

فلزات نادر و دیرگداز

دکتر رضا قاسم زاده

مهندس امید اشکانی

www.ketab.ir

سرشناسه	: قاسم‌زاده، رضا، ۱۳۲۳-
عنوان و نام پدیدآور	: فلزات نادر و دیرگداز / رضا قاسم‌زاده، امید اشکانی.
مشخصات نشر	: تهران: موسسه آموزشی تالیفی ارشدان، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۶ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۲۵۱-۰۱۸-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: آلیاژهای مقاوم حرارت
موضوع	: Heat resistant alloys
شناسه افزوده	: اشکانی، امید، ۱۳۷۱-
رده بندی کنگره	: TN۷۰۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۰/۱۶۱۷
شماره کتابشناسی	: ۵۸۸۵۲۱۶



مؤسسه آموزشی تالیفی ارشدان

فلزات نادر و دیرگداز	■ نام کتاب:
رضا قاسم‌زاده - امید اشکانی	■ تألیف:
آموزشی تالیفی ارشدان	■ ناشر:
اول	■ ویرایش:
اول ۱۳۹۸	■ نوبت چاپ:
www.irantypist.com	■ طراح و گرافیسیت:
۹۷۸-۶۲۲-۲۵۱-۰۱۸-۳	■ شابک:
۱۰۰۰	■ شمارگان:
www.arshadan.com	■ مرکز خرید آنلاین:
www.arshadan.net	■ مرکز پخش و توزیع:
۰۲۱۴۷۶۲۵۵	■ قیمت:
۱۶۵۰۰ تومان	

پیش گفتار

اهمیت در دسترس بودن مطالب علمی و فنی به زبان فارسی، برای پیشرفت کشور بر هیچکس پوشیده نیست. اکنون که پس از سی و هشت سال فعالیت علمی در دانشگاه‌های کشور بازنشسته شده‌ام و تاکنون چندین کتاب در زمینه مهندسی متالورژی به رشته تحریر در آورده‌ام، بر خود لازم دانستم که از این موقعیت استفاده کرده و با استفاده از تعدادی از سمینارهای دانشجویان ارشد در درس فلزات نادر و دیرگداز، پس از ویرایش، تدوین و تکمیل مطالب، آنها را در کتابی با همین عنوان به چاپ برسانم.

امید است مورد توجه دانشجویان، پژوهشگران، دوستاران علم و دانش و صنایع قرار گیرد.

لازم به ذکر است فصل اول کتاب صرفاً به منظور مقایسه فلزات نادر و دیرگداز با یکی از فلزات نسبتاً زود ذوب (منیزیم) اختصاص داده شده است.

در اینجا لازم می‌دانم از زحمات آقای مهندس امید اشکانی، که در تدوین، صفحه آرایی و مراحل چاپ این اثر منتهای سعی و کوشش خود را اتخاذ کرده‌اند، تشکر نموده و موفقیت روز افزون نامبرده را آرزو نمایم، چه بدون همکاری و پیگیری ایشان، انجام اینکار میسر نبود.

رضا قاسم زاده

پاییز ۱۳۹۸

۱۲	فصل اول: منیزیم
۱۲	۱-۱ تاریخچه کشف منیزیم
۱۳	۲-۱ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۱۵	۱-۲-۱ خواص مکانیکی
۱۵	۳-۱ کانی‌های منیزیم
۱۵	۱۴-۱ استخراج منیزیم
۱۶	۱-۱-۱ راینند سیلیکوترمیک
۱۶	۲-۴-۱ فاینند "سرریت"
۱۷	۳-۴-۱ ذوب منیزیم
۱۸	۵-۱ مروری بر انواع آلیاژهای منیزیم
۱۸	۱-۵-۱ آلیاژهای منیزیم - آلومینیوم
۲۰	۲-۵-۱ آلیاژهای منیزیم - مس - روی
۲۱	۳-۵-۱ آلیاژهای ریختگی زیرکونیم
۲۱	۴-۵-۱ آلیاژهای منیزیم - توریم
۲۲	۵-۵-۱ آلیاژهای منیزیم - لیتیم
۲۲	۶-۵-۱ آلیاژهای منیزیم - روی
۲۳	۶-۱ کاربردهای منیزیم
۲۳	۱-۶-۱ آلیاژهای منیزیم در صنعت خودرو
۲۴	۲-۶-۱ کاربردهای پزشکی منیزیم
۲۵	۳-۶-۱ کاربردهای غیرسازه‌ای
۲۸	فصل دوم: وانادیوم
۲۸	۱-۲ تاریخچه کشف وانادیوم
۲۹	۲-۲ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۳۱	۱-۲-۲ ریزساختار
۳۳	۳-۲ خواص مکانیکی
۳۵	۴-۲ کان سنگ‌های وانادیوم
۳۶	۵-۲ استخراج وانادیوم
۳۶	۱-۵-۲ کان سنگ‌های تیتانومگنتیت و کنستانتره‌های آن

