

درآمدی بر انجماد فلزات

ساختارها و فرآیندها

آرمان کیانی فر

www.ketab.ir



انتشارات رازنهان

۱۳۹۶

سرشناسه	: کیانی فر، آرمان، ۱۳۶۷ -
عنوان و نام پدیدآور	: درآمدی بر انجماد فلزات، ساختارها و فرآیندها/آرمان کیانی فر.
مشخصات نشر	: تهران: راز نهان، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۵۵ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۴۴۸-۲۶۱-۵
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: انجماد
موضوع	: Solidification
موضوع	: متالورژی فیزیکی
موضوع	: Physical metallurgy
موضوع	: بلورهای فلزی
موضوع	: Metal crystals
رده بندی کنگره	: TN۶۹۰/۵۹۵۴۳۹۶
رده بندی دیویی	: ۶۶۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۲۱۹۹۳

آدرس: میدان انقلاب، اول جمال زاده، کوچه دانشور، پلاک ۱۲، واحد ۲

شماره تماس: ۰۹۱۲۲۳۰۴۹ - ۰۲۱۶۶۹۰۱۸۴۱

آدرس الکترونیکی: raznahanbook@gmail.com

آدرس سایت: www.raznahanbook.com



عنوان کتاب درآمدی بر انجماد فلزات، ساختارها و فرآیندها
 مؤلف آرمان کیانی فر
 صفحه آرا رضا کاوه
 طراح جلد رضا کاوه
 ناشر راز نهان
 شمارگان ۱۰۰۰ نسخه
 نوبت چاپ اول ۱۳۹۶
 قیمت ۳۵۰۰۰ تومان

ISBN: 978-600-448-261-5

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۹
فصل یک: مقدمه‌ای از علم مواد و انجماد.....	۲۳
مقدمه کلی.....	۲۴
انواع پیوندهای شیمیایی.....	۳۴
پیوند یونی.....	۳۴
پیوند کووالانسی.....	۳۴
پیوندهای ثانویه (واندروالسی).....	۳۵
پیوند فلزی.....	۳۵
ساختمان اتمی فلزات.....	۳۷
انرژی پیوند.....	۳۸
منحنی تغییرات نیروی بین‌اتمی و انرژی پتانسیل برحسب فاصله بین‌اتمی.....	۳۸
برخورد مولکول‌ها و نقش آنها در سرعت واکنش‌ها.....	۴۱
خواص فیزیکی حالت مایع فلزات.....	۴۲
نقطه ذوب.....	۴۲
گرمای نهان ذوب.....	۴۳
نقطه‌ی جوش.....	۴۴
گرمای ویژه.....	۴۵
تغییرات حجمی فلزات در اثر ذوب شدن.....	۴۵
تنش سطحی.....	۴۶
انتقال گرما.....	۴۷

۴۹.....	مواد فلزی و غیرفلزی
۴۹.....	محللول جامد منظم
۵۰.....	ترکیب‌های بین‌فلزی
۵۱.....	مواد سرامیکی
۵۲.....	شیشه‌های سیلیکاتی
۵۳.....	شیشه‌های فلزی
۶۰.....	تعریف کلی انجماد
۶۱.....	خاصیت تبلور فلزات و آلیاژها در اثر انجماد
۶۶.....	محاسبه ضریب فشردگی سلول واحد HCP
۶۸.....	چگونگی وقوع پدیده انجماد در مواد فلزی
۷۰.....	گرمای ذوب و انجماد
۷۲.....	تئوری‌های ساختار مایع
۷۴.....	انرژی مواد و تغییر آنها در واکنش‌های شیمیایی
۷۵.....	مفهوم انرژی درونی ماده
۷۶.....	آنتالپی
۷۶.....	واکنش‌های گرمازا و گرماگیر
۷۷.....	آنتروپی
۷۸.....	انرژی آزاد گیبس
۸۱.....	کمیت‌های مخلوط‌شدن
۸۲.....	خارج شدن حرارت

۸۹.....	فصل دوم: ترمودینامیک فصل مشترک‌ها
۹۰.....	سطوح و فصل مشترک‌ها
۹۱.....	انرژی سطحی - کشش سطحی
۹۲.....	محاسبه‌ی تقریبی انرژی سطحی در جامدات
۹۴.....	اثر انحناى سطح
۹۸.....	فشار بخار
۱۰۰.....	قابلیت انحلال ذرات کوچک
۱۰۲.....	درشت شدن
۱۰۴.....	دمای ذوب ذرات کوچک

