

فرآوری انجماد

(انجماد پیشرفته)

مرتون سی. فلمینگز

www.ketab.ir

مترجم:

مهندس سعید نصوحیان

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد مجلسی

سرشناسه	: فلمینگز، مرتون. سی، ۱۸۱۶ Merton C, Flemings
عنوان و نام پدیدآور	: فرآوری انجماد: انجماد پیشرفته
مشخصات نشر	: اصفهان، انتشارات ارکان دانش، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۴۲۴ ص: مصور، نمودار.
شابک	: 978-600-287-054-4
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبای مختصر
یادداشت	: فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir
	: قابل دسترسی است
یادداشت	: کتابنامه به صورت زیرنویس.
سرشناسه افزوده	: نصحیان، سعید، ۱۳۵۵-
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۸۱۱۱۲۸

« انتشارات ارکان دانش ناشر برگزیده سال ۱۳۸۷ استان اصفهان »

و ناشر برگزیده نمایه‌گاه بین‌المللی کتاب تهران در سال ۱۳۸۹ »



انتشارات ارکان دانش

نام کتاب	: خرامای انجماد (انجماد پیشرفته)
مؤلف	: مرتون سی. فلمینگز
مترجم	: مهندس سعید نصحیان (عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد مجلسی)
ناشر	: انتشارات ارکان دانش
چاپ اول	: بهار ۱۳۹۴
شمارگان	: ۵۰۰ جلد
مدیر تولید	: نسرين مختاری
تنظیم و صفحه‌آرایی	: انتشارات ارکان دانش
طراحی جلد	: کانون آگهی و تبلیغات نقشینه
لیتوگرافی	: صدف
چاپ متن	: چاپ ایرانیان
چاپ جلد	: کنکاش
صحافی	: پیمان گستر
قطع و شمارش صفحات	: وزیری، ۴۲۴ صفحه
قیمت	: ۱۸۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-287-054-4

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۸۷-۰۵۴-۴

اصفهان: خیابان شیخ بهایی، چهارراه سرتپ، کوی شهید مهرداد انصاری (سرتپ)، نرسیده به طالقانی، پلاک ۹۲، دفتر نشر: ۳۲۳۴۱۳۳۹، نمابر: ۳۲۳۴۱۳۳۹، مراکز فروش: ۳۲۳۵۶۸۵۹، کدپستی: ۸۱۳۵۸-۶۵۶۳۱

۳۲۳۱۹۹۷۸

۳۲۳۵۶۸۵۹

عمده این کتاب حاصل سخنرانی‌های ارائه شده برای دانشجویان سال آخر کارشناسی و دانشجویان کارشناسی ارشد در دانشگاه صنعتی ماساچوست می‌باشد. کتاب حاضر برای دانشجویان و همچنین مهندسين و محققين و پژوهشگران مورد استفاده می‌باشد. هدف اساسی این کتاب بررسی بنیادی فرآیند انجماد و کاربردی کردن آن می‌باشد. فرآیندهای رشد بلور، قطعه‌ریزی، شمش‌ریزی، انجماد مواد مرکب (کامپوزیتی) و سرد کردن پرتابی است.

این کتاب بر مبنای اصول انتقال حرارت، انتقال جرم و سینتیک رشد سطح مشترک استوار است، بر این اساس رفتارهای مشابه فرآیندهای متفاوت در انجماد آشکار می‌شود. در مسائل پایان هر بخش تلاش می‌شود اصول را به عمل مرتبط ساخته، تفاوت‌های مهم و همچنین وجوه تشابه بین فرآیندها را نشان دهد. ریاضی مهندسی به عنوان پیش نیاز این درس لازم است ولی بهتر است دانشجو دوره‌ای در رابطه با ساختمان مواد گذرانده باشد.

مبحثی ضروری در همه فرآیندهای انجماد، انتقال حرارت است. این موضوع در بخش اول مورد بررسی قرار گرفته و سپس نسج‌آم پیگیری مطالب و مبنایی برای شرح و مقایسه فرآیندهای انجماد خواهد شد که می‌تواند دید نظر رفتن فرضیات ساده‌کننده در رابطه با مکانیزم انجماد همراه گردد. بخش دوم با انتقال جرم، توزیع مجدد ماده حل‌شونده در رشد تک‌بلورها سروکار دارد.

