

کزین برتر اندیشه برنگذرد
خداوند روزی ده رهنمای

به نام خداوند جان و خرد
خداوند نام و خداوند جای

۱۵۰۱۲۷۰ اعلام وصول

۹۶/۳/۱۱

آلیازسازی مکانیکی

نانوتکنولوژی - سند مواد - و متالورژی پودر

مؤلف : M. Sherif EL - Eskandarany

مترجم : مهندس محمدرضا گواهی

سرشناسنامه	اسکندرانى، م. شريف	El-Eskandarany, M. Sherif
عنوان و نام پدیدآور	آلیاژسازی مکانیکی نانو تکنولوژی - علم مواد و متالورژی پودر /	
مشخصات نشر	مؤلف م. شریف اسکندرانى: مترجم محمدرضا گواهی.	
مشخصات ظاهری	تهران: طراح، ۱۳۹۶.	
فروست	۳۷۰ ص. : مصور، جدول: ۲۱×۲۱ س.م.	
شابک	مواد: ۷.	
وضعیت فهرست نویسی	978-600-8666-03-5	
یادداشت	فیفا	
موضوع	عنوان اصلی: Mechanical alloying : nanotechnology, materials science and power metallurgy	
موضوع	آلیاژسازی مکانیکی - مواد	
شناسه افزوده	mechanical alloying - Nanotechnology :	
رده‌بندی کنگره	گواهی، محمدرضا، ۱۳۶۷ - مترجم	
رده‌بندی دیویی	۱۳۹۶ ۱۵۷/الف/۶۹۸ TN	
شماره کتابشناسی	۶۷۱/۳۷ :	
	۴۶۸۰۲۱	

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و هم‌نقدان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۶۶-۰۳-۵
ISBN 978-600-8666-03-5



نشر طراح

- نام کتاب : آلیاژسازی مکانیکی، نانو تکنولوژی - علم مواد - متالورژی پودر
- مؤلف : M. Sherif EL - Eskandarany
- مؤلفین : مهندس محمدرضا گواهی
- ناشر : طراح
- تیراژ : ۲۰۰ جلد
- نوبت چاپ : اول، بهار ۱۳۹۶

کلیه حقوق برای نشر طراح محفوظ است.

آدرس انتشارات : خیابان انقلاب - روبه‌روی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - ط دوم واحد ۵۰۶
آدرس پخش : خیابان انقلاب - روبه‌روی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - ط منفی یک واحد ۲۰۸

پیشگاران نویسنده

فرآیند آلیاژسازی مکانیکی، که از تکنیک‌های آسیاکاری گلوله‌ای و/یا میله‌ای بهره می‌برد، توجهات بسیاری را به‌عنوان ابزار قدرتمند برای تولید مواد پیشرفته مختلف تعادلی و غیرتعادلی (مانند ذرات آمورف، شبه کریستال‌ها، مواد نانوکریستالی و...) و تولید مواد کامپوزیتی به سوی خود جلب نموده است. همچنین از این روش برای احیاء اکسیدهای فلزی از طریق آسیا کردن پودرهای اکسیدی با عوامل کاهنده فلزی در دمای اتاق استفاده می‌شود. آلیاژسازی مکانیکی، روشی منحصر به فرد است که در آن واکنش حالت جامد بین سطوح پودر مواد واکنش‌دهنده در دمای اتاق، جامد می‌گردد. بنابراین، از این روش برای تولید آلیاژها و ترکیباتی که تولید آنها با روش‌های ذوب و ریخته‌گری معمول غیرممکن یا مشکل‌ناست استفاده می‌گردد.

هدف اصلی این کتاب ارائه مقدمه‌ای در مورد فرآیند آلیاژسازی مکانیکی است که شامل توضیحات جامع در مورد این فرآیند، ملزومات و مواد اولیه، تجهیزات، مشخصات پودرهای آسیا شده، تکنیک‌های متراکم‌سازی و استفاده پودرهای آلیاژ شده / آسیا شده به‌عنوان پیش‌های سطحی محافظ می‌باشد.

این کتاب شامل مثال‌های متنوع و برگزیده از مواد پیشرفته است که در طول سه دهه‌ی گذشته به روش آلیاژسازی مکانیکی تولید شده‌اند. مخاطبان این کتاب دانشمندان محترم مواد، علم نانو، نانو تکنولوژی، متالورژی پودر و متالورژها می‌باشند. همچنین پژوهشگران، دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد و دانشجویان فارغ‌التحصیل شده نیز می‌توانند از این کتاب استفاده نمایند.

