

مقدمه‌ای بر

کامپوزیت‌های زمینه فلزی

کامپوزیت‌های فلز-پلاستیک، روش‌های تولید، ویژگی‌ها و کاربردها

تألیف:

علی علیزاده علیرضا عبدالهی

تابستان ۱۳۹۶

سرشناسه:	علیزاده، علی، ۱۳۵۳ -
عنوان و نام پدیدآور:	مقدمه‌ای بر کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی، کامپوزیت‌های نانوساختار، روش‌های تولید، ویژگی‌ها و کاربردها/ تألیف علی علیزاده، علیرضا عبدالمهی.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری:	[۱۱] س، ۷۷۴ ص: مصور(بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۶-۵۱-۷
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبیا.
یادداشت:	واژه‌نامه.
یادداشت:	کتابنامه: ص [۷۵۱] - ۷۷۴
موضوع:	مواد چندسازه فلزی.
شماره افزوده:	عبدالمهی، علیرضا، ۱۳۶۶ -
مسانه افزوده:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۶ م۷ع/ ۴۸۱ TA
رده‌بندی دیویی:	۶۳۰/۱۶
کتابشناسی:	۴۹۷۶۵۵۲



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجموعه دانش فنی و فناوری های ساخت

عنوان کتاب:	مقدمه‌ای بر کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی، کامپوزیت‌های نانوساختار، روش‌های تولید، ویژگی‌ها و کاربردها
تألیف:	 علی علیزاده- علیرضا عبدالمهی
ناشر:	 انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
طرح روی جلد:	 فریناز عسگری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	 دانشگاه صنعتی مالک اشتر
صفحه‌آرایی رایانه‌ای:	 مهدی ملایی
ویراستار ادبی:	 زهرا جاویدی
شمارگان:	 ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ:	 اول، پاییز ۹۶
قیمت:	 ۴۸۰.۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7736-51-7

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، معاونت پژوهش و فناوری، مدیریت دانش،

انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

فهرست مطالب

پیشگفتار مولفان ۱

فهرست علائم و اختصارات ج

فصل اول: معرفی کامپوزیت‌های زمینه فلزی ۳

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- انواع کامپوزیت‌های زمینه فلزی ۶

