژوهشی او حول فرایندهای مواد پودری متمرکز است. ژرمن در کالج ایالتی پنسیلوانیا همراه با همسرش کارول زندگی می‌کند که از او دو پسر به‌نام‌های اریک و گارث دارد.

-
1. K. W. Lay
 2. J. Capus
 3. P. Booker
 4. J. Gasperich

ثابت‌ها و ضریب‌های تبدیل در سیستم واحدهای بین‌المللی

پیشوندها

G (giga) = 10^9	M (mega) = 10^6	K (kilo) = 10^3
C (centi) = 10^{-2}	m (milli) = 10^{-3}	μ (micro) = 10^{-6}
N (nano) = 10^{-9}		

واحدهای اصلی

طول = m (متر)	زمان = s (ثانیه)	جرم = kg (کیلوگرم)
مقدار = mol (مول)	جریان = A (آمپر)	دما = K (کلوین)
رادیان = rad (زاویه سطحی)	استرادیان = sr (زاویه فضایی)	
شمع = cd (شدت روشنایی)		

واحدهای فرعی (نتیجه‌گیری شده)

Hz = 1/s (هرتز)	h = 3600 s (ساعت)	min = 60 s (دقیقه)
L = 10^{-3} m ³ (لیتر)	t = 1000 kg (تن)	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$ (درجه سلسیوس)
N = kg . m/s ² (نیوتن)	Pa = N/m ² (پاسکال)	bar = 0.1 MPa (بار)
J = N . m (ژول)	W = J/s (وات)	C = A . s (کلوین)
V = J/C (ولت)	Ω = 1 V/A (اوم)	S = 1 A/V (زیمنس)
T = V . s (تسلا)	H = V . s/A (هانری)	F = A . s/V (فاراد)
	Wb = V . s (وبر)	lm (لومن) = cd . sr

ثابت‌های مهم

9.8 m/s^2 = شتاب ثقل
$2.998 \times 10^{10} \text{ m/s}$ = سرعت نور
$6.022 \times 10^{23} \text{ molecules}$ = عدد آوگادرو
$1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$ = واحد جرم اتمی
$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ = ثابت بولتزمن
$8.314 \text{ J/(mol . K)}$ = ثابت گازها
$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ = واحد بار
$9.11 \times 10^{-31} \text{ g}$ = جرم الکترون
$6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ = ثابت پلانک
$5.67 \times 10^{-8} \text{ J/(m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}^4)$ = ثابت استفان بولتزمن
$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ = ثابت فاراده
$8.854 \times 10^{-12} \text{ C/V}$ = تراوایی الکتریکی خلأ
$9.27 \times 10^{-24} \text{ A.m}^2$ = مگنتوم بوهر
0.0224 m^3 = حجم گازها در دما و فشار استاندارد
$7.958 \times 10^5 \text{ H/m}$ = تراوایی خلأ

تبدیل‌های طول

۱ m = ۳۹٫۴ in (اینچ)	۱ cm = ۰٫۳۹۴ in (اینچ)
۱ m = ۳٫۲۸ ft (فوت)	۱ mm = ۰٫۳۹۴ in (اینچ)
۱ m = ۱٫۰۹ yd (یارد)	۱ μm = ۳۹٫۴ μin (میکرواینچ)
	۱ nm = ۱۰ Å (آنگستروم)

تبدیل سطح و حجم

۱ cm ² = ۰٫۱۵۵ in ² (اینچ مربع)	۱ L = ۱۰۰۰ cm ³ (سانتی متر مکعب)
۱ m ² = ۱۵۵۰ in ² (اینچ مربع)	۱ L = ۰٫۲۶۴ gal (گالن)
۱ cm ³ = ۰٫۰۶۱ in ³ (اینچ مکعب)	۱ L = ۱٫۰۶ qt (کوارت)
۱ cm ³ = ۳۵ ft ³ (فوت مکعب)	

تبدیل مقدار ماده

$$۱ \text{ mol (مول)} = ۶٫۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ molecules (مولکول)}$$