فصل ۱ مقدمه‌ای کوتاه در مورد روش‌های مورد استفاده برای آماده‌سازی مواد پیشرفته از طریق رویکردهای مکانیکی و حرارتی را ارائه می‌دهد. در فصل ۲ تاریخچه‌ی استفاده از آسیاگلوله‌ای در تولید گستره‌ی وسیعی از مواد پیشرفته و نوین در طی ۴۰ سال گذشته ارائه شده است. در این فصل، انواع آسیاهای گلوله‌ای نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل ۳، جزئیات بیشتری در مورد پارامترهای مؤثر در آلیاژسازی مکانیکی، آسیاکاری مکانیکی و فرآیندهای مکانیکی مختل‌کننده مورد بحث قرار گرفته است. فصل ۴ کاربردهای تکنیک آسیای گلوله‌ای در نانو تکنولوژی و ساخت مواد نانوبلوری از طریق رویکرد بالا به پایین را مورد بررسی قرار می‌دهد. این فصل مثال‌های مختلفی از سیستم‌های نانوبلوری متداول که به روش آسیای گلوله‌ای تولید می‌شوند و چگونگی فشرده‌سازی و تبدیلیشان به مواد بالک نانوبلوری از طریق روش‌های پیشرفته متراکم‌سازی را در بر می‌گیرد.

در فصل ۵، ما در مورد مکانیزم ایجاد کاربیده‌های فلزی نانوبلوری، از طریق تکنیک آسیای گلوله‌ای پر انرژی

طریق آسیا کردن عوامل کاهنده فلزی آورده شده است. کاربرد مخلوط‌سازی مکانیکی در تولید پودرهای نانوکامپوزیتی در فصل ۷ مورد بحث قرار گرفته است. جزییات تکنیک آسیای گلوله‌ای واکنشی در ایجاد نیتريدها و هیدریدهای فلزی در دمای اتاق، به ترتیب در فصول ۸ و ۹ بحث شده است. فصل ۱۰ واکنش‌های آمورف‌سازی حالت جامد جهت تولید پودرهای آمورف و فلزات شیشه‌ای را ارائه می‌نماید. نهایتاً در فصل ۱۱، ما در مورد یکی از کاربردهای حیاتی پودرهای حاصل از الیازسازی مکانیکی و آسیای گلوله‌ای در حوزه‌ی پوشش‌های محافظ سطح و کاربرد تکنولوژی پاشش پیشرفته، بحث خواهیم نمود.

م. شریف‌ال - اسکندرانی

کویت - آوریل ۲۰۱۵

www.ketab.ir

پیشفنگار مترجم

سپاس بی کران یزدان پاک را که سعادت ترجمه و برگردان این کتاب ارزشمند را به بنده حقیر اعطا فرمود. این کتاب ترجمه شده از کتاب Mechanical Alloying, Nanotechnology, Materials Science and Powder Metallurgy تألیف پروفسور شریف ال-اسکندرانی، ویرایش دوم سال 2015 از انتشارات Elsevier می باشد. با توجه به اینکه بخش اعظم واژگان این کتاب در مورد مواد پیشرفته و نوین بوده، نهایت تلاش بعمل آمده تا از بهترین واژه ها برای برگردان به زبان زیبای پارسی استفاده گردد. تمامی واژگان به دقت و با وسواس بسیار زیاد انتخاب شده و مکرر رفته با درصد خطا در ترجمه به حداقل ممکن برسد.

با گسترش افق های جدید دانش در زمینه های مختلف علمی مانند صنایع فضایی، صنایع هوانوردی، انرژی های نوین و تجدیدپذیر، مواد زیستی، هسته ای، پزشکی، الکترونیک، الکترومغناطیس، صنایع نظامی، حمل و نقل، اتومبیل سازی، ماهواره و... نیاز به مواد پیشرفته مهیا، به ر قطعات نوینی که خواص منحصر به فرد داشته باشند و بتوانند در شرایط کاری جدید خدمت رسانی کنند بیش از هر زمانی احساس می گردد. به جرات می توان گفت که آینده بشر وابستگی شدیدی به انواع مواد پیشرفته دارد به هم اکنون در حال بررسی، طراحی و تولید می باشند.