فصل دوم: روش‌های ساخت کامپوزیت‌های زمینه فلزی ۱۳

۱-۲-۱- مقدمه ۱۳

۱-۲-۲- ریخته‌گری گردابی ۱۴

۱-۲-۲-۱- توزیع ذرات تقویت‌کننده ۱۶

۱-۲-۲-۲- تخلخل ۲۱

۱-۲-۲-۳- ترشوندگی ذرات با مذاب ۲۴

۱-۲-۲-۴- عوامل کاهش ترشوندگی ۲۵

۱-۲-۲-۵- روش‌های بهبود ترشوندگی ذرات ۲۶

۱-۲-۲-۵-۱- افزودن عناصر آلیاژی به آلیاژ زمینه ۲۸

۱-۲-۲-۵-۲- پوشش‌دهی ذرات سرامیکی ۲۸

۱-۲-۲-۵-۳- عملیات حرارتی ذرات تقویت‌کننده ۲۹

۱-۲-۲-۵-۴- آسیاب‌کاری مکانیکی ۲۹

۱-۲-۲-۵-۵- روش‌های دیگر برای افزایش ترشوندگی ۳۰

۱-۲-۲-۶- تأثیر دمای بارریزی و زمان همزدن بر ریزساختار ۳۱

۱-۲-۲-۷- تأثیر دمای بارریزی و زمان همزدن بر ویژگی‌های مکانیکی ۳۳

۱-۲-۲-۷-۱- سختی ۳۳

۱-۲-۲-۷-۲- استحکام کششی ۳۴

- ۳-۲-۳- متالورژی پودر..... ۳۸
- ۳-۲-۱- مخلوط کردن پودرهای زمینه و تقویت‌کننده..... ۴۳
- ۳-۲-۲- فشردن پودر..... ۴۴
- ۳-۲-۳- تفجوشی..... ۴۶
- ۳-۲-۴- تفجوشی فاز مایع (LPS)..... ۴۷
- ۳-۲-۴-۱- عوامل سینتیکی و ترمودینامیکی در تفجوشی فاز مایع..... ۴۸
- ۳-۲-۴-۱-۱- انرژی سطحی..... ۴۸
- ۳-۲-۴-۱-۲- توانایی نفوذ (نفوذپذیری)..... ۵۱
- ۳-۲-۵- مایع‌های فرایند LPS..... ۵۲
- ۳-۲-۵-۱- تفجوشی حالت جامد پیش از شکل‌گیری فاز مایع..... ۵۳
- ۳-۲-۵-۲- بار آیین..... ۵۳
- ۳-۲-۵-۳- اسلادل رسوب مجدد و تطابق شکل دانه‌ها..... ۵۴
- ۳-۲-۵-۴- مرحله نهایی تفجوشی..... ۵۵
- ۳-۲-۶- تفجوشی فاز مایع حرو سر (SL₁S)..... ۵۵
- ۳-۲-۶-۱- متغیرهای فرایند SL₁S..... ۵۶
- ۳-۲-۶-۲- کاربردهای فرایند SL₁S..... ۶۱
- ۳-۲-۷- تفجوشی فاز مایع گذرا (TLPS)..... ۶۲
- ۳-۲-۸- تفجوشی فاز مایع فعال شده (ALPS)..... ۶۳
- ۳-۲-۹- تفجوشی واکنشی..... ۶۵
- ۳-۲-۹-۱- ارزیابی تخلخل‌ها در طول سنتز احتراقی..... ۶۶
- ۳-۲-۹-۲- متراکم‌سازی در طول تفجوشی واکنشی..... ۷۰
- ۳-۲-۹-۳- کنترل فاز مایع با عوامل فرایند..... ۷۱
- ۳-۲-۹-۴- کنترل تشکیل بیش از حد فاز مایع با افزودن رقیق‌کننده..... ۷۴
- ۳-۲-۹-۵- تقویت شکل‌گیری فاز مایع با آلیاژ کردن..... ۷۵
- ۳-۲-۹-۶- تأثیر عملیات فشرده‌سازی..... ۷۸
- ۳-۲-۱۰- تفجوشی به کمک فشار..... ۸۰

۸۰	۱۱-۳-۲- تفجوشی واکنشی به کمک فشار.....
۸۲	۱۲-۳-۲- کاربردهای فرایند تفجوشی واکنشی.....
۸۶	۴-۲- تفجوشی به کمک قوس پلاسما (SPS).....
۸۷	۱-۴-۲- اجزای اصلی دستگاه SPS.....
۹۱	۲-۴-۲- سازوکار فرایند SPS.....
۹۶	۳-۴-۲- تأثیر پالسهای جریان DC.....
۱۰۲	۴-۴-۲- اندازه‌گیری دما در روش SPS.....
۱۰۳	۱-۲-۵- شبیه‌سازی تغییرات میدان گرمایی (حرارتی) و
۱۰۴	۱-۴-۲- میدا.....
۱۰۶	۱-۵-۴-۲- میدا.....
۱۰۸	۳-۵-۴-۲- شار گرمایی (حرارتی).....
۱۰۹	۶-۴-۲- مزایا و ویژگی‌های فرایند SPS.....
۱۱۶	۷-۴-۲- برخی از کاربردهای فرایند SPS.....
۱۱۸	۱-۷-۴-۲- سیلیکون نایتراید (SiCN).....
۱۱۸	۲-۷-۴-۲- سیلیکون کارباید (SiC).....
۱۲۰	۳-۷-۴-۲- ساخت ماده تدریجی (FGM) فولاد زنگ‌نزن/ زیرکونیا.....
۱۲۰	۴-۷-۴-۲- سیالون‌ها.....
۱۲۲	۵-۲- پرس همفشار گرم (HIP).....
۱۲۷	۱-۵-۲- فرایند HIP.....
۱۲۷	۱-۱-۵-۲- فشرده‌سازی پودر.....
۱۲۹	۲-۱-۵-۲- اتصادهی نفوذی/ اتصال فصل مشترکی.....
۱۳۰	۳-۱-۵-۲- تشریح و توصیف فرایند.....
۱۳۳	۴-۱-۵-۲- انتخاب عوامل فرایند.....
۱۳۴	۵-۱-۵-۲- فرآوری پودر.....
۱۳۷	۶-۱-۵-۲- ساخت قالب HIP.....
۱۴۲	۷-۱-۵-۲- ساخت قطعه.....

