

روش‌های عملی بررسی

نمودارهای تعادلی فازی

نویسندگان

واهاک مارقوسیان (عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)

مهران غفاری (پژوهشگاه مواد و انرژی)

اسماعیل صلاحی (عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی)

این کتاب با حمایت مالی شرکت رنجدانه‌های سرمایه‌ی گهرفام به چاپ رسیده است.



سرشناسه: مارقوسیایان واهاک، پدیدآور
عنوان و نام پدیدآور: روش‌های عملی بررسی نمودارهای تعادلی فاز/ نویسندگان واهاک مارقوسیایان، مهران
غفاری، اسماعیل صلاحی
مشخصات نشر: تهران، سادس، ۱۳۹۰
مشخصات ظاهری: ۴۳۳ ص. مصور، جدول، نمودار
ISBN: 978-600-92329-2-5
۱۰۰۰۰۰ ریال

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا
یادداشت: کتاب حاضر با حمایت مالی شرکت رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام به چاپ رسیده است.

یادداشت: واژه‌نامه
موضوع: متالورژی، آلیاژها، فاز - قانون و تعادل، دیاگرام‌های فاز - جدول‌ها
شناسه افزوده: غفاری، مهران، صلاحی، اسماعیل ۱۳۴۱
شناسه افزوده: شرکت رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام
رده‌بندی کنگره - ۶۳۰/۹۴۸۳/۴۸۳ TA
رده‌بندی دیویی - ۶۶۹/۹۴
شماره کتابشناسی ملی - ۲۵۱۴۸۸۱

نام کتاب: روش‌های عملی بررسی نمودارهای تعادلی فاز
نویسندگان: واهاک مارقوسیایان (عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)،
مهران غفاری (پژوهشگاه مواد و انرژی)، اسماعیل صلاحی (عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی)

چاپ اول: پاییز ۱۳۹۰

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

صاحب امتیاز: انجمن سرامیک ایران

ناشر: نشر سادس

با حمایت: شرکت رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپ اندیشه

فرمت و طراحی: تمام طرح

طراحی جلد: تمام طرح، طرح اولیه: فاطمه سادات طباطبایی‌فخر

شابک: ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۹۲۳۲۹ - ۲ - ۵

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به انجمن سرامیک ایران می‌باشد.

شماره پخش کتاب: انجمن سرامیک ایران ۰۲۱ ۷۷۸۹۹۳۹۹

۵۳	۳-۸- ذوب ترکیب‌های میانی
۵۴	۳-۹- حلالیت در حالت جامد
۶۳	۳-۹-۱- بررسی کمی حلالیت کامل
۶۵	۳-۹-۲- بررسی ریزساختار سیستم‌های دارای حلالیت کامل
۶۹	۳-۹-۳- بررسی کمی حلالیت ناقص
۷۰	۳-۹-۴- بررسی ریزساختار سیستم‌های با حلالیت ناقص
۷۵	پرسش‌های فصل سوم
۱۰۱	پاسخ به پرسش‌های فصل سوم
۱۳۹-۴۱۴	فصل چهارم- سیستم‌های سه جزئی
۱۵۴	۴-۱- ترکیب میانی
۱۵۸	۴-۲- خط آلکیمید
۱۶۰	۴-۲-۱- قانون آلکیمید
۱۶۳	۴-۳- تحول‌های سه جزئی
۱۶۳	۴-۳-۱- مثلث ترکیبی
۱۶۷	۴-۳-۲- تعیین واکنش تحول‌ها
۱۶۸	۴-۳-۲-۱- بررسی کمی تحول‌های یوتکتیک
۱۶۹	۴-۳-۲-۲- تحول پریکتیک نوع اول
۱۷۱	۴-۴- بررسی کمی نمودارهای فازي دارای ترکیب میانی
۱۸۴	۴-۵- انحلال در هنگام انجام سرمایش
۱۸۸	۴-۶- نمودار جریان کار بررسی سیستم‌های سه جزئی
۱۹۰	۴-۷- حالت‌های ویژه
۱۹۳	۴-۸- مقاطع
۲۰۲	۴-۹- حلالیت در سیستم‌های سه جزئی
۲۰۲	۴-۹-۱- حلالیت کامل در سه جزء

