



تفجوشی در فاز مایع

کلیده‌ی رشته‌های وابسته به:
علوم مهندسی مواد و مهندسی مکانیک

مهندس راندال م. ژرمن

مهندس عباس صباغی نمین

مهندس علی فرش ایلچی

مازیار آزادبه

ویراستار علمی:

مهندس امیرحسین رجبی‌عتین

مهندس مجید پیغمبری



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه	جرمن، رندال ام، ۱۹۴۶ م. German, Randall M.
عنوان و نام پدیدآور	تف جوشی در فاز مایع: کلیه‌ی رشته‌های وابسته به علوم مهندسی مواد و مهندسی مکانیک/ راندال م. ژرمن؛ مترجمان عباس صباحی‌نمین، علی فردی‌ایلخچی، مازیار آزادیه؛ ویراستار علمی امیرحسین متین، مجید پیغمبری.
مشخصات نشر	تهران :
مشخصات ظاهری	۲۸۴ ص: مصور، جدول.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۵۱۸۴-۵۸-۷ ریا: ۱۶۲۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: sintering. Liquid phase
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	تف جوشی
موضوع	فاز -- قانون و تعادل
شناسه افزوده	صباحی‌نمین، عباس، ۱۳۶۴ - مترجم
شناسه افزوده	فردی ایلخچی علی، ۱۳۶۲ - مترجم
شناسه افزوده	آزادیه، مازیار، ۱۳۵۲ - مترجم
شناسه افزوده	متین، امیرحسین، ویراستار
شناسه افزوده	پیغمبری، مجید، ویراستار
رده بندی کنگره	۶۲۰/۳۷ TN ۶۹۵/ج۴
رده بندی دیویی	۶۲۰/۳۷
شماره کتابشناسی ملی	۲۹۶۸۰۲۹

seta shi
Publication
Institute
موسسه انتشارات ستایش



تهران - صندوق پستی: ۹۹۵-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۹۴۸۹۹۵-۰۹۱۲ ۹۹۵ - ۰۹۱۲ (۰۲۱)

تف جوشی در فاز مایع

مترجمان: عباس صباحی‌نمین،

علی فردی ایلخچی و مازیار آزادیه

ناشر: موسسه انتشارات ستایش

نوبت چاپ: اول/ ۱۳۹۳

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۸۴-۵۸-۷

قیمت: ۱۶۲۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

سخن ناشر

ستایش خداوند جان و جهان که بخشید لطف و کرم بی کران

به حول و قوه‌ی الهی موسسه انتشارات ستایش با اهداف علمی- فرهنگی با انگیزه ارائه خدمات، برای تقاء آگاهی، سطح معلومات، دانش عموم، به‌ویژه ترویج کتاب و کتابخوانی اقدام به چاپ و انتشار کتاب‌های گوناگون نموده؛ امید است بتوانیم رابط مؤثری بین پدیدآورندگان و مخاطبان باشیم..... انشاء الله.

لذا از دانشمندان، محققان، اندیشمندان و صاحب نظران در زمینه‌های گوناگون علمی، کامپیوتری، فنی و مهندسی دعوت می‌ماییم تا ما را در ارائه و گسترش اهداف موردنظر یاری نمایند. شایان ذکر است که در صورت تمایل به همکاری یا هر نوع انتقاد و پیشنهادی می‌توانید با ما به نشانی پست الکترونیکی setayeshpress@yahoo.com یا صندوق پستی ۱۶۱۸-۱۳۴۴۵ مکاتبه نمایید. تلفن ما ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸ است.

فهرست مطالب

۹	مقدمه نویسنده
۱۱	مقدمه مترجمان
۱۳	فصل اول: مقدمه بر تفجوشی در فاز مایع
۱۳	۱-۱ تعاریف پایه
۱۶	۲-۱ کاربردهای تفجوشی در فاز مایع
۱۸	۳-۱ بررسی مزایا و معایب تفجوشی در فاز مایع
۱۹	۴-۱ ترتیب مراحل
۲۲	۵-۱ علائم و اختصارات
۲۴	مراجع
۲۵	فصل دوم: ریزساختارها
۲۵	۱-۲ ریزساختارهای متداول
۲۷	۲-۲ زاویه تماس
۲۹	۳-۲ زاویه دوسطحی
۳۴	۴-۲ کسر حجمی
۳۵	۵-۲ شکل حفره و تخلخل
۳۶	۶-۲ اندازه دانه
۳۸	۷-۲ شکل دانه
۴۴	۸-۲ فاصله‌ی متوسط بین دانه‌ای
۴۵	۹-۲ سطح تماس بین ذرات
۴۹	۱۰-۲ تعداد تماس‌ها
۵۲	۱۱-۲ اندازه و شکل گلوبی
۵۴	۱۲-۲ خلاصه
۵۵	مراجع