۱۰۷.....	اندازه‌گیری انرژی سطحی
۱۰۸.....	انرژی سطحی جامدات
۱۱۱.....	نسبت انرژی‌های سطحی
۱۱۲.....	خیس شدن سطوح
۱۱۵.....	انرژی سطحی و جدایش ناخالصی‌ها در فصل‌های مشترک
۱۱۸.....	جذب بر روی جامدات (هم‌دماهای جذب)
۱۲۰.....	شکل تعادلی بلور
۱۲۳.....	اثر دما بر انرژی سطحی

فصل سوم: جوانه‌زنی..... ۱۲۵

۱۲۶.....	مقدمه
۱۲۶.....	جوانه‌زنی
۱۲۸.....	جوانه‌زنی همگن (یکنواخت)
۱۳۸.....	سرعت جوانه‌زنی همگن
۱۳۹.....	بررسی پارامترهای موثر بر جوانه‌زنی همگن
۱۴۱.....	واکنش‌های حالت جامد
۱۴۶.....	جوانه‌زنی غیرهمگن
۱۴۹.....	تأثیر مواد جوانه‌زا
۱۵۰.....	عملیات جوانه‌زایی
۱۵۲.....	مزایا و معایب جوانه‌زایی
۱۵۲.....	آهنگ جوانه‌زنی غیرهمگن جامد از مایع
۱۵۹.....	نکاتی از انجماد غیر تعادلی
۱۶۰.....	سرعت انجماد در قطعات ریختگی
۱۶۳.....	مدت یا زمان انجماد و اندازه دندریت‌ها
۱۶۴.....	رشد
۱۶۵.....	ساختار فصل مشترک
۱۶۷.....	خوشه‌ها
۱۶۹.....	توزیع اندازه خوشه
۱۶۹.....	میانگین اندازه خوشه
۱۷۰.....	تحرک حرارتی مرز دانه‌ها

۱۷۷.....	ماهیت فصل مشترک مذاب/جامد
۱۸۰.....	رشد پیوسته
۱۸۲.....	رشد جانبی
۱۸۴.....	هسته گذاری سطحی
۱۸۵.....	رشد مارپیچی
۱۸۶.....	رشد از مرزهای دوقلوبی
۱۸۷.....	انتقال حرارت و پایداری سطح مشترک
۱۸۹.....	عیوب رشد
۱۹۴.....	سینتیک رشد
۱۹۸.....	رشد تحت کنترل نفوذ
۲۰۳.....	تداخل ذرات رسوب در حال رشد
۲۰۵.....	رشد تحت کنترل فصل مشترک

۲۱۱.....	فصل چهارم: انجماد فلزات تک فازی و چندفازی
۲۱۲.....	مقدمه
۲۱۲.....	واژه شناسی
۲۱۴.....	فلزات خالص
۲۱۴.....	شکل های گوناگون فصل مشترک
۲۱۹.....	اثرات توزیع مجدد عنصر محلول در آلیاژها
۲۲۰.....	توزیع مجدد توسط نفوذ
۲۲۵.....	مخلوط شدن کامل در مذاب
۲۲۶.....	اختلاط نسبی در مذاب
۲۲۸.....	تاثیر تغییرات سرعت رشد
۲۲۹.....	فوق تبرید ترکیبی در آلیاژها
۲۳۳.....	انجماد اوتکتیک
۲۴۱.....	اصلاح اوتکتیک ها
۲۴۲.....	فاصله میان لایه های اوتکتیک
۲۴۵.....	آلیاژهای غیر اوتکتیک
۲۴۷.....	آلیاژهای پری تکتیک
۲۵۲.....	مکانیزم انجماد پری تکتیک

پیشگفتار

در جبهه‌ی روزگار بی‌هیچ تیریدی جهت‌دار شوید؛ و فصل مشترکی هموار غنی از عنصر وجود میان خودتان بکشید؛ تا خالص شوید.