- ۱۴۲..... ۲-۵-۱-۷-۱- بارگذاری
- ۱۴۴..... ۲-۵-۱-۷-۲- متراکم‌سازی به وسیله HIP
- ۱۴۵..... ۲-۵-۱-۷-۳- فرایندهای پس از متراکم‌سازی
- ۱۴۵..... ۲-۶-۱- آلیاژسازی مکانیکی
- ۱۵۱..... ۲-۶-۱- کاربردهای فرایند آلیاژسازی مکانیکی
- ۱۵۳..... ۲-۶-۱-۱- تولید مواد آمورف
- ۱۵۳..... ۲-۶-۱-۲- ترکیبات بین فلزی
- ۱۵۴..... ۲-۶-۱-۳- سنتز پودرهای نانوبلور
- ۱۵۵..... ۲-۶-۱-۴- سنتز کامپوزیت‌های فلز-سرامیک و پودرهای نانو کامپوزیتی
- ۱۵۶..... ۲-۶-۱-۵- تولید نانو پودرها
- ۱۵۷..... ۲-۶-۲- عوامل اثرگذار بر فرایند آلیاژسازی مکانیکی
- ۱۵۸..... ۲-۶-۱-۲- مناسبات
- ۱۵۹..... ۲-۶-۲-۲- محفظه آسیاب
- ۱۶۰..... ۲-۶-۲-۳- سرعت آسیاب
- ۱۶۱..... ۲-۶-۲-۴- زمان آسیاب
- ۱۶۱..... ۲-۶-۲-۵- نوع و اندازه گلوله‌ها
- ۱۶۴..... ۲-۶-۲-۶- نسبت وزنی گلوله‌ها به پودر
- ۱۶۵..... ۲-۶-۲-۷- حد پرشدن محفظه
- ۱۶۵..... ۲-۶-۲-۸- اتمسفر آسیاب
- ۱۶۶..... ۲-۶-۲-۹- عامل کنترل‌کننده فرایند (PCA)
- ۱۶۸..... ۲-۶-۲-۱۰- دمای آسیاب
- ۱۶۹..... ۲-۶-۳- آسیاب‌های پرانرژی
- ۱۷۲..... ۲-۶-۱-۳- آسیاب ارتعاشی
- ۱۷۳..... ۲-۶-۲-۳- آسیاب سیارهای
- ۱۷۵..... ۲-۶-۳-۳- آسیاب سایشی
- ۱۷۸..... ۲-۶-۴- آسیاب مکانیکی سرمایشی