فصل سوم: عامل های ترمودینامیکی و سینتیکی ۵۹

۱-۳ انرژی سطحی	۵۹
۲-۳ ترشوندگی	۶۲
۳-۳ پخش شدن مذاب	۶۲
۴-۳ اثرات جدایش	۶۶
۵-۳ اثر موئینگی	۷۱
۶-۳ جریان گرانشی	۷۶
۷-۳ حلالیت	۷۸
۸-۱ نفوذ داخلی، واکنش و همگن سازی	۸۰
۳ خلاصه	۸۱
۳ راجع	۸۲

فصل چهارم: مرحله ی اولیه فرآیند: انحلال - آرایش مجدد ۸۵

۱-۴ مروری بر مطالعات گذشته	۸۵
۲-۴ اثر حلالیت	۸۸
۳-۴ شکل گیری مذاب	۹۶
۴-۴ نفوذ و خردایش	۹۷
۵-۴ نیروی تماس	۹۹
۶-۴ آرایش مجدد	۱۰۱
۷-۴ ویژگیهای حفرات	۱۰۹
۸-۴ مفاهیم دیگرام فازي	۱۱۰
۹-۴ برقراری تماس	۱۱۳
۱۰-۴ بررسی سیستم های متداول	۱۱۴
۱۱-۴ خلاصه ای از رخداد های مرحله ی اولیه	۱۱۹
۱۲۱ مراجع	۱۲۱

فصل پنجم: فرآیند مرحله میانی: انحلال - ته نشینی مجدد ۱۲۷

۱-۵ ویژگی ها	۱۲۷
۲-۵ انطباق هندسی دانه ها	۱۲۹
۳-۵ چگالش	۱۳۱
۴-۵ رشد ناحیه ی گلوبی بین دانه ای	۱۳۷
۵-۵ به هم پیوستگی	۱۴۱
۶-۵ پر شدن حفرات	۱۴۸
۷-۵ خلاصه	۱۵۰
۱۵۲ مراجع	۱۵۲

فصل ششم: فرآیندهای مرحله نهایی: درشت شدن ریز ساختار ۱۵۷

۱-۶	مروری بر مطالب گذشته	۱۵۷
۲-۶	چگالش	۱۵۸
۳-۶	رشد دانه	۱۶۵
۴-۶	توزیع اندازه دانه	۱۷۵
۵-۶	رشد دانه‌ی ناپیوسته	۱۷۹
۶-۶	رشد دانه‌ی متوقف شده	۱۸۰
۷	تغییرات ریزساختاری دیگر	۱۸۱
۱-۶	خلاصه	۱۸۴
	جمع	۱۸۶

فصل هفت: عملیات‌های خاص در حضور فاز مایع ۱۹۱

۱-۷	مروری بر مطالب گذشته	۱۹۱
۲-۷	تف‌جوشی	۱۹۱
۳-۷	فلزخورانی	۱۹۵
۴-۷	چگالش به کمک فشار	۱۹۸
۵-۷	فاز مایع گذرا	۲۰۱
۶-۷	تف‌جوشی فعال شونده	۲۰۹
۷-۷	خلاصه	۲۱۱
	مراجع	۲۱۲

فصل هشتم: موارد مهم ساخت ۲۱۷

۱-۸	مقدمه	۲۱۷
۲-۸	اندازه‌ی ذرات	۲۱۹
۳-۸	شکل ذرات	۲۲۰
۴-۸	تخلخل داخل پودر	۲۲۰
۵-۸	استوکیومتری پودر	۲۲۱
۶-۸	همگنی مواد افزودنی	۲۲۱
۷-۸	مقدار ماده‌ی افزودنی	۲۲۲
۸-۸	چگالی خام	۲۲۴
۹-۸	نرخ‌های گرمایش و سرمایش	۲۲۷
۱۰-۸	ناخالصی‌ها و افزودنی‌های جزئی	۲۲۸
۱۱-۸	دما	۲۲۹
۱۲-۸	زمان	۲۳۱
۱۳-۸	اتمسفر	۲۳۲

۲۳۳.....	۱۴- خلاصه
۲۳۴.....	مراجع

فصل نهم: خواص مواد تفجوشی شده در فاز مایع..... ۲۳۹

۲۳۹.....	۱-۹ خواص عمومی
۲۴۰.....	۲-۹ اثرات ریزساختار بر خواص مکانیکی
۲۴۱.....	۱-۲-۹ سختی
۲۴۲.....	۲-۲-۹ مدول الاستیک
۲۴۴.....	۲-۲-۹ استحکام
۲۴۸.....	۴-۲ انعطاف پذیری
۲۴۹.....	۵-۲-۹ چقرمگی ضربه
۲۵۰.....	۹ شکست
۲۵۳.....	۴-۹ خواص دما
۲۵۴.....	۵-۹ خواص ارتعاشی
۲۵۴.....	۶-۹ خواص الکتریکی
۲۵۶.....	۷-۹ رفتار سایشی
۲۵۶.....	۸-۹ خواص مغناطیسی
۲۵۷.....	۹-۹ خلاصه
۲۵۸.....	مراجع