انواع نیمه رساناها، ابر رساناها، شبه کریستال ها، مواد ذخیره سدر، هیروژن، نانو پوشش های محافظ، فلزات شیشه ای، سرامیک های مهندسی، نانو کامپوزیت ها، نانولوله های کربنی، ترانزیستورهای فلزی، پیزوالکتریک ها و سنسورهای نوین، مواد مغناطیسی، مواد آموورف، مواد زیستی، مواد هوشمند و... از جمله مثال های متداول مواد پیشرفته می باشند. یکی از روش های مهم و اساسی برای تهیه و تولید گستره وسیعی از مواد پیشرفته مهندسی فرایند آلیاژ سازی مکانیکی می باشد که طی سال های گذشته کاربردهای فراوانی در نانو تکنولوژی و تولید نانو کامپوزیت های زمینه فلزی داشته است.

هدف از ترجمه این کتاب، آشنایی هر چه بیشتر پژوهشگران، دانشجویان و اساتید محترم با این روش و مزایای آن می باشد. در این کتاب به چگونگی تهیه و تولید مواد پیشرفته گوناگونی همچون نانو کامپوزیت ها، مواد آموورف، فلزات شیشه ای، مواد ذخیره کننده هیدروژن، احیای مکانیکی حالت جامد فلزات، تولید نیتريد فلزات توسط آسیای واکنشی و نحوه ایجاد پوشش های محافظ توسط پودرهای آسیا شده پرداخته شده است. تمامی واکنش ها و مواد تولید شده به روش آلیاژ سازی مکانیکی در دمای اتاق رخ داده و می توان با کنترل پارامترهای مختلف موثر بر روی آلیاژ سازی مکانیکی، محصولات نهایی با کیفیت بسیار بالا و عاری از مواد واکنشی ناخواسته

علاوه بر موارد فوق، انواع آسیاهای مورد استفاده در فرایندهای مختلف آلیاژسازی مکانیکی، اختلال مکانیکی و آسیای مکانیکی در کنار ابزارهای گوناگون آسیاکاری معرفی و تشریح شده است. همچنین، پارامترهای موثر بر روی آسیاکاری مانند سرعت آسیاکاری، اتمسفر و محیط آسیاکاری، نسبت ابزار آسیا به پودر، زمان آسیاکاری، نوع آسیای مورد استفاده و ... نیز به طور کامل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. این کتاب می تواند به عنوان مرجعی معتبر و مطمئن در مورد آلیاژسازی مکانیکی برای دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد، دانشمندان، پژوهشگران و اساتید علم و مهندسی مواد، نانوتکنولوژی و متالورژی پودر و صنعتگران دانش بنیان به کار برده شود.

محمدرضا گواهی

زمستان ۱۳۹۵

www.ketab.ir

فصل ۱ مقدمه (۱-۱۱)

- ۲ ۱-۱ مواد پیشرفته
- ۲ ۲-۱ تدابیر به کار رفته برای تولید مواد پیشرفته
- ۴ ۳-۱ روش‌های مکانیکی
- ۴ ۱-۲-۱ متالورژی پودر
- ۵ ۲-۲-۱ آسیای گلوله‌ای
- ۵ ۳-۲-۱ آلیاژسازی مکانیکی
- ۵ ۴-۳-۱ تغییر فرم پلاستیک شدید
- ۷ ۴-۱ روش‌های حرارتی
- ۷ ۱-۴-۱ انجماد سریع
- ۸ ۱-۱-۱-۱ رایند مذاب ریسی
- ۹ ۲-۴-۱ سوپر آلیاژها: افشانش گازی/آبی
- ۹ ۳-۴-۱ فرایند پاشما: حرارتی
- ۹ ۴-۴-۱ رسوب: فاز
- ۱۰ ۱-۴-۴-۱ فرآیند PVD
- ۱۰ ۲-۴-۴-۱ فرآیند CVD
- ۱۰ مراجع

فصل ۲ پیشینه و ضرورت آلیاژسازی مکانیکی (۱۳-۲۷)