۱۸۱	۵-۶-۲- آسیاب‌های کم انرژی.....
۱۸۳	۶-۶-۲- سازوکار آلیاژسازی مکانیکی.....
۱۸۳	۶-۶-۱- سازوکار آلیاژسازی مکانیکی پودرهای فلزی.....
۱۹۲	۶-۶-۲- سازوکار آلیاژسازی مکانیکی پودرهای کامپوزیتی.....
۲۰۶	۶-۶-۳- سازوکار آلیاژسازی مکانیکی پودرهای سرامیکی.....
۲۱۰	۶-۷- تأثیر فرایند آلیاژسازی مکانیکی بر اندازه دانه‌ها.....
۲۱۹	۶-۸- تأثیر فرایند آلیاژسازی مکانیکی بر چگالی ظاهری پودرها.....
۲۲۳	۶-۹- چگالش داغ.....
۲۲۴	۶-۱۰- انحلال بر روی کرنش.....
۲۲۹	۶-۱۱- سازوکارهای انحلال برآمده از کرنش فازها در فلزات.....
۲۳۰	۶-۱۱-۱- نمودار میمبسته فازی حالت پایدار و نیمه پایدار
۲۳۱	۶-۱۱-۲- انحلال در برابر روغن نابجایی.....
۲۳۶	۶-۱۱-۳- سازوکارهای انحلال ناشی از کرنش در فازهای
۲۳۶	۶-۱۱-۱- سازوکار جذب ناخالصی با مرزدانه.....
۲۳۸	۶-۱۱-۲- سازوکار جذب ناخالصی توسط فازهای دمابالا.....
۲۴۰	۶-۱۱-۳- سازوکار جذب ناخالصی با نهج جای‌ها.....
۲۴۴	۶-۱۲- سینتیک انحلال ناشی از تغییر شکل فازها در فلزها و
۲۴۴	۶-۱۳- عوامل فیزیکی مؤثر بر انحلال فازهای خارجی به هنگام
۲۴۸	۶-۱۳-۱- سرعت تغییرات شعاع آخال خارجی منفرد.....
۲۴۹	۶-۱۳-۲- وابستگی کسر حجمی فاز حل شونده به زمان.....
۲۵۴	۶-۱۴- سازوکار تغییرات ساختاری مرزهای ویژه به هنگام تغییر شکل.....
۲۵۷	۶-۱۴-۱- منشأ تپه‌های نائرازمند (غیرتعادلی) در
۲۶۰	۶-۱۴-۲- سازوکار دگرگونی مرزهای دوقلویی هنگام تغییر شکل.....
۲۶۴	۶-۷- روش‌های نیمه‌جامد.....
۲۶۷	۶-۷-۱- فرایند پیوند نفوذی.....
۲۶۸	۶-۷-۲- فرایند رخنه‌دهی مذاب.....

۲۷۰.....	۲-۷-۳- ریخته‌گری (رخنده‌دهی) زیر فشار.....
۲۷۲.....	۲-۷-۴- ریخته‌گری کوبشی.....
۲۷۴.....	۲-۷-۵- فرایندهای پاششی (اسپری).....
۲۷۶.....	۲-۷-۶- روش‌های درجا.....
۲۸۱.....	فصل سوم: روش‌های شکل‌دهی کامپوزیت‌های زمینه فلزی.....
۲۸۱.....	۳-۱- مقدمه.....
۲۸۱.....	۳-۲- ریس در کانال‌های همسان زاویه‌دار (ECAP).....
۲۸۴.....	۳-۱-۲-۱- ECAP.....
۲۸۶.....	۳-۲-۲- روش‌های ECAP.....
۲۸۷.....	۳-۲-۳- ECAP با قالب گردان.....
۲۸۹.....	۳-۲-۴- عوامل مؤثر بر فرایند ECAP (متغیرهای فرایند).....
۲۹۰.....	۳-۲-۴-۱- تأثیر زاویه θ و شکل کانال.....
۲۹۹.....	۳-۲-۴-۲- تأثیر زاویه ψ
۳۰۲.....	۳-۲-۴-۳- تأثیر اصطکاک.....
۳۰۳.....	۳-۲-۴-۴- تأثیر سرعت فشردن.....
۳۰۴.....	۳-۲-۴-۵- تأثیر تعداد پاس‌ها.....
۳۰۵.....	۳-۲-۴-۶- تأثیر نوع فرایند.....
۳۰۸.....	۳-۲-۴-۷- تأثیر دما.....
۳۱۰.....	۳-۳- روزن‌رانی.....
۳۱۳.....	۳-۳-۱- روش‌های روزن‌رانی.....
۳۱۳.....	۳-۳-۱-۱- روزن‌رانی مستقیم یا به جلو.....
۳۱۵.....	۳-۳-۱-۲- روزن‌رانی وارون یا به عقب.....
۳۱۶.....	۳-۳-۱-۳- روزن‌رانی هیدرواستاتیک.....
۳۱۷.....	۳-۳-۱-۴- روزن‌رانی سرد.....
۳۱۸.....	۳-۳-۱-۵- روزن‌رانی گرم.....