علوم در سطوح گوناگون به سرعت رو به پیشرفت است. هر ساله صدها مقاله در کنفرانس‌ها، سمپوزیوم‌ها و همایش‌ها عرضه و پژوهشگران بخشی از دست‌آوردهای خود را به آگاهی جهانیان می‌رسانند. صدها روش نوین اختراع و روش‌هایی نیز جایگزین می‌گردند و به این علت علوم با سرعت فزاینده‌ای رشد داشته و دارد. در این باره می‌توان به انواع روش‌های انجماد در فلزات، کامپوزیت‌ها و یا به حوزه‌ی نانو تکنولوژی اشاره داشت.

دانش انجماد یکی از علوم پایه در مهندسی مواد و متالورژی است که بر اساس ترمودینامیک پایه‌گذاری شده و تعدادی از فرآیندهای متالورژیکی مانند ریخته‌گری و جوشکاری با آن در ارتباط هستند. در صورتی که یک مهندس مواد بخواهد ساختار و ترکیب شیمیایی یک قطعه‌ی ریختگی را کنترل کند، نخست باید درک درستی از مکانیزم‌های انجماد داشته باشد. در بسیاری از موارد ساختارها، ترکیب شیمیایی و توزیع فازها که خود بر خواص نهایی قطعه تاثیر می‌گذارند، به چگونگی انجماد فلز بستگی پیدا می‌کنند. در این کتاب تنها به انجماد فلزات و جوشکاری و چند روش کاربردی موجود در انجماد و ریخته‌گری پرداخته شده است.

در فصل یک، به توضیح مفاهیم اولیه و پایه‌ای مربوط به ذوب و انجماد و انواع پیوندهای فلزی و غیرفلزی اشاره شده است و همچنین در این فصل روش محاسبه ضریب فشردگی سلول واحد hcp

آورده شده است و در پایان به مفاهیم پایه‌ای ترمودینامیک می‌پردازد. فصل دوم تنها به ترمودینامیک فصل مشترک پرداخته شده که آن هم شامل سطوح و فصل مشترک‌ها، انرژی سطحی، اثر انحنای سطح، پدیده استوالد و غیره می‌باشد. فصل سوم، به انواع روش‌های جوانه‌زنی و رشد و سینتیک‌های آن و همچنین به ماهیت‌های فصل مشترک می‌پردازد. در فصل چهارم، اثر متغیرهای مختلف انجماد مانند سرعت رشد و شیب دمایی در مذاب بر ساختار و ترکیب جامد در حال رشد بررسی شده است و سپس به انواع انجمادهای مهم که در صنعت با آن روبه‌رو هستیم تا حدودی اشاره شده است و در پایان به شرح مفصل از انجماد تک کریستال‌ها پرداخته شده است. فصل پنجم، این فصل به ریزساختارهای مهمی که ممکن است در طی انجماد در یک فلز یا آلیاژ روی دهد تکیه کرده است. از این‌رو، در اینجا به ریزساختارهای سلولی و دندریتی پرداخته شده است. فصل ششم، این فصل شرایط و نحوه جوانه‌زنی و انتقالات اتمی به فصل مشترک را از لحاظ ترمودینامیکی توصیف می‌کند. فصل هفتم، به شرح یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی که ممکن است در ساختار یک فلز در حین انجماد رخ دهد و به آن جدایش گفته می‌شود اشاره دارد. از این‌رو، در این فصل پس از شرح انواع جدایش میکروسکوپی به انواع گوناگون جدایش میکروسکوپی که در صنعت با آن سروکار داریم پرداخته می‌شود. فصل هشتم، این فصل به ویژگی‌های ساختار میکروسکوپی، روش و فرایندهای نوینی که در تولید قطعات ریختگی کاربرد دارند و عیوب به‌وجود آمده در ساختارهای گوناگون را مورد بررسی قرار داده است. فصل نهم، به‌طور خلاصه پارامترهای جوش و عناصر تأثیرگذار بر روی فلز جوش و همچنین مناطق جوشکاری و انواع انجماد در جوش را مدنظر قرار داده است و در پایان به انواع ترک گرم در حین انجماد جوش و فرایندهای نوین جوشکاری اشاره داشته است.

لازم به گفتن است که در تدوین و گردآوری این کتاب؛ کوشش به عمل آمده تا مطالب به اندازه کافی برای دانشجویان قابل درک و ساده باشد و همچنین منابعی که در اینجا به کار گرفته شده است شامل کتاب‌های معتبر دانشگاهی، مقالات و حتی جزوات دانشگاهی می‌باشد تا از این‌رو در تدریس مبانی انجماد فلزات برای دانشجویان در مقاطع مختلف مناسب و سودمند واقع گردد.