- ۱۴ ۱-۲ پیشینه آلیاژسازی مکانیکی
- ۱۵ ۲-۲ تولید آلیاژهای ODS
- ۱۵ ۱-۲-۲ سوپر آلیاژهای ODS پایه نیکل و آلیاژهای دما بالا پایه آهن
- ۱۷ ۱-۱-۲-۲ اینکونل MA 745
- ۱۸ ۲-۱-۲-۲ اینکونل MA 6000
- ۱۹ ۳-۱-۲-۲ اینکونل MA 956
- ۲۱ ۳-۲ ساخت سایر مواد پیشرفته
- ۲۲ ۴-۲ آلیاژسازی مکانیکی (MA)، سنگ‌زنی مکانیکی (Mechanical grinding).
- ۲۴ آسیای مکانیکی (Mechanical milling) و اختلال مکانیکی (Mechanical disordering)
- ۲۵ ۵-۲ انواع آسیاهای گلوله‌ای
- ۲۶ ۱-۵-۲ آسیاهای گلوله‌ای

فهرست VIII

۲۶	آسیای گلوله‌ای اصطکاکی (Attritor) یا سایشی (Attrition ball mill)	۱-۱-۵-۲
۲۷	آسیاهای لرزاننده (Shaker mills)	۲-۱-۵-۲
۲۹	آسیاهای مخلوط رتج (Retsch mixer mills MM200 و MM400)	۳-۱-۵-۲
۲۹	Super Misuni	۴-۱-۵-۲
۳۰	آسیای گلوله‌ای سیاره‌ای	۵-۱-۵-۲
۳۵	آسیای یونی بال (The uni-ball mill)	۶-۱-۵-۲
۳۷	آسیای غلکی کم انرژی	۲-۵-۲
۳۷	آسیای گلوله‌ای غلتان (Tumbler Ball Mill)	۱-۲-۵-۲
۳۹	آسیای میله‌ای غلتان	۲-۲-۵-۲
۴۰	۶ مکانیزم MA	
۴۱	برخه گلوله-پودر-گلوله	۱-۶-۲
۴۱	۷ ضریب	۷-۲
۴۲	مراجع	

فصل ۳ کنترل فرایند آسیاکاری پر در (۸۲-۴۹)

۵۰	۱-۲ پارامترهای موثر بر روع آسیای ری مکانیکی، اختلال مکانیکی و آسیای مکانیکی	
۵۱	۱-۱-۲ انواع آسیاهای گلوله‌ای	
۵۲	۲-۱-۲ شکل محفظه آسیاکاری	
۵۲	۳-۱-۲ ناخالصی‌ها و ابزار آسیاکاری	
۵۶	۴-۱-۲ ابزار آسیاکاری	
۶۲	۵-۱-۲ سرعت آسیاکاری	
۶۹	۶-۱-۲ زمان آسیاکاری	
۷۱	۷-۱-۲ اتمسفر آسیاکاری	
۷۳	۸-۱-۲ محیط آسیاکاری	
۷۶	۹-۱-۲ نسبت وزنی گلوله به پودر	
۷۸	۱۰-۱-۲ دمای آسیاکاری	
۸۱	مراجع	

فصل ۴ آسیای گلوله‌ای بعنوان ابزار تکنولوژی قدرتمند برای تولید نانو مواد (۸۳-۱۰۶)

فهرست IX

۸۴	۱-۱-۴ روش‌های به‌کار رفته برای تولید نانو مواد
۸۴	۲-۴ مواد نانوبلوری
۸۵	۱-۲-۴ تاثیر نانوبلوری بودن بر روی خواص مکانیکی : استحکام‌دهی از طریق کاهش اندازه دانه
۹۰	۳-۴ تولید مواد نانوبلوری توسط تکنیک آسیای گلوله‌ای
۹۱	۱-۳-۴ مکانیزم
۹۱	۱-۱-۳-۴ مرحله نخست
۹۱	۲-۱-۳-۴ مرحله دوم
۹۱	۳-۱-۳-۴ مرحله سوم
۹۱	۲-۳-۴ مثال‌های برگزیده
۹۱	۱-۱-۴ ایجاد نانو بلور $\text{Ni}_x\text{Mo}_{100-x}$ ($x=60, 80 \text{ at\%}$)
۹۲	۲-۳-۴ ایجاد فلزات fcc نانوبلوری
۹۳	۴-۴ تاثیر آسیای گلوله‌ای بر روی ساختار نانولوله‌های کربنی
۹۴	۵-۴ فشردن و تف رشی مواد پودری
۹۵	۱-۵-۴ متالورژی پودر لاسیک
۹۷	۶-۴ متراکم‌سازی پودرهای نانوبلوری
۹۹	۱-۶-۴ روش‌های مورد استفاده در متراکم‌سازی پودرهای آسیاشده
۱۰۰	۷-۴ روش SPS برای متراکم‌سازی پودرهای نانوبلوری آسیا شده
۱۰۰	۱-۷-۴ اجزاء و پیکربندی سیستم SPS
۱۰۰	۲-۷-۴ نحوه پرشدن نمونه پودری
۱۰۳	۳-۷-۴ رویه کار
۱۰۳	۴-۷-۴ مکانیزم
۱۰۵	مراجع