شرحی کمی در مورد تحول انجماد ارائه گردیده که با در نظر گرفتن سطح مشترک مایع - جامد به صورت تک فاز و مسطح، به مقایسه آن با ساده‌سازی شده است. همچنین معادلات اقتباس شده در این بخش در شرح انجماد شاخه‌ای (دندریتی) مفید است با این استثناء که معادلات برای ریزساختار در فضای بین بازوهای شاخه‌ای به کار می‌آید.

بخش سوم با این سؤال مهم سروکار دارد که چگونه جبهه‌های مسطح در رشد بلور حفظ شود و تحت چه شرایطی این جبهه یا سطح مشترک مسطح از بین برود. سلول‌ها تشکیل می‌شود. چگونه توزیع مجدد ماده حل‌شونده رخ می‌دهد. پیشروی سطح مشترک بین انجماد دوباره در بخش چهارم مورد توجه قرار می‌گیرد اما این بار برای آلیاژهای چندفازی مثل مواد یوتکتیک، غیر یوتکتیک که به طور کلی با یک سطح مشترک مایع - جامد مسطح منجمد می‌شود. در این بخش برای اولین بار از این مفهوم استفاده می‌شود که نقطه ذوب تعادلی جوانه‌ای جامد، به شعاع انحنای آن بستگی دارد. انجماد آنگونه که در ریخته‌گری قطعات و شمش‌ها رخ می‌دهد در بخش‌های پنجم و ششم مورد بررسی قرار گرفته است. به طور مشخص‌تر، بخش‌های مذکور جنبه‌های ریز ساختاری انجماد قطعات و شمش‌ها را در نظر می‌گیرد که شامل رشد شاخه‌ای، ریزجدایش، تشکیل ناخالصی و تشکیل تخلخل‌های گازی و انقباضی می‌باشد و اصولاً بر مفاهیم انتقال حرارت و انتقال جرم ارائه شده در بخش‌های قبلی تکیه دارد.

جریان سیال نقشی بزرگ در فرآیندهای انجماد ایفا می‌کند. با وارد کردن فلز در درون قالب، انتقال جرم در اثر تفاوت چگالی مواد یا اثرات حرارتی و یا به وسیله انقباض‌های حین انجماد رخ می‌دهد. جریان سیال که در بخش هفتم راجع به آن بحث شده، اثرات مهمی بر روی ساختار و جدایش در فرآیندهای انجماد دارد. قسمتی مهم از بخش هفتم با جریان سیال بین شاخه‌ها و رابطه آن با تخلخل و جدایش در قطعات ریختگی و شمش‌ها سروکار دارد.

قسمت‌های عمده هفت بخش اول و همه بررسی‌های کمی در این بخش‌ها، سطح مشترک مایع - جامد را تعادلی در نظر می‌گیرد، یعنی فرض می‌شود تحت انجماد سینتیکی که نیروی رانش برای پیشروی سطح مشترک جامد - مایع و رشد جامد است مقداری بسیار کم می‌باشد. موقعی که در سطح مشترک رخه تشکیل می‌شود، دیگر این فرض معتبر نیست و به نظر می‌رسد تقریبی جالب برای بسیاری از الیاژها که بدون رخه جامد می‌شود، است.

مفاهیم این فرضیه با در نظر گرفتن تعادل ترمودینامیکی در سطح مشترک مایع - جامد در بخش هشتم مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین قسمتی از این بخش مرتبط با سطح مشترک مایع - جامدی است که در شرایط غیر تعادلی رشد می‌نماید.

سینتیک تشکیل جوش در سطح مشترک مایع - جامد در بخش نهم بحث می‌شود. اگرچه سینتیک رشد کیفی مطرح می‌شود اما مبنایی را برای درک شکل ظاهری رشد رخه‌ها ارائه می‌کند که در بسیاری از سیستم‌های واقعی مشاهده می‌شود و همچنین مبنایی را برای درک فرآیند انجماد (رشد) موادی مانند بلورهای میله‌ای به وسیله یک مکانیزم رشد دوقلویی مقعر شکل ارائه می‌دهد.

هدف اصلی در بسیاری از مطالعات انجمادی به دست آوردن ساختار بهتر در محصول ریختگی با کنترل پارامترهای انجمادی است. مثال‌های ارائه شده در این بخش نشان می‌دهد چگونه اصول ارائه شده در بخش‌های قبلی را می‌توان برای به دست آوردن اختراعاتی با خواص فیزیکی یا مکانیکی بهینه استفاده کرد.