۳۲۴.....	۳-۱-۶- روزن رانی نیمه گرم
۳۲۴.....	۳-۴-۴- نورد
۳۲۵.....	۳-۴-۱- اجزای اصلی دستگاه های نورد
۳۲۷.....	۳-۴-۲- دسته بندی فرایندهای نورد
۳۲۷.....	۳-۴-۱-۲- نورد سرد
۳۲۷.....	۳-۴-۲-۲- نورد گرم
۳۲۷.....	۳-۴-۳- نورد مقاطع و پروفیل ها
۳۲۹.....	۳-۴-۴- نورد حلقوی یا شعاعی
۳۳۰.....	۳-۴-۵- نورد کامپوزیت ها
۳۳۳.....	۳-۴-۶- اتصال دس نفوذی
۳۳۵.....	۳-۵-۵- آهنگری
۳۳۶.....	۳-۵-۱- انواع روش های آهنگری
۳۳۶.....	۳-۵-۱-۱- دسته بندی بر اساس نوع قالب
۳۳۸.....	۳-۵-۱-۲- دسته بندی بر اساس دما: فرایند
۳۳۸.....	۳-۵-۲- قابلیت آهنگری قطعات کامپوزیتی
۳۴۱.....	۳-۶-۶- کشش
۳۴۳.....	۳-۷-۷- کشش عمیق
۳۴۴.....	۳-۷-۱- کشش عمیق ورقه ای کامپوزیتی
۳۴۵.....	۳-۸-۸- روش های پیشرفته شکل دهی
۳۴۸.....	۳-۸-۱- آهنگری هیدرواستاتیک سرد
۳۵۱.....	۳-۸-۲- آهنگری نیمه جامد
۳۵۷.....	۳-۸-۳- نورد نیمه جامد
۳۶۱.....	۳-۸-۴- روزن رانی نیمه جامد

فصل چهارم: مشخصه های ریزساختاری و رفتار مکانیکی ... ۳۶۵

۴-۱- سازوکارهای مقاوم شدن کامپوزیت های زمینه فلزی..... ۳۶۵

- ۴-۱-۱- اثر فاز تقویت‌کننده و اندازه دانه‌های زمینه بر رفتار مکانیکی..... ۳۶۶
- ۴-۱-۱-۱- رفتار کششی..... ۳۷۳
- ۴-۱-۱-۲- تغییر شکل غیرهمگن در آزمون کشش..... ۳۸۳
- ۴-۱-۱-۳- انعطاف‌پذیری (درصد افزایش طول)..... ۳۸۴
- ۴-۱-۱-۴- سختی..... ۳۸۶
- ۴-۱-۱-۵- رفتار خزش فرورونده..... ۳۸۸
- ۴-۱-۱-۶- استحکام فشاری..... ۳۹۲
- ۴-۱-۱-۷- بررسی سطوح شکست..... ۳۹۳
- ۴-۱-۲- تأثیر فرایند ساخت بر ریزساختار کامپوزیت‌های زمینه فلزی..... ۳۹۷
- ۴-۳-۱- تأثیر فرایند ساخت بر رفتار مکانیکی کامپوزیت‌های زمینه فلزی..... ۴۰۳
- ۴-۳-۱- استحکام کششی و فشاری..... ۴۰۴
- ۴-۳-۲- انعطاف‌پذیری..... ۴۱۲
- ۴-۳-۳- سختی سنجی..... ۴۱۵
- ۴-۳-۴- چگونگی شکست..... ۴۱۶
- ۴-۴-۱- تأثیر روش‌های شکلدهی بر ریزساختار و رفتار مکانیکی..... ۴۲۲
- ۴-۴-۱- تأثیر فرایند ECAP..... ۴۲۲
- ۴-۴-۲- تأثیر فرایند روزن‌رانی..... ۴۳۴
- ۴-۴-۳- تأثیر عملیات نورد..... ۴۶۰
- ۴-۴-۳-۱- عملیات ترمومکانیکی..... ۴۷۱
- ۴-۴-۵- تأثیر فرایند آهنگری..... ۴۷۳
- ۴-۴-۶- تأثیر فرایند کشش..... ۴۷۸

فصل پنجم: کامپوزیت‌های با ساختار چندجزئی..... ۴۸۵

- ۵-۱- فلزها و آلیاژهای نانو ساختار..... ۴۸۵
- ۵-۲- بهبود انعطاف‌پذیری نانو ساختارها و نانو کامپوزیت‌ها..... ۴۸۸
- ۵-۳- ساختارهای چند اندازه دانه‌ای (چند جزئی)..... ۴۸۸