فصل ۵ کربنی کردن مکانیکی حالت جامد (۱۰۷-۱۲۳)

۱۰۸	۱-۵ مقدمه
۱۰۸	۲-۵ آماده‌سازی- چالش‌ها و مشکلات
۱۰۹	۳-۵ تولید TiC نانوبلوری با روش آلیاژسازی مکانیکی
۱۱۱	۴-۵ سنتز و خواص پودرهای TiC واکنش یافته‌ی مکانیکی در حالت جامد
۱۱۱	۱-۴-۵ سنتز ذرات نانوپودر $\text{Ti}_{55}\text{C}_{45}$
۱۱۵	۲-۴-۵ متراکم‌سازی ذرات نانو پودر $\text{Ti}_{55}\text{C}_{45}$ آسیا شده

فهرست X

۱۱۶	۱-۳-۴-۵ میکروسختی
۱۱۷	۲-۳-۴-۵ مدول الاستیک
۱۱۸	۵-۵ سایر کاربیدهای تولید شده با MA
۱۱۸	۱-۵-۵ تولید پودرهای β -SiC
۱۲۲	۲-۵-۵ ایجاد پودرهای WC نانو فاز
۱۲۲	۳-۵-۵ تولید پودرهای نانو بلوری ZrC
۱۲۳	مراجع

فصل ۶ احیای مکانیکی حالت جامد (۱۲۵-۱۴۲)

۱۲۶	۱-۶ مقدمه
۱۲۶	۲-۶ احیای Cu توسط Ti توسط آسیاکاری میله‌ای در دمای اتاق
۱۲۷	۳-۶ خواص به رها آسپای میله‌ای شده
۱۲۷	۱-۳-۶ تغییرات ساختاری در طول زمان آسیاکاری
۱۳۰	۲-۳-۶ متالوگرافی
۱۳۱	۳-۳-۶ اندازه‌گیری‌های JTA
۱۳۲	۴-۶ مکانیزم MSSR
۱۳۳	۵-۶ ساخت WC نانوبلوری و نانوکامپوزیت WC-MgO دیرگداز توسط MSSR
۱۳۵	۱-۵-۶ خواص پودرهای آسیاشده
۱۳۵	۱-۱-۵-۶ تغییرات ساختاری با زمان آسیاکاری
۱۳۸	۲-۱-۵-۶ تغییر دما با زمان آسیاکاری
۱۴۰	۳-۱-۵-۶ سختی، سفتی و مدول الاستیک WC و WC/MgO احیا شده
۱۴۲	مراجع

فصل ۷ ساخت مواد نانوکامپوزیتی (۱۴۳-۱۶۹)

۱۴۳	۱-۷ مقدمه و پیشینه
۱۴۳	۱-۱-۷ نانوکامپوزیت‌ها
۱۴۵	۱-۲-۷ نانوکامپوزیت‌های زمینه فلزی
۱۴۶	۲-۷ روش‌های ساخت MMNC های ذره‌ای
۱۴۶	۱-۲-۷ نانوکامپوزیت‌های زمینه فلزی SiC/Al
۱۴۷	۲-۲-۷ ساخت MMNC های SiC/Al از طریق اختلاط مکانیکی حالت جامد
	۱-۲-۲-۷ خواص نانوکامپوزیت‌های SiC/Al تولید شده به روش مکانیکی

فهرست XI

- ۱۵۴ ۲-۲-۲-۷ مکانیزم ساخت
- ۱۵۶ ۲-۷ نانوکامپوزیت‌های پایه WC
- ۱۵۶ ۱-۲-۷ نانوکامپوزیت‌های WC/Al₂O₃
- ۱۶۲ ۲-۲-۷ نانوکامپوزیت WC-5Co-1Cr-3MgO-0/7VC-0/3Cr₃C₂
- ۱۶۵ ۴-۷ ساخت کامپوزیت‌های زمینه فلزی/CNT به وسیله آلیاژسازی مکانیکی
- ۱۶۹ مراجع