مرتون سی. فلمینگز

(Merton C. Flemings)

به نام خداوند جان و خرد کز این برتر اندیشه برگدزد

سپاس بی‌نهایت خداوند سبحان را که توفیق این خدمت کوچک را فراهم فرمودند تا کتاب فارسی دیگری در زمینه انجماد فلزات به دانش‌دوستان و دانش‌پژوهان تقدیم گردد. کتاب حاضر ترجمه کتاب Solidification processing از پژوهشگر و نویسنده معروف MERTON C. FLEMINGS است.

بنیادی بودن مطالب این کتاب و مورد استفاده بودن آن در دانشگاه‌ها به ویژه در مقاطع تحصیلات تکمیلی، مترجم را برآن داشت تا این کتاب را به فارسی برگرداند. در تهیه این برگردان از همکاری افراد متعددی استفاده گردید. برگردان اولیه زیرنویس اشکال و جداول و همچنین اسکن آن‌ها توسط آقای مهندس سید غلامرضا رضوی انجام شد، که جا دارد از ایشان قدردانی نمایم. در افزایش کیفیت علمی ترجمه از رهنمودهای استاد ارجمندم جناب آقای دکتر محمود مرآتیان بهره‌مند شدم.

تحمّل، حوصله و کمک‌های همه ببه خانواده در طول مدت ترجمه و آماده‌سازی کتاب شایان تقدیر است.

در خاتمه از پرسنل انتشارات ارکان دانش و بویژه مدیریت این مجموعه جناب آقای مهندس محمد ترابی‌ان که امکان چاپ و انتشار این اثر فراهم نمودند، همچنین از سرکار خانم نسرين مختاری مدیر داخلی انتشارات به خاطر پیگیری‌های محفانه در مراحل مختلف تهیه و چاپ کتاب و سرکار خانم فاطمه چلمقانی که اصلاح و صفحه‌آرایی متن نه‌یه کتاب را با حوصله و دلسوزی فراوان به عهده گرفتند و سرکار خانم نفیسه اورک شیرانی به خاطر طراحی روی جلد کتاب کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

باعث امتنان خواهد بود اگر لغزش‌ها و نارسایی‌هایی از سوی خوانندگان گرامی مشاهده شد، اینجانب را از نقطه‌نظرات سازنده و ارزشمند خود بی‌نصیب ننمایند.

سعید نصوحیان

nasohiyannasohian@gmail.com

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول : انتقال حرارت در انجماد	۱
رشد تک بلور	۱
انجماد قطعات ریختگی و شمش ها	۷
ریخته گری در قالب های عایق	۸
حل تحلیلی مه دلات انتقال حرارت برای شمش ریزی	۱۹
انجماد آلیاژ	۲۴
انجماد در حالت انتقال حرارت چند بُعدی	۲۷
مسائل فصل اول	۳۲
فصل دوم: انجماد آلیاژهای بصری در جبهه انجماد مسطح	۳۷
مقدمه	۳۷
انجماد تعادلی	۳۹
عدم نفوذ در جامد	۴۰
نفوذ محدود در مذاب، بدون جابه جایی	۴۲
اثر جابه جایی	۴۸
رشد چکراسکی (کشیدن بلور)	۵۲
ذوب کردن موضعی	۵۴
رشد بلور با عوامل فرآر	۵۸
نفوذ در جامد	۶۰
اثر رخنه	۶۱
رشد تک بلورهای تکامل یافته تر	۶۳
مسائل فصل دوم	۶۶
فصل سوم: انجماد سلولی تحت انجماد ترکیبی و تشکیل سلول	۶۹
نظریه پایداری سطح مشترک	۷۵
ساختار سلولی	۷۹
تشکیل شاخه ها	۸۵
انتقال از سلولی به شاخه ای	۸۸
توزیع مجدد ماده حل شونده در انجماد سلولی	۸۹
فضای سلول	۹۵

۹۹	نفوذ در حالت جامد
۱۰۰	آلیاژهای سه‌تایی
۱۰۴	مسائل فصل سوم

فصل چهارم: انجماد آلیاژهای چندفازی با جبهه مسطح

۱۰۷	مقدمه
۱۰۸	رشد یوتکتیک ورقه‌ای
۱۲۰	رشد یوتکتیک میله‌ای
۱۲۱	رشد یوتکتیک رخه‌دار - بدون رخه
۱۲۳	پایداری سطح مشترک
۱۲۸	تجزیه و ذرات ذرات ناپایدار
۱۳۰	ویژگی‌های بلورین منجمد شده به صورت جهت‌دار
۱۳۱	رشد در حالت ناپایدار
۱۳۴	دیگر ساختارهای دوفازی
۱۳۶	آلیاژهای سه‌تایی
۱۴۴	اثر جابه‌جایی
۱۴۷	مسائل فصل چهارم

