

متالورژی استخراجی نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین

فرانک ک. گراندول مایکل اس. موانس تیموتی ج. رایینسون
ونکوبا راماچاندرام ویلیام ج. داوینپورت

www.ketab.ir

ترجمه

مهندس کاظم میر جلیلی

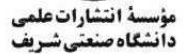
عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

دکتر مهشید روشنی

عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



موضوع: Platinum group- Metallurgy موضوع: معدن و ذخایر معدنی موضوع: Mines and mineral resources سرشناسه: کراندول، فرانک کنت شناسه افزوده: Crundwell, F. K. (frank Kenneth) شناسه افزوده: میرجلیلی، کاظم، ۱۳۳۹- مترجم شناسه افزوده: Mirjalili, Kazem شناسه افزوده: روشنی، مهشید، ۱۳۴۶- مترجم شناسه افزوده: Roshani, Mahshid شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف شناسه افزوده: Sharif University of Technology رده‌بندی کنگره: TN۷۹۹ رده‌بندی دیویی: ۶۶۹/۷۳۳۲ شماره کتابشناسی ملی: ۸۵۱۸۹۹۵	عنوان و نام پدیدآور: متاورزی استخراجی نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین فلزات کد. کراندول- [و دیگران]؛ ترجمه کاظم میرجلیلی، مهشید روشنی. مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، موسسه انتشارات علمی، ۱۴۰۰ مشخصات ظاهری: ۵۳۶ ص. مصور، جدول، نمودار. شابک: 978-964-208-265-0 وضعیت فهرست‌نویسی: فیا یادداشت: عنوان اصلی: Extractive metallurgy of nickel, cobalt and platinum group metals, c2011 فرانک کد. کراندول، مایکل اس. موانس، ونکووا راماجاندرا، تیموتی ج. رایبسنوس، ویلیام ج. داونپورت. یادداشت: کتابنامه موضوع: نیکل - ذوب و استخراج موضوع: Nickel - Metallurgy موضوع: کبالت - ذوب و استخراج موضوع: Cobalt - Metallurgy موضوع: گروه پلاتین - ذوب و استخراج
--	---

به نام خدا
فهرست مطالب

پانزده	پیش گفتار نویسندگان
هفده	پیش گفتار مترجمان
۱	فصل ۱ مرور کلی
۲	۱-۱ استخراج نیکل و کبالت
۹	۱-۲ استخراج کبالت از کانسنگ‌های مس - کبالت
۱۱	۱-۳ استخراج فلزات گروه پلاتین از کانسنگ‌های سولفیدی
۱۳	۱-۴ بازیابی نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین از ضایعات دورریختنی
۱۵	۱-۵ سازمان‌دهی مباحث و موضوعات مهم
۱۵	۱-۶ خلاصه
۱۸	منابع
۱۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۱۹	بخش ۱ متالورژی استخراجی نیکل و کبالت
۲۱	فصل ۲ تولید نیکل، قیمت و هزینه‌های استخراجی
۲۱	۲-۱ کاربردهای نیکل
۲۲	۲-۲ مکان معادن و واحدهای صنعتی استخراج نیکل
۲۳	۲-۳ قیمت نیکل
۲۳	۲-۴ هزینه‌های استخراج نیکل
۲۵	۲-۵ خلاصه
۲۵	منابع
۲۶	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۷	فصل ۳ پرمیارسازی کانسنگ‌های لاتریتی
۳۷	۳-۱ کانسنگ‌های لاتریتی
۳۸	۳-۲ پرمیارسازی کانسنگ‌های لاتریتی
۴۰	۳-۳ میزان پرمیارسازی
۴۰	۳-۴ توجیه اقتصادی پرمیارسازی لاتریت‌ها
۴۱	۳-۵ اصول علمی و روش‌های پرمیارسازی لاتریت‌ها
۴۳	۳-۶ ارزیابی
۴۴	۳-۷ خلاصه
۴۴	منابع
۴۴	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۴۵	فصل ۴ مروری بر پردازش لاتریت نیکل و تبدیل آن به فرو نیکل
۴۵	۴-۱ پردازش خوراک و تبدیل آن به فرو نیکل
۴۵	۴-۲ محصول فرو نیکل
۴۶	۴-۳ اصول علمی حاکم بر پردازش فرو نیکل

۴۷	۴-۴- شرح مختصر فرایند
۴۹	منابع
۴۹	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۵۱	فصل ۵ آب‌گیری و تکلیس کانسنگ‌های لاتریتی
۵۱	۵-۱- آب‌گیری از کانسنگ لاتریتی بهبودیافته
۵۲	۵-۲- کنترل کوره آب‌گیری
۵۴	۵-۳- تکلیس و کاهش لاتریت آب‌گیری شده
۵۴	۵-۴- شیمی فرایند
۵۷	۵-۵- محصولات
۵۷	۵-۶- ارزیابی
۵۸	۵-۷- خلاصه
۵۸	منابع
۶۱	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۵۹	فصل ۶ گذارش کانسنگ‌های لاتریتی و تبدیل آن به فرونیکل
۶۰	۶-۱- واکنش‌هایی که در کوره الکتریکی رخ می‌دهد
۶۱	۶-۲- بازیابی نیکل
۶۵	۶-۳- دماهای گذارش
۶۶	۶-۴- کوره‌های گذارش صنعتی
۶۷	۶-۵- روش گرمادهی کوره
۶۸	۶-۶- الکترودها
۶۹	۶-۷- عملیات کوره
۷۰	۶-۸- کنترل
۷