فهرست مطالب

مقدمه نویسندگان

فصل اول - آشنایی با مفاهیم	۱-۱۰
۱-۱- سیستم	۱
۱-۲- فاز	۲
۱-۳- اجزای سیستم	۳
۱-۴- درجه آزادی	۴
۱-۵- قانون فازها	۴
پرسش فصل اول	۱۰
فصل دوم - سیستم‌های تک جزئی	۱۱-۲۸
۲-۱- اصل لوشاتلیه	۱۵
پرسش‌های فصل دوم	۱۹
پاسخ به پرسش‌های فصل دوم	۲۴
فصل سوم - سیستم‌های دو جزئی	۲۹-۱۳۸
۳-۱- یونکتیک ساده	۳۱
۳-۱-۱- بحث ریزساختاری	۳۶
۳-۲- ترکیب میانی	۴۲
۳-۳- تحول پریکتیک	۴۵
۳-۴- تحول یونکتوید	۴۶
۳-۵- تحول پریکتوید	۴۸
۳-۶- تحول مونونکتیک	۴۹
۳-۷- تحول مونونکتوید	۵۲

۴۲۱.....	۲-۲-۵- مسیر سرمایش فاز مذاب.....
۴۲۲.....	۳-۲-۵- مسیر سرمایش فازهای جامد.....
۴۲۳.....	۳-۵- تعیین روابط فازی.....
۴۳۱.....	مراجع.....

۲۰۶	۴-۹-۲- حلالت کامل در دو جزء.....
۲۰۶	۴-۹-۲-۱- واکنش یوتکتیک $L \rightarrow \alpha + \beta$
۲۱۵	۴-۹-۲-۲- واکنش پریکتیک $L + \alpha \rightarrow \beta$
۲۲۳	۴-۹-۲-۳- تبدیل واکنش‌های یوتکتیک و پریکتیک سه فازی.....
۲۲۶	۴-۹-۲-۴- واکنش مونوتکتیک $L_1 \rightarrow L_2 + \alpha$
۲۳۰	۴-۹-۲-۵- ناحیه شکست انحلال در حالت جامد.....
۲۳۴	۴-۹-۳- حلالت جزئی در سه جزء.....
۲۳۴	۴-۹-۳-۱- واکنش یوتکتیک سه جزئی.....
۲۴۳	۴-۹-۳-۲- واکنش پریکتیک سه جزئی.....
۲۵۸	۴-۹-۴- حلالت جزئی در سیستم‌های سه جزئی دارای ترکیب میانی.....
۲۵۸	۴-۹-۴-۱- وجود فاز میانی پایدار در بالای نقطه ذوب متجانس در سیستم دو جزئی.....
۲۶۵	۴-۹-۴-۲- فاز میانی تشکیل شده از واکنش پریکتیک در سیستم دو جزئی.....
۲۶۸	۴-۹-۴-۳- وجود بیش از یک فاز میانی دو جزئی.....
۲۶۹	۴-۹-۵- بررسی کمی در سیستم‌های دارای حلالت.....
۲۶۹	۴-۹-۵-۱- حلالت کامل تنها در دو جزء.....
۲۷۲	۴-۹-۵-۲- سیستم سه جزئی با دو فاز محلول جامد.....
۲۷۴	۴-۹-۵-۳- سیستم دارای ترکیب میانی دو جزئی.....
۳۰۵	پرسش‌های فصل چهارم.....
۳۳۷	پاسخ به پرسش‌های فصل چهارم.....
۴۱۵-۴۳۰	فصل پنجم- سیستم‌های چهار جزئی.....
۴۱۵	۵-۱- نمایش سیستم.....
۴۲۰	۵-۲- مطالعه مسیر سرمایش.....
۴۲۰	۵-۲-۱- بلورهای نهایی.....

حالت‌های تعادلی رسم شده و وضعیت‌های غیر تعادلی ماده را نشان نمی‌دهند. هر چند در بسیاری از موارد، به‌ویژه در مواد سرامیکی، رسیدن به حالت تعادل، به‌سختی امکان‌پذیر است، اما در هر حال، حتی در این‌گونه مواد نیز تمایل ماده برای رسیدن به پایدارترین حالت وجود دارد. هرگاه وضعیت موجود ماده با آنچه که این نمودارهای تعادلی فازي پیش‌بینی می‌کنند، تطابق داشته باشد، می‌توان حدس زد که به‌شرط ثابت ماندن این شرایط، تغییری در حالت ماده پدید نیاید. در صورت به‌دست نیامدن چنین تطابقی، باید انتظار داشت که در ماده تغییری پدید آید. نمودارهای تعادلی فازي، آنچه را پیش‌بینی می‌کنند که باید باشد نه آنچه را که هست. اگر وضعیت ماده آنچنان است که نمودارهای تعادلی فازي پیش‌بینی می‌کنند، پس همان است که باید باشد و در این حالت، وضعیت سیستم تعادلی است و به شرط ثبات در این شرایط، وضعیت ماده تغییری نخواهد کرد.