۴۹۰	۵-۳-۱- آلیاژهای با ساختار اندازه دانه دوتایی (آلیاژهای دوجزئی).....
۴۹۵	۵-۳-۲- کامپوزیت‌های با ساختار اندازه دانه سه‌تایی.....
۵۰۴	۵-۴-۴- رفتار مکانیکی کامپوزیت‌های چندجزئی.....
۵۰۴	۵-۴-۱- سازوکارهای افزایش استحکام.....
۵۲۶	۵-۴-۲- انعطاف‌پذیری و رفتار تغییرشکل.....
۵۲۸	۵-۴-۳- سازوکار افزایش انعطاف‌پذیری در ساختارهای چندجزئی.....
۵۳۷	۵-۴-۴- تولید دوقطبی‌ها و جوانه‌زنی نانوترک‌ها در ساختارهای دوجزئی.....
۵۳۸	۵-۴-۵- استحکام فشاری.....
۵۴۲	۵-۴-۶- سختی.....
۵۴۵	۵-۴-۷- چگونگی سگ - کامپوزیت‌های چندجزئی.....

فصل ششم: رفتار سایشی کامپوزیت‌های زمینه فلزی ۵۵۵

۵۵۵	۶-۱- تریبولوژی و سایش، اصول و کلیات.....
۵۵۶	۶-۲- سازوکارهای سایش.....
۵۵۶	۶-۲-۱- سایش خراشان.....
۵۵۶	۶-۲-۲- سایش چسبان.....
۵۵۷	۶-۲-۳- سایش ورقه‌ای.....
۵۵۹	۶-۲-۴- سایش خستگی.....
۵۵۹	۶-۳- رفتار سایشی مواد.....
۵۶۰	۶-۳-۱- سایش خفیف.....
۵۶۲	۶-۳-۲- سایش شدید.....
۵۶۴	۶-۴- تأثیر عوامل مؤثر بر آهنگ سایش کامپوزیت‌های زمینه فلزی.....
۵۶۴	۶-۴-۱- تأثیر بار بر آهنگ سایش.....
۵۶۵	۶-۴-۲- تأثیر مسافت لغزش بر آهنگ سایش.....
۵۶۵	۶-۴-۳- تأثیر فاز تقویت‌کننده.....
۵۷۶	۶-۴-۴- تأثیر اندازه ذرات فاز تقویت‌کننده.....

- ۵۷۸..... ۶-۴-۵- تأثیر اندازه دانه‌های فاز زمینه
- ۵۹۷..... ۶-۵- نواحی زیرسطحی سایش
- ۶۰۲..... ۶-۶- بررسی رفتار سایشی کامپوزیت‌های با ساختار سه‌جزئی
- ۶۰۲..... ۶-۶-۱- بررسی آهنگ سایش
- ۶۰۲..... ۶-۶-۲- بررسی سطوح سایش
- ۶۰۷..... ۶-۶-۳- بررسی نواحی زیرسطحی
- ۶۱۱..... فصل هفتم: کاربردهای کامپوزیت‌های زمینه فلزی
- ۶۱۱..... ۷-۱- جایگاه کامپوزیت‌های زمینه فلزی در صنعت
- ۶۱۹..... ۷-۲- کاربردهای کامپوزیت‌های چندجزئی
- ۶۲۳..... ۷-۱-۲- کاربردهای رتاپی
- ۶۲۳..... ۷-۳- کاربرد کامپوزیت‌های زمینه فلزی در صنعت خودروسازی
- ۶۲۳..... ۷-۱-۳- میل‌گاردان و محور انتقال قدرت
- ۶۲۶..... ۷-۲-۳- سامانه تعلیق (ترمز)
- ۶۲۹..... ۷-۳-۳- سیلندر
- ۶۳۳..... ۷-۳-۴- شاتون
- ۶۳۵..... ۷-۳-۵- پیستون
- ۶۳۷..... ۷-۳-۶- مخازن CNG
- ۶۳۹..... ۷-۳-۶-۱- مخازن CNG-I (تمام فلزی)
- ۶۳۹..... ۷-۳-۶-۲- مخازن CNG-II (مخازن کم‌ریج)
- ۶۴۰..... ۷-۳-۶-۳- مخازن CNG-III (مخازن تمام‌ریج)
- ۶۴۱..... ۷-۳-۶-۴- مخازن CNG-IV (مخازن تمام مرکب)
- ۶۴۱..... ۷-۳-۷- پنل‌های MCM
- ۶۴۳..... ۷-۳-۸- سوپاپ
- ۶۵۱..... ۷-۳-۹- پوشش‌های کامپوزیتی
- ۶۵۵..... ۷-۴- کاربرد کامپوزیت‌های زمینه فلزی در صنعت هوافضا