تبدیل‌های چگالی

$$\begin{aligned} ۱ \text{ Mg/m}^3 &= ۱ \text{ g/cm}^3 \\ ۱ \text{ g/cm}^3 &= ۰٫۰۳۶۱ \text{ lb/in}^3 \text{ (پوند بر اینچ مکعب)} \\ ۱ \text{ kg/m}^3 &= ۱۰^{-۳} \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

تبدیل‌های دما

برای تبدیل درجه کلوین به فارنهایت آن را در ۱٫۸ ضرب و سپس ۴۵۹٫۴ °F را از حاصل ضرب کم کنید.
برای تبدیل درجه سانتی گراد به درجه فارنهایت، آن را در ۱٫۸ ضرب و سپس ۳۲ °F را به حاصل ضرب بیفزایید.

تبدیل‌های آهنگ گرمایش و سرمایش

$$\begin{aligned} ۱ \text{ K/s} &= ۱ \text{ °C/s} = ۱٫۸ \text{ °F/s} \\ ۱ \text{ K/min} &= ۱٫۸ \text{ °F/min} \end{aligned}$$

تبدیل‌های جرم

$$\begin{aligned} ۱ \text{ g} &= ۰٫۰۳۵ \text{ oz (اونس)} \\ ۱ \text{ kg} &= ۲٫۲ \text{ lb (پوند)} \\ ۱ \text{ Mg} &= ۱٫۱ \text{ ton (پوند ۲۰۰۰ تن)} \end{aligned}$$

تبدیل‌های نیرو

$$\begin{aligned} ۱ \text{ N} &= ۱۰^۵ \text{ dyne (دین)} \\ ۱ \text{ N} &= ۰٫۲۲۵ \text{ lb force (پوند نیرو)} \end{aligned}$$

تبدیل‌های فشار با تنش و استحکام

$$\begin{aligned} ۱ \text{ Pa} &= ۰٫۰۰۷۵ \text{ torr (میلی متر جیوه)} \\ ۱ \text{ Pa} &= ۱۰ \text{ dyne/cm}^2 \text{ (دین بر سانتی متر مربع)} \\ ۱ \text{ kPa} &= ۰٫۱۴۵ \text{ psi (پوند بر اینچ مربع)} \\ ۱ \text{ MPa} &= ۹٫۸۷ \text{ bar (اتمسفر)} \\ ۱ \text{ MPa} &= ۱۴۵ \text{ psi (پوند بر اینچ مربع)} \\ ۱ \text{ MPa} &= ۰٫۱۴۵ \text{ kpsi (هزار پوند بر اینچ مربع)} \\ ۱ \text{ GPa} &= ۱۴۵ \text{ kpsi (هزار پوند بر اینچ مربع)} \end{aligned}$$

تبدیل‌های انرژی

$$\begin{aligned} 1 \text{ J} &= 9/48 \times 10^{-4} \text{ btu} \text{ (واحد گرمایی انگلیسی)} \\ 1 \text{ J} &= 0/737 \text{ ft} \cdot \text{lb} \text{ (فوت پوند)} \\ 1 \text{ J} &= 0/239 \text{ cal} \text{ (کالری)} \\ 1 \text{ J} &= 10^7 \text{ erg} \\ 1 \text{ J} &= 2/8 \times 10^{-7} \text{ kW.h} \text{ (کیلووات‌ساعت)} \\ 1 \text{ J} &= 6/24 \times 10^{18} \text{ eV} \text{ (الکترون‌ولت)} \\ 1 \text{ J} &= 4/83 \text{ hp.h} \text{ (اسب بخار ساعت)} \\ 1 \text{ J} &= 1 \text{ W.s} \text{ (وات‌ثانیه)} \\ 1 \text{ J} &= 1 \text{ V.C} \text{ (ولت‌کولن)} \\ 1 \text{ kJ} &= 0/239 \text{ kcal} \text{ (کیلوکالری)} \end{aligned}$$