وضعیت موجود ماده توسط دو عامل تعیین می‌شود. یکی از این عوامل، شرایط ترمودینامیکی است که در نمودارهای تعادلی فازي نشان داده می‌شود و عامل دیگر شرایط کینتیکی است که سرعت انجام فرایندها را نشان می‌دهد. به‌طور مثال، ماده غیر بلورین (آمورف یا شیشه‌ای) در نمودارهای تعادلی فازي به‌چشم نمی‌خورد. شیشه، ماده‌ای است بدون نظم بلورین که در شرایط محیطی وجود دارد و هزاران سال نیز می‌تواند به همین شکل باقی بماند. این بدان مفهوم نیست که شیشه در شرایط تعادلی خود قرار دارد، بلکه بدین معناست که موانعی بر سر راه تشکیل ساختار منظم (که توسط نمودارهای تعادلی فازي پیش‌بینی شده‌اند) وجود دارد. بنابراین در بررسی ریزساختار ماده، باید هم از شرایط ترمودینامیکی و هم از شرایط کینتیکی آن اطلاع کافی داشت. بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی مواد به ریزساختار آن‌ها بستگی دارد. بنابراین آگاهی از شیوه کاربرد نمودارهای تعادلی فازي، هم در بررسی خواص و هم در قضاوت در مورد پدید آمدن یا نیامدن حالت تعادل در ماده، ضروری به‌نظر می‌رسد. در این کتاب تلاش شده است تا با ارایه مثال‌های عملی در این زمینه، نمودارهای تعادلی فازي از جنبه‌های کاربردی بررسی شوند.

واهاک مارقوسیان

مهران غفاری

اسماعیل صلاحی

تابستان ۱۳۹۰

مقدمه نویسنده‌گان

علم مواد، علم شناسایی و کاربرد مواد طبیعی یا مصنوعی در کنار هم و در محیط‌های گوناگون است. شاید بتوان این علم را از قدیمی‌ترین علوم شناخته شده بشر دانست. نیاکان ما از دیرباز به استخراج فلز از دل سنگ و پختن گل رس و فراوری مواد اولیه آشنا بوده و به ساخت وسایل مورد نیاز خود می‌پرداخته‌اند. آنان بدون آن‌که بدانند چه اتفاقی در مقیاس اتمی و مولکولی در ماده پدید می‌آید، با قلع اندود کردن ظروف، نشان دادن لعاب بر سطح فلز، حتی رشد بلورهای مس و نقره در اندازه نانومتری در لعاب و ساخت لعاب‌های زرین فام آشنا بوده‌اند. آنچه که علم نوین مواد را از نوع مبتنی آن که خود به‌نوعی کیمیاگری است، جدا می‌کند، آگاهی از ریزساختار ماده است. به عبارت دیگر، دانشمندان ما با اطلاع از نوع مواد اولیه و فرایند تولید، به ویژگی‌های مورد نظر در محصول می‌رسیدند، در حالی که امروزه با آگاهی از مواد اولیه، فرایند ساخت و اثری که این دو عامل بر ریزساختار می‌گذارند، آگاهانه ویژگی‌های مورد نظر را می‌توان در محصول پدید آورد. به‌طور کلی همه آنچه را که تعیین‌کننده ویژگی‌های یک ماده است، می‌توان در پنج عامل نوع اتم‌ها و مولکول‌ها، پیوند بین اتمی، چیدمان اتم‌ها یا نظم بلورین، ریزساختار و عیوب ساختاری خلاصه کرد.

نمودارهای تعادلی فازي، برای نشان دادن وضعیت یک ماده در شرایط فیزیکی گوناگون به‌کار می‌روند. منظور از وضعیت ماده، پایدارترین حالت آن از نظر سطح انرژی است و بنابراین به‌عنوان یک پیش فرض، ماده را باید در حالت تعادل بررسی کرد. به عبارت دیگر، نمودارهای تعادلی فازي برای