فصل دهم: کاربردهای تفجوشی در فاز مایع..... ۲۶۳

۲۶۳.....	۱-۱۰ مقدمه
۲۶۴.....	۲-۱۰ سیستمهای آهنی
۲۶۶.....	۳-۱۰ کاربردهای سمانته
۲۶۸.....	۴-۱۰ آلیاژهای سنگین
۲۷۰.....	۵-۱۰ سیستمهای نیتريد سيليكون
۲۷۱.....	۶-۱۰ کاربردهای دیگر
۲۷۱.....	۷-۱۰ خلاصه
۲۷۴.....	مراجع

۲۸۱.....	واژه نامه‌ی انگلیسی- فارسی
----------	----------------------------

مقدمه نویسنده

در سالهای اخیر به دلیل شناخت مزایای تولید مواد ذره‌ای، رشد سریعی در کاربردهای این ماده دیده می‌شود. این رشد ناشی از عوامل متعددی از جمله: افزایش اهمیت مصرف انرژی، نیاز به کنترل بهتر ریزساختار در قطعات مهندسی، بهبود اقتصاد تولید، فشارهای اقتصاد و اجتماع به منظور افزایش کیفیت و کارایی قطعات، نیاز به خواص منحصر به فرد در کنار کاربرد وسیع و کارایی بالا و تمایل به تولید قطعاتی نزدیک به شکل نهایی. به دلایل مذکور تف‌جوشی در فامایع به عنوان بخشی از فرآیند تولید مواد ذره‌ای، مورد توجه قرار گرفته است. در نتیجه، کاربرد ای تجاری تف‌جوشی در فاز مایع به سرعت در حال توسعه‌اند. این فعالیت‌ها و گسترش روش تولید در متون فعلی ذکر نشده‌اند. به همین دلیل نویسنده مناسب دانسته است که کتابی در این مورد به رشته تحریر درآورد.

تکنولوژی تف‌جوشی در فاز مایع سیوه‌ش قدیمی است و برای قرن‌های متمادی است که در سرامیک‌ها به کار می‌رود. به هر حال در دهه‌های اخیر، کلی در بین مهندسان مواد و ساخت بر این موضوع دلالت دارد که تف‌جوشی در فاز مایع، هنوز هم به عنوان روشی نوین مطرح است. نویسنده معتقد است که کاربرد تکنولوژی‌های گونه‌ای که در این کتاب به صورت خلاصه آورده شده‌اند، چنین گمان‌هایی را برطرف می‌نماید. تف‌جوشی در فاز مایع در تولید چندین قطعه‌ی منحصر به فرد در حالتی نزدیک به شکل نهایی ارزش بسیار دارد و همچنان به توسعه در کاربردهای اساسی ادامه خواهد داد.

نویسنده خود شخصاً در جریان چندین کاربرد روش تف‌جوشی در سرامیک بوده است. تحقیقات اولیه وی در مورد مواد نسوز و آلیاژهای سنگین بر پایه تنگستن و سایر مطالعات بعدی اش آلیاژهای آهنی، آلیاژهای آلومینیوم، کاربیدهای سماتنه، مولبدن، کامپوزیت‌های سرامیکی فلزی، آلومینا و چندین سرامیک کاربرد بالا در فرآیند تف‌جوشی در فاز مایع را شامل می‌گردد. طبیعتاً نویسنده در این کتاب نتایج کارهای اولیه خود را که بیشتر مبنی بر مثالهای فلزی‌اند را جمع‌آوری نموده و تلاش بر این بوده است که چندین مثال از مواد غیر

فلزی نیز ذکر گردد.