فصل پنجم: انجماد ریختگی‌ها و شمش‌ها

۱۵۱	ساختار دانه
۱۵۲	ساختارهای ستونی
۱۵۸	ریزجدایش در ساختارهای ستونی
۱۶۴	فواصل بین بازوی شاخه‌ای
۱۷۳	دانه‌های هم‌محور
۱۷۶	شاخه‌های رخه‌دار و جهات رشد ترجیح داده شده
۱۸۰	دما و کسر جامد
۱۸۷	انجماد مذاب‌های به تحت انجماد رفته
۱۹۳	ساختار مذاب‌های به تحت انجماد رفته
۱۹۵	مسائل فصل پنجم

فصل ششم: انجماد آلیاژهای چندفازی ریختگی‌ها و شمش‌ها

۱۹۹	انجماد پری تکتیک
۲۰۲	انجماد یوتکتیک
۲۰۶	چدن‌ها
۲۰۹	انجماد یوتکتیک در چدن‌ها

۲۱۱	توزیع مجدد ماده حل‌شونده در آلیاژهای سه‌تایی
۲۱۵	انجماد مونوتکتیک
۲۱۶	ناخالصی‌های اولیه
۲۲۴	آخال‌های ثانویه
۲۲۸	گاز حل شده
۲۳۲	گاززدایی به وسیله تشکیل حباب
۲۳۴	تشکیل تخلخل گازی در موقع انجماد
۲۳۷	مسائل فصل ششم

۲۴۳	فصل هفتم: جریان سیال
۲۴۳	مقدمه
۲۴۴	سیستم راهگای
۲۴۹	سیالیت
۲۵۵	جابه‌جایی در مایع زمانه
۲۶۱	تغذیه کردن مواد خالص
۲۶۸	جریان سیال بین شاخه‌ای
۲۷۳	تغذیه کردن آلیاژها
۲۷۹	درشت جدایش
۲۸۱	جنبه‌های کمی درشت جدایش
۲۸۸	حرکت مایع به اضافه جامد
۲۹۴	مسائل فصل هفتم

۲۹۹	فصل هشتم: ترمودینامیک انجماد
۲۹۹	مقدمه
۳۰۰	مواد خالص
۳۰۳	آلیاژهای دوتایی؛ فاز پایدار تعادلی
۳۰۹	ضریب توزیع
۳۱۰	اثر انحناء
۳۱۲	اثر فشار
۳۱۳	آلیاژهای دوتایی؛ تعادل فاز نیمه پایدار
۳۱۷	ترکیب شیمیایی در فصل مشترک مذاب - جامد
۳۲۳	شکل تعادلی فازها
۳۲۶	ناهمسانی انرژی سطحی مایع - جامد
۳۲۸	مسائل فصل هشتم

۳۳۱	فصل نهم: جوانه‌زنی و سیستم‌های فصل مشترک
۳۳۱	جوانه‌زنی همگن (یکنواخت)
۳۳۸	جوانه‌زنی غیرهمگن و اصلاح دانه
۳۴۵	رشد
۳۵۱	رشد پیوسته
۳۵۴	رشد جانبی
۳۵۶	رشد به وسیله جوانه‌زنی دو بُعدی
۳۶۱	رشد به وسیله ناب‌جایی‌های ییجی
۳۶۷	رشد به وسیله تکثیر سطوح دوقلوئی
۳۶۹	شکل‌های ظاهری رشد
۳۷۶	مسائل فصل نهم

۳۷۹	فصل دهم: برآوری و خواص
۳۷۹	یکنواخت کردن (همگن کردن)
۳۸۲	عملیات محلول‌سازی
۳۸۶	چدن چکش‌خوار
۳۹۰	چدن‌های فریتی، پرلیتی، و مارتنسیتی
۳۹۴	خواص مکانیکی ساختارهای هم محور ریختگی
۳۹۷	خواص ساختارهای استونی
۴۰۱	مواد مرکب هم‌راستا شده
۴۰۳	اثرات کار مکانیکی
۴۰۹	مسائل فصل دهم