۶۵۵.....	۱-۴-۷- اهمیت کاربرد کامپوزیت‌های زمینه فلزی در صنایع هوایی.....
۶۶۸.....	۲-۴-۷- روکش درهای مدخل سوخت.....
۶۷۰.....	۳-۴-۷- پره‌های باله شکمی جنگنده F-16.....
۶۷۳.....	۴-۴-۷- ارابه فرود جنگنده F-16.....
۶۷۶.....	۵-۴-۷- کاربرد کامپوزیت‌های فلزی لایه‌ای.....
۶۸۱.....	۶-۴-۷- بالگردها.....
۶۸۳.....	۷-۴-۷- بازی پیستون نازل.....
۶۸۵.....	۸-۴-۷- اتصالات محرک نازل.....
۶۸۶.....	۹-۴-۷- چار- رپ‌ها، نگهدارنده T-1.....
۶۸۶.....	۱۰-۴-۷- منیفر روغ، هیپرولیک هواپیمای عمودپرواز V-22.....
۶۸۹.....	۱۱-۴-۷- تیغه هادی خارجی.....
۶۹۲.....	۱۲-۴-۷- فن کنار گذار برور، هواپیمای.....
۶۹۳.....	۱۳-۴-۷- تیغه‌ها و پره‌های کامپوزیتی زمینه آلومینیومی.....
۶۹۴.....	۱۴-۴-۷- تیغه‌های راهنمای خروجی.....
۶۹۵.....	۱۵-۴-۷- موتور هواپیماهای جنگنده.....
۶۹۶.....	۱۶-۴-۷- تیغه‌ها و پره‌ای کامپوزیتی زمینه فیبر کربن.....
۶۹۶.....	۱۷-۴-۷- چرخ (حلقه) پره‌دار کمپرسور.....
۶۹۷.....	۱۸-۴-۷- محورهای انتقال نیرو.....
۶۹۸.....	۱۹-۴-۷- قطعات فضایی.....
۷۰۰.....	۵-۷- استوانه‌ها و کابل‌های ابررسانا.....
۷۰۲.....	۶-۷- نتیجه‌گیری و دیدگاه آینده.....
۷۰۷.....	واژه‌نامه
۷۰۷.....	واژه‌نامه انگلیسی- فارسی.....
۷۲۷.....	واژه‌نامه فارسی- انگلیسی.....
۷۵۱.....	مراجع

پیشگفتار مولفان

بحران انرژی و آلودگی‌های زیست‌محیطی، دنیای صنعتی امروز را با چالش‌های جدی مواجه کرده است. از این‌رو صنایع پیشرفته، طراحی و ساخت سازه‌های مهندسی سبک و مستحکم را به‌طور گسترده‌ای در دستور کار خود قرار داده‌اند. سازه‌های سبک نیازمند تولید و فرآوری مواد مهندسی پیشرفته است. آلیاژهای سبک و کامپوزیت‌های زمینه فلزی دو دسته بزرگ این مواد مهندسی پیشرفته هستند که بخش بزرگی از پژوهش‌ها در این زمینه را به خود اختصاص داده‌اند.

بیشتر مواد به‌تنهایی نمی‌توانند پاسخگوی مجموعه ویژگی‌های موردنیاز بشر امروز باشند. به عبارت دیگر، فلزها و سرامیک‌های یکپارچه از نظر داشتن ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی هم‌زمان مانند استحکام، چقرمگی، مقاومت به سایش، مقاومت در دمای بالا محدودند. به همین دلیل شاهد نیاز روزافزون استفاده از مواد ترکیبی برای دستیابی به ویژگی‌های مطلوب هستیم، بر همین اساس گسترش مواد کامپوزیتی به‌ویژه مواد کامپوزیتی زمینه فلزی مورد توجه ویژه قرار گرفته است.