تبدیل‌های توان (قدرت)

$$\begin{aligned} 1 \text{ W} &= 0/737 \text{ ft.lb/s} \text{ (فوت‌پوند بر ثانیه)} \\ 1 \text{ W} &= 1/34 \times 10^{-3} \text{ hp} \text{ (اسب بخار)} \end{aligned}$$

تبدیل‌های گرمایی

$$\begin{aligned} 1 \text{ J/(kg.K)} &= 2/39 \times 10^{-4} \text{ btu/(lb. } ^\circ\text{F)} \text{ واحد گرمایی انگلیسی بر پوند درجه فارنهایت} \\ 1 \text{ J/(kg.K)} &= 2/39 \times 10^{-4} \text{ cal/(g.} ^\circ\text{C)} \text{ کالری بر گرم درجه سلسیوس} \\ 1 \text{ W/(m.K)} &= 0/578 \text{ btu/(ft.h.} ^\circ\text{F)} \text{ واحد گرمایی انگلیسی بر فوت‌ساعت. درجه فارنهایت} \\ 1 \text{ W/(m.K)} &= 2/39 \times 10^{-3} \text{ cal/(cm.s.} ^\circ\text{C)} \text{ کالری بر سانتی‌متر. ثانیه. درجه سلسیوس} \end{aligned}$$

تبدیل‌های گرانشی

$$\begin{aligned} 1 \text{ Pa.s} &= 1 \text{ kg/(m.s)} \\ 1 \text{ Pa.s} &= 10 \text{ P} \text{ (پویز)} \\ 1 \text{ Pa.s} &= 10^3 \text{ cP} \text{ (سانتی‌پویز)} \end{aligned}$$

تبدیل‌های شدت تنش

$$1 \text{ Mpa} \cdot \sqrt{\text{m}} = 0/91 \text{ kpsi} \cdot \sqrt{\text{in}} \text{ (کیلو پوند بر اینچ‌مربع ضرب در ریشه دوم اینچ)}$$

تبدیل‌های مغناطیسی

$$\begin{aligned} 1 \text{ T} &= 10^4 \text{ G} \text{ (گاوس)} \\ 1 \text{ A/m} &= 1/257 \times 10^{-2} \text{ Oe} \text{ (اورستد)} \\ 1 \text{ Wb} &= 10^8 \text{ Maxwell} \end{aligned}$$

پیشگفتار مترجم

به نام خداوند لوح و قلم
خدايي که داننده رازهاست
حقيقت نگار وجود و عدم
نخستين سرآغاز آغازهاست

سپاس بی قیاس خداوند سبحان را که توفیق خدمت کوچک دیگری فراهم ساخت تا این کتاب را به دانش دوستان و دانش پژوهان تقدیم داریم. کتاب حاضر ترجمه کتاب:

Powder Metallurgy Science

از پژوهشگر و دانشمند شهیر، پروفیسور رندال جرمن (Randal German)، است. پیش از این، چاپ اول این کتاب توسط یکی از مترجمان کتاب حاضر (مجتبی ناصریان ریایی) در سال ۱۳۷۵ به بازار عرضه شده و در سال ۱۳۷۷ عنوان کتاب سال جمهوری اسلامی را کسب کرده است. استقبال دانشجویان، اساتید و صنعتگران از کتاب های آقای پروفیسور جرمن، ما را بر آن داشت تا چاپ دوم کتاب را که از سوی نویسندگان بازنگری و به روز شده است، به فارسی برگردانیم و به علاقه مندان تقدیم کنیم. در تهیه این برگردان، از همکاری افراد زیادی بهره مند شدیم. حروف چینی اولیه را سرکار خانم ها مهندس ملیحه ذاکری و سارا سجادی شکیب با ظرافت و دقت و شکیبایی ویژه خودشان به انجام رساندند و صفحه آرایی و آماده سازی برای چاپ از سوی مدیریت نشر آثار علمی دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفته است.

مجتبی ناصریان ریایی
علی حائریان اردکانی