۲-۵-۲	مگنتیت‌های تیتانوفروس	۴۰
۲-۵-۲	اثر نسبت جامد به مایع سیستم حل سازی در تولید وانادیوم	۴۲
۲-۵-۲	پنتوکسید وانادیوم	۴۳
۲-۵-۲	فرو وانادیوم	۴۴
۲-۵-۲	تولید مستقیم اکسید وانادیوم از کانی تیتانومگنتیت و خاک رس	۴۴
۲-۶-۲	معماری به شکل دهی وانادیوم	۴۶
۲-۶-۲	نمونه وانادیوم	۴۶
۲-۶-۲	تولید پودر وانادیوم	۴۹
۲-۷-۲	مروری بر ترکیب صنعتی وانادیوم	۵۰
۲-۷-۲	اکسیدهای وانادیوم	۵۱
۲-۷-۲	تری اکسید وانادیوم	۵۱
۲-۷-۲	اکسیدهای جزئی وانادیوم	۵۱
۲-۷-۲	وانادات‌ها	۵۲
۲-۸-۲	نمونه‌هایی از کاربردهای صنعتی وانادیوم	۵۳
۲-۸-۲	افزودن وانادیوم به فولاد	۵۳
۲-۹-۲	افزودن وانادیوم به تیتانیوم	۵۵
۲-۹-۲	سایر کاربردها	۵۶
	فصل سوم: زیرکونیوم	۵۹
۳-۱-۲	تاریخچه کشف زیرکونیوم	۵۹
۳-۲-۲	خواص زیرکونیوم	۶۱
۳-۲-۲	خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی	۶۱
۳-۲-۲	ریزساختار زیرکونیوم	۶۳
۳-۲-۲	خواص مکانیکی زیرکونیوم	۶۳
۳-۳-۲	مروری بر روش‌های استخراج زیرکونیوم	۶۴
۳-۳-۲	استخراج و جداسازی زیرکونیوم از هافنیوم	۶۴
۳-۳-۲	مروری بر کلیات فرآیند لیچینگ و نقش آن در تولید زیرکونیوم	۶۷
۳-۴-۲	روش‌های شکل دهی آلیاژهای زیرکونیوم	۷۱
۳-۴-۱	مقایسه فرآیندهای ترمومکانیکی در شکل دهی زیرکونیوم	۷۱
۳-۵-۲	جوشکاری زیرکونیوم	۷۳