با توجه به گسترش کاربرد کامپوزیت‌های زمینه فلزی به‌ویژه کامپوزیت‌های نانوساختار در دنیای صنعتی امروز، صنعت کشور نیز باید خود را به سمت به‌کارگیری این مواد حرکت دهد و این نیازمند انجام پژوهش‌های جدی و دنباله‌دار در این زمینه است. اگرچه تاکنون پژوهش‌هایی در زمینه کامپوزیت‌های زمینه فلزی در کشور انجام شده و نتایج آن نیز

بیشتر به صورت مقاله در مجامع ملی و بین‌المللی به صورت پراکنده به چاپ رسیده است، با این حال به یک منبع مطالعاتی جامع و دقیق که حاصل پژوهش پژوهشگران کشور و با تکیه بر امکانات و تجهیزات داخلی انجام شده باشد، به شدت نیازمندیم. این موضوع نویسندگان کتاب را بر آن داشت تا نتایج پژوهش‌های چندین ساله خود را در زمینه کامپوزیت‌های زمینه فلزی که بیشتر روی کامپوزیت‌های نانوساختار متمرکز بوده است به صورت یک مجموعه مدون گردآوری کرده و در اختیار پژوهشگران، استادان، دانش‌جویان و صنعتگران کشور قرار دهند. در فصل اول این کتاب، کامپوزیت‌های زمینه فلزی به عنوان دسته نونی از مواد سازه‌ای و انواع تقویت‌کننده‌های مورد کاربرد در ساخت این کامپوزیت‌ها معرفی شده‌اند. روش‌های ساخت کامپوزیت‌های زمینه فلزی (به ویژه روش‌های ذوبی و حالت جامد) در فصل دوم مورد بحث قرار گرفته‌اند. به دلیل اهمیت ویژه کامپوزیت‌های نانوساختار و ویژگی‌های منحصر به فرد آن‌ها، در این فصل فرایند آلیاژسازی مکانیکی به عنوان یکی از روش‌های تولید فلزها و کامپوزیت‌های نانوساختار به صورت ویژه مورد بررسی قرار گرفته است. مهم‌ترین روش‌های شکل‌دهی کامپوزیت‌های زمینه فلزی در فصل سوم آورده شده است که تا حدودی مطابق آن اصول کلی مربوط به آلیاژها و فلزها را نیز پوشش می‌دهد. تأثیر روش‌های تولید و فرایند‌های شکل‌دهی بر ریزساختار و کاربردهای کامپوزیت‌های زمینه فلزی و مشخصه‌های ریزساختاری و مکانیکی کامپوزیت‌های نانوساختار در فصل چهارم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. با توجه به اهمیت ویژه نانو فناوری در دانش فنی مواد کامپوزیتی زمینه فلزی، در فصل پنجم کامپوزیت‌های با ساختارهای چندجزئی که دارای درصد بالایی از فازهای نانوساختار هستند، به عنوان یکی از جدیدترین مواد مهندسی پیشرفته مورد توجه قرار گرفته‌اند. رفتار سایشی کامپوزیت‌های زمینه فلزی در فصل ششم بیان شده است و سرانجام فصل هفتم به معرفی برخی از کاربردهای کامپوزیت‌های زمینه فلزی در صنایع گوناگون به ویژه صنعت خودروسازی و هوافضا می‌پردازد.

در نگارش این کتاب تلاش بر آن بوده است تا متنی دقیق و بی کاستی چه از دید نگارشی و چه از دید علمی فراهم آید؛ باوجوداین از تمامی خوانندگان عزیز درخواست می‌کنیم با راهنمایی‌ها و انتقادهای خود ما را در رفع اشکال‌های احتمالی موجود یاری رسانند. امید است نویسندگان این اثر توانسته باشند قدمی هرچند کوچک در راه اعتلای صنعت و نام ایران اسلامی برداشته باشند.

مولفان

رمضان ۱۴۳۸، تیرماه ۱۳۹۶

www.ketab.ir