در آغاز هر فصل با تصاویری از تندیس‌های فلزی که مربوط به تمدن شکوه‌مند ایلام باستان می‌باشد مزین شده است. که دلایل آن در پایین شرح داده شده است. متأسفانه چندین سال است که اقدامات پنهانی و وحشتناکی در راستای چپاول و تحریف تاریخ این تمدن بزرگ و کهن ایرانی؛ توأم با سندسازی‌ها و دروغ‌پردازی‌های بی‌پایه و اساس مبنی بر این‌که ایلامیان باستان سامی نژاد بوده‌اند

صورت گرفته است که جز منافع و اهداف سیاسی چیز دیگری در پشت آن نیست. با کمی دقت متوجه خواهیم شد که دست بر روی نخستین تمدن ایرانی گذاشته‌اند که دیگر تمدن‌های ایران‌زمین بر روی آن بنا نهاده شده‌اند، تمدنی که به قول دکتر حجت‌الله ذاکری ایلامیان نخستین صاحبان کشور ایران بوده‌اند و در کتاب خود بی‌کم و کاست در این باره نوشته است. از این‌رو، بنده لازم دانستم که در کنار مباحث متالورژیکی اندکی هم به مباحث تاریخی که به موضوع کتاب هم بی‌ربط نبوده بپردازم تا خواننده گرامی با هنر و دانش ریخته‌گری هزاران ساله‌ی نیاکان خود کمی آشنا شود. همچنین، در قسمت منابع چندین کتاب و مقاله برای بررسی بیشتر علاقه‌مندان در حوزه تاریخ و متالورژی کهن به‌صورت جداگانه معرفی شده است.

گفتنی است تمدن ایلام باستان با قدمت بیش از ۷۰۰۰ سال در جنوب غرب ایران و قسمتی از کوه‌های زاگرس شرق عراق و در مناطق لرنشین چهارمحال و بختیاری، خوزستان، لرستان، کهگیلویه و بویر احمد، همدان، بوشهر و شمال فارس یکی از کهن‌ترین تمدن‌های شناخته شده جهان است که علاوه بر سه دوره خط‌نوشته و زبان، آثاری همچون سنگ‌نگاره، کتیبه، الواح و ظروف، مهرها و نقش‌های اساطیری نظیر شیردال، بزکوهی، شیر و... بیش از ۷۰۰۰ سال تاریخ مدون از خود به‌جا گذاشته‌اند. در این باره می‌توان به تندیس‌ها و مجسمه‌های برنزی هزاران ساله لرستان اشاره کرد که در ساخت آنها هم از مسگری و هم از ریخته‌گری استفاده شده است.

قوم لر یکی از اقوام بزرگ ایرانی است که سکونت‌گاه ایشان از هزاران سال پیش مسکون بوده و ورود ایرانیان به این مناطق را ۸۰۰-۷۰۰ سال پیش از میلاد مسیح می‌دانند. از سوی دیگر مطابق نظر کارشناسان، زبان لری نیز مشتق از زبان پارسی باستان است که قرابت بسیاری با زبان فارسی دارد. واژه‌ی «لُر» نامی است که برای نخستین‌بار در قرن چهارم هجری بر ساکنان زاگرس میانی گذاشته شده است. بر این اساس پی‌می‌بریم که از قرن چهارم به این سو مردمی به صورت یک قوم به نام لر با هویتی تازه بر اساس دو عنصر زبان و نامشان در این منطقه ظاهر شده‌اند. بر اساس برخی نظریات منشاء خط میان‌رودان نیز از حوزه‌ی این تمدن به میان‌رودان منتقل شده است. یا توجه به وجود اساطیر مشترک و جغرافیای واحد میان اقوام لر و ایلام باستان و همچنین بر پایه یافته‌های انسان‌شناسی مناطق لرنشین ایران و عراق، دانشمندان معتقدند که لُرهای امروزی بازماندگان تمدن با شکوه ایلام باستان می‌باشند. تمدن ایلام تاریخ مردم لر به گفته‌ی گریشمن- تاریخ‌دان مشهور فرانسوی: مگر در این سرزمین (مناطق لرنشین) ندیدم جز تمدن ایلام.