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷۳	۱-۵-۳ پرتو الکترونی در جوشکاری زیرکونیوم
۷۴	۲-۵-۳ تاریخچه استفاده از پرتو الکترونی در جوشکاری زیرکونیوم
۷۵	۳-۵-۳ مروری بر تئوری فرآیند
۷۶	۴-۵-۳ تفنگ پرتو الکترونی
۷۶	۵-۵-۳ مشخصات کاتد در جوشکاری زیرکونیوم
۷۷	۶-۵-۳ ربردهی زیرکونیوم
۷۷	۱-۶-۳ معرفی دی اکسید زیرکونیوم
۸۴	۲-۶-۳ استفاده از برکونیوم در صنایع هسته ای
۸۷	فصل چهارم: ژرمانیوم
۸۷	۱-۴ مروری بر تاریخچه کشف ژرمانیوم
۸۹	۲-۴ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۹۱	۳-۴ خواص مکانیکی
۹۱	۴-۴ استخراج و تولید ژرمانیوم
۹۳	۱-۴-۴ روش اسیدی
۹۴	۲-۴-۴ تولید ژرمانیوم فلزی
۹۵	۳-۴-۴ تولید ژرمانیوم از پسماندهای سلول‌های خورشیدی
۹۶	۵-۴ ژرمانیوم و نیمه رساناها
۹۶	۱-۵-۴ برخی ویژگی‌های نیمه رساناها
۹۸	۲-۵-۴ آرایش نیمه‌رسانا
۱۰۰	۲-۲-۵-۴ نیمه‌رسانای نوع p
۱۰۱	۶-۴ کاربردهای ژرمانیوم
۱۰۲	۱-۶-۴ کاربرد ژرمانیوم در دیودها
۱۰۶	فصل پنجم: سلنیوم
۱۰۶	۱-۵ تاریخچه کشف سلنیوم
۱۰۷	۲-۵ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۱۱۰	۳-۵ خواص مکانیکی
۱۱۱	۴-۵ فراوانی و سنگ‌های معدنی سلنیوم
۱۱۳	۵-۵ استخراج سلنیوم
۱۱۳	۱-۵-۵ بازیابی سلنیوم از لجن آندی مس

۱۱۶	۵-۲ گذارش سودایی
۱۱۷	۵-۶ کاربردهای سلیوم
۱۱۸	۵-۶-۱ کاربرد سلیوم در توسعه وسایل الکترونیکی
۱۱۹	۵-۶-۱ نقش سلیوم در بدن انسان
۱۲۱	فصل ششم: نیوبیوم
۱۲۱	۶-۱-۱ تاریخچه نیوبیوم
۱۲۲	۶-۲ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۱۲۴	۶-۳ خواص مکانیکی
۱۲۶	۶-۴ ترکیبات نیوبیوم
۱۲۶	۶-۴-۱ اکسیدها
۱۲۶	۶-۴-۲ هالیدها
۱۲۷	۶-۴-۳ کاربردهای نیوبیوم
۱۲۸	۶-۴-۴ سیلید و نیتrideهای نیوبیوم
۱۲۹	۶-۵ استخراج نیوبیوم
۱۲۹	۶-۵-۱ عملیات روی کان سنگ‌های نیوبیوم
۱۳۱	۶-۵-۲ استخراج نیوبیوم به روش کلریناسیون
۱۳۲	۶-۵-۳ احیای پنتوکسید نیوبیوم
۱۳۳	۶-۵-۴ احیای هالیدهای نیوبیوم
۱۳۳	۶-۶ کاربردهای نیوبیوم
۱۳۵	۶-۶-۱ کاربرد نیوبیوم در صنایع فولاد
۱۴۰	فصل هفتم: تلوریم
۱۴۰	۷-۱ تاریخچه کشف تلوریم
۱۴۱	۷-۲ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۱۴۳	۷-۳ خواص مکانیکی
۱۴۳	۷-۴ ترکیبات تلوریم
۱۴۳	۷-۴-۱ اکسیدهای تلوریم
۱۴۴	۷-۴-۲ هالیدهای تلوریم
۱۴۴	۷-۴-۳ تلوریدهای هیدرژن
۱۴۴	۷-۴-۴ اسیدهای تلوریدی