هدف مولف در نوشتن این کتاب نظم دادن به دانش فعلی در مورد تفجوشی در فاز مایع بوده است. در ابتدا به ویژگی‌های اساسی و جامع تفجوشی در فاز مایع پرداخته می‌شود. در حین یادگیری اصول، تکنولوژی ساخت توسط این روش معرفی می‌گردد. این کتاب برای مخاطبین متخصص همچون مهندسين مواد، ساخت و تولید، دانشجویان کارشناسی ارشد مواد، پژوهشگران، مهندسين توسعه و اساتید دانشگاه و علاقمندان به موضوع تفجوشی در فاز مایع رشته شده و می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. کتاب به چهار شاخه‌ی اصلی تقسیم بندی گردیده است. فصول ۱، ۲ و ۳ مقدمه‌ای از مفاهیم پایه‌ای فرآیند تفجوشی در فاز مایع را ارائه می‌دهد. فصل ۴، ۵ و ۶ فرآیند کلاسیک تفجوشی در فاز مایع پایدار را مورد بررسی قرار می‌دهد. فصل ۷ تکنیکهای خاصی را به منظور تحکیم توده‌ی پودر توسط تفجوشی در فاز مایع معرفی می‌کند. در نهایت، فصول ۸، ۹ و ۱۰ به عاملهای تکنولوژیکی همچون متغیرهای فرآیند، خواص، و برخی کاربردها می‌پردازند. تالیف فصل ۱۰ که مربوط به مبحث کاربردها می‌شود، برخلاف انتظارها بسیار مشکل بود. کاربردهای خاص بطور کلی در متن گنجانده شده‌اند و در مورد کاربردهای دیگر مستندات بسیار کمی وجود دارد. بنابراین خلاصه‌ای از کاربردها ذکر شده‌اند.

چندین موضوع می‌توانست به همراه جزئیات بسیار در این کتاب مورد بررسی قرار گیرد. اما رسالت اصلی این کتاب نظم دادن به اطلاعات حاضر با این ذکر جزئیاتی است که در مقالات موجود می‌باشد. نویسنده امیدوار است که خوانندگان احساس نیاز به اختصار گویی در مقابل گستردگی و تنوع موضوع را درک نماید.

تلاش حاضر با کمک اشخاص متعددی انجام یافته است. تشویق و بازبینی متن اولیه توسط باری رابین و سندرا هیلمن بسیار ارزشمند است. همچنین نظرات جعفر ستراس، انیمیش بوز، و دونالد پولنسکی در مورد متن اولیه بسیار سازنده بوده‌است. نویسنده از نظرات و کمک‌های بسیار پروفیسور فریتز لئیل تشکر ویژه نموده و کتاب حاضر را به وی اهدا می‌نماید.

مقدمه مترجمان

نخستین چاپ کتاب حاضر در سال ۱۹۸۵ منتشر شد. از آن زمان تاکنون در صنعت متالورژی پودر پیشرفت‌های زیادی حاصل شده است. مؤلف این کتاب راندال م. ژرمن یکی از اساتید برجسته و مطرح متالورژی پودر طی دو دهه‌ی گذشته بوده است و در گسترش مفاهیم پایه و کاربرد این تکنولوژی سهمی بس عظیم دارد. وی در سال ۱۹۸۰ میلادی به دانشکده‌ی مهندسی مواد در انستیتوی پلی تکنیک رنسلر ژنیو راه یافت. این موسسه به دلیل کوشش‌های بسیار پرفسور فریتز لنتل در دنیای متالورژی پودر مطرح گردید. از این‌رو در ابتدای این اثر نویسندگان این کتاب در پرفسور فریتز تقدیم می‌کند.

نگارش این کتاب توسط پرفسور ژرمن در جهت توسعه‌ی علم متالورژی پودر کار بسیار ارزنده‌ای بوده است. پیر که گسترش و پیشرفت این علم مسیر بسیار ابهام آمیزی را تا آن زمان طی کرده بود. با مطالعه این کتاب خواننده مطمئن می‌گردد که متالورژی پودر دارای پایه‌های علمی است و بر خلاف باور غلطی، اصول و مبانی آن بسیار گسترده است. مطالعه کتاب مذکور جهت عمق بخشیدن به اطلاعات فنی مهندسان مواد، مهندسان ساخت و تولید، دانشجویان فوق لیسانس مواد و پژوهشگران فعال در این زمینه توصیه می‌گردد. از دیگر تالیفات این محقق می‌توان به کتابهای متالورژی پودر، ویژگی‌های انباشتی پودر و قالبگیری تزریقی اشاره نمود.

کمیود محسوس کتاب‌هایی به زبان فارسی مربوط به متالورژی پودر از یک سو و مطالب ارزشمند و پر بار این کتاب از طرف دیگر ما را بر آن داشت تا این اثر را به ترجمه انتخاب نماییم. در انتخاب معادل‌های فارسی از اهل فن و لغت‌نامه‌های معتبر بهره گرفته شده است. لازم می‌دانیم از زحمات آقایان بختیار احمدی، احد محمد زاده و خانم مهسا راسلی و فرشته فردی که با دقت بسیار متن اولیه را بررسی و ویرایش نموده‌اند، قدردانی نمائیم. امید است با پیشنهاد، نظر و انتقادهای خوانندگان و صاحب نظران محترم ما را در تصحیح بیان مطالب کتاب مذکور در چاپ‌های آتی یاری نمایند.