فصل ۸ استفاده از آسیای گلوله‌ای واکنشی برای ساخت پودر نانوبلوری نیتريد فلزی (۱۷۱-۱۸۸)

- ۱۷۲ ۱-۱ نیتريد‌های فلزی
- ۱۷۳ ۲-۸ TiN نانوبلوری توسط آسیای گلوله‌ای واکنشی
- ۱۷۳ ۳-۸ خواص پودرهای حاصله از آسیاکاری گلوله‌ای واکنشی
- ۱۷۳ ۱-۲-۸ تغییرات ساختاری در طول زمان آسیاکاری
- ۱۷۴ ۲-۳-۸ مورفولوژی
- ۱۸۲ ۴-۸ مکانیزم ساخت
- ۱۸۲ ۱-۱-۴-۸ مرحله‌ی نخست RBM
- ۱۸۲ ۲-۱-۴-۸ مرحله‌ی دوم RBM
- ۱۸۲ ۱-۴-۸ تکنیک RBM برای تولید پودرهای TiN
- ۱۸۲ ۱-۱-۴-۸ مرحله‌ی نخست RBM
- ۱۸۳ ۳-۱-۴-۸ مرحله‌ی سوم RBM
- ۱۸۳ ۴-۱-۴-۸ چهارمین مرحله از RBM
- ۱۸۳ ۵-۸ سایر نیتريد‌های تولید شده توسط RBM
- ۱۸۴ ۶-۸ استفاده از RBM برای سنتز نانولوله‌های نیتريد بور
- ۱۸۸ مراجع

فصل ۹ واکنش مکانیکی گاز-جامد برای تولید هیدریدهای فلزی ذخیره‌ساز هیدروژن (۱۸۹-۲۱۷)

- ۱۹۰ ۱-۹ مقدمه
- ۱۹۰ ۱-۱-۹ اقتصادی بودن هیدروژن
- ۱۹۰ ۱-۲-۹ ذخیره‌سازی هیدروژن
- ۱۹۱ ۱-۱-۱-۹ خصوصیات و خواص سوختی هیدروژن
- ۱۹۱

فهرست XII

۱۹۲	۲-۲-۱-۹ روش ذخیره‌سازی مایع
۱۹۳	۲-۲-۱-۹ روش ذخیره‌سازی حالت جامد: هیدریدهای فلزی
۱۹۵	۲-۹ هیدرید منیزیم به عنوان یکی از مواد ذخیره‌کننده‌ی هیدروژن
۱۹۵	۱-۲-۹ تهیه و سنتز نمودن
۱۹۸	۲-۲-۹ تغییرات ساختاری در طول زمان RBM
۲۰۲	۲-۲-۹ پایداری حرارتی
۲۰۹	۴-۲-۹ خواص هیدروژن‌زایی / هیدروژن‌زدایی
۲۱۶	مراجع

فصل ۱۰ آморف‌سازی مکانیکی حالت جامد (۲۹۲-۲۱۹)

۲۲۰	۱-۱۰ مقدمه
۲۲۱	۲-۱۰ ساخت آل‌زهای آمورف توسط فرایند آلیاژسازی مکانیکی
۲۲۳	۲-۱۰ دگرگونی مار-ب-شیشه
۲۲۳	۱-۳-۱۰ نمودارهای نیمه پایداری
۲۲۵	۴-۱۰ مکانیزم آمورف‌سازی آفراند MA
۲۲۵	۱-۴-۱۰ تغییرات ساختاری در بین زمان آسیاکاری
۲۲۵	۱-۱-۴-۱۰ آنالیز پرتو X
۲۲۶	۲-۱-۴-۱۰ مشاهدات TEM
۲۲۸	۲-۴-۱۰ تغییرات مورفولوژی و متالوگرافیک در طول زمان آسیاکاری
۲۳۰	۲-۴-۱۰ پایداری حرارتی
۲۳۰	۱-۳-۴-۱۰ فرایند آمورف‌سازی
۲۳۹	۲-۳-۴-۱۰ فرایند بلوری شدن
۲۴۱	۳-۳-۴-۱۰ مکانیزم
۲۴۴	۵-۱۰ محدوده‌ی تشکیل شیشه
	۶-۱۰ آمورف‌سازی از طریق MA زمانی که $\Delta H^{tot}=0$ است: آمورف‌سازی
۲۴۷	مکانیکی حالت جامد برای سیستم دوتایی $Fe_{50}W_{50}$
۲۴۷	۱-۶-۱۰ تغییرات ساختاری همراه با زمان آسیاکاری
۲۵۱	۲-۶-۱۰ مطالعات مغناطیسی
۲۵۲	۲-۶-۱۰ پایداری حرارتی
۲۵۴	۴-۶-۱۰ مکانیزم
۲۵۵	۱-۴-۶-۱۰ مرحله تشکیل ذرات پودر Fe-W کامپوزیتی
۲۵۵	۲-۴-۶-۱۰ مرحله‌ی تشکیل محلول جامد Fe-W