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۵-۷ روش‌های تولید و استخراج تلوریم	۱۴۵
۷-۵-۱ عملیات مقدماتی	۱۴۵
۷-۵-۲ تشویه	۱۴۶
۷-۵-۳ سولفاته کردن	۱۴۸
۷-۵-۴ سایر روشها	۱۵۰
۷-۵-۵ تخلیس	۱۵۰
۷ کاربرد های تلوریم	۱۵۱
۷-۶-۱ اشکات : محلولی تلوریم	۱۵۱
فصل هشتم: هافنیوم	
۸-۱-۱ تاریخچه کشف هافنیوم	۱۵۳
۸-۲-۱ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی	۱۵۳
۸-۳-۱ خواص مکانیکی	۱۵۶
۸-۴-۱ ترکیبات هافنیوم	۱۵۷
۸-۴-۱-۱ ترکیبات زیرکونیوم و هافنیوم	۱۵۷
۸-۵-۱ استخراج هافنیوم	۱۵۹
۸-۵-۱-۱ تجزیه کانی‌های حاوی زیرکونیوم	۱۵۹
۸-۵-۲ بازیابی هافنیوم فلزی	۱۶۲
۸-۵-۳ تصفیه هافنیوم	۱۶۳
۸-۶-۱ کاربردهای هافنیوم	۱۶۴
۸-۶-۱-۱ آلیاژها	۱۶۴
۸-۶-۲ مصارف هسته‌ای	۱۶۵
۸-۶-۳ دیگر کاربردهای هافنیوم	۱۶۶
فصل نهم: تنگستن	
۹-۱-۱ تاریخچه کشف تنگستن	۱۶۹
۹-۲-۱ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی	۱۷۰
۹-۲-۱-۱ ایزوتوپ‌های تنگستن	۱۷۲
۹-۲-۲ کاربرد تنگستن	۱۷۳
۹-۳-۱ خواص مکانیکی	۱۷۵
۹-۴-۱ منابع معدنی تنگستن	۱۷۵

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۷۶	۱-۴-۹ ولفرامیت
۱۷۶	۲-۴-۹ شلیت
۱۷۶	۵-۹ متالورژی استخراجی تنگستن
۱۷۹	۱-۵-۹ فرآیند کلاو - سودا
۱۸۰	۲-۵-۹ تخلیص محلول تنگستات سدیم
۱۸۰	۱-۲-۵-۹ استخراج حلال
۱۸۱	۱-۱-۹ فرآیند تعویض یونی
۱۸۳	۱-۵-۹ فرآیند حاصل سازی با اسیدهای معدنی و ترکیبات فسفات
۱۸۵	۵-۵-۹ احیاء اکسید تنگستن
۱۸۶	۶-۹ کاربردهای تنگستن
۱۸۶	۱-۶-۹ کاربردهای تنگستن
۱۸۸	۲-۶-۹ مواد ساینده
۱۸۸	۳-۶-۹ الکترونیک
۱۸۹	۴-۶-۹ مصارف رشته‌ای
۱۹۰	۵-۶-۹ تجهیزات نظامی
۱۹۱	۶-۶-۹ کاتالیزورها
۱۹۴	فصل دهم: رنیوم
۱۹۴	۱-۱۰ تاریخچه کشف رنیوم
۱۹۵	۲-۱۰ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۱۹۷	۳-۱۰ خواص مکانیکی
۱۹۸	۴-۱۰ ترکیبات رنیوم
۲۰۰	۵-۱۰ استخراج رنیوم
۲۰۰	۱-۵-۱۰ روش‌های قدیمی
۲۰۰	۲-۵-۱۰ روش‌های مدرن
۲۰۸	۶-۱۰ کاربردهای رنیوم
۲۱۱	فصل یازدهم: پلاتین
۲۱۱	۱-۱۱ تاریخچه کشف پلاتین
۲۱۲	۲-۱۱ خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی
۲۱۵	۳-۱۱ خواص مکانیکی

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۴-۱۱ منابع پلاتین	۲۱۶
۵-۱۱ استخراج پلاتین	۲۱۶
۱-۵-۱۱ استخراج پلاتین از معادن	۲۱۶
۲-۵-۱۱ فرآوری هیدرومتالورژیکی	۲۱۷
۳-۵-۱۱ فروشویی پلاتین	۲۱۷
۱-۱۱ استخراج و جداسازی فلزات گروه پلاتین با روش استخراج حلال	۲۱۸
۶-۱۱ سارف پلاتین	۲۱۹
۱-۶-۱۱ کاربرد فلزات گروه پلاتین	۲۲۱
۲-۶-۱۱ سد روح فراوری بلور و توزیع	۲۲۲
۳-۶-۱۱ کاتالیست های فرینگ	۲۲۲
پیوست ۱: علائم	۲۲۵