فهرست XIII

- ۲۵۶ ۷-۱-۱ سیستم‌های ویژه و کاربردها
- ۲۵۶ ۱-۷-۱ فولاد زنگ‌زن آسیتیتی آمورف
- ۲۵۶ ۲-۷-۱ تولید فولاد ویژه $Fe_{52}Nb_{48}$ آمورف
- ۲۵۹ ۳-۷-۱ سیستم Fe-Zr-B
- ۲۶۰ ۸-۱ تفاوت‌های بین MA و MD در واکنش آمورف‌سازی $Al_{50}Ta_{50}$ در یک آسیای میله‌ای
- ۲۶۰ ۱-۸-۱ پیشینه
- ۲۶۱ ۲-۸-۱ روش
- ۲۶۲ ۲-۸-۱ تغییرات ساختاری در طول زمان آسیاکاری
- ۲۶۲ ۴-۸-۱ تغییرات مورفولوژیکی در طول زمان آسیاکاری
- ۲۶۶ ۸-۱-۱ پایداری حرارتی
- ۲۶۷ ۶-۸-۱ مکانیزم تشکیل $Al_{50}Ta_{50}$ از طریق MD
- ۲۶۸ ۹-۱-۱ دیگر نه‌ای مکانیکی بلور-آمورف چرخه‌ای در حین MA
- ۲۶۹ ۱-۹-۱ سیستم دایایی Co-Ti
- ۲۶۹ ۱-۱-۹-۱ پایداری در طول زمان آسیاکاری
- ۲۷۳ ۲-۱-۹-۱ پایداری در رتبه
- ۲۷۳ ۲-۹-۱ سیستم دوتایی Al_{72}
- ۲۷۳ ۱-۲-۹-۱ تغییرات ساختاری در طول زمان آسیاکاری
- ۲۷۵ ۲-۲-۹-۱ پایداری حرارتی
- ۲۷۸ ۳-۹-۱ مکانیزم دگرگونی‌های فازی چرخه‌ای در بلور-آمورف در حین آسیاکاری گلوله‌ای
- ۲۷۹ ۱۰-۱-۱ متراکم نمودن پودرهای آلایژ شیشه فلزی حاوی جزیی به مواد کاملاً بالک چگال
- ۲۷۹ ۱-۱۰-۱ تولید و متراکم‌سازی پودرهای آلایژ شیشه فلزی $Zr_{52}Al_6Ni_8Cu_{14}W_{20}$ چند جزیی
- ۲۸۰ ۱-۱-۱۰-۱ تغییر ساختار
- ۲۸۲ ۲-۱-۱۰-۱ پایداری حرارتی
- ۲۸۳ ۳-۱-۱۰-۱ جمع‌بندی
- ۲۹۰ مراجع

فهرست XIV

۲۹۶	۲-۱۱ پاشش حرارتی
۲۹۶	۱-۲-۱۱ فرآیندهای پایه احتراقی
۲۹۸	۱-۱-۲-۱۱ پاشش حرارتی اکسیژن پر سرعت
۳۰۱	۲-۲-۱۱ فرآیند پاشش سرد
۳۰۳	۱-۲-۲-۱۱ مزایا
۳۰۵	۲-۲-۲-۱۱ مکانیزم
	۴-۲-۲-۱۱ پاشش سرد پودرهای نیمه پایدار به دست آمده از آلیاژسازی
۳۰۵	مکانیکی
۳۰۹	مراجع

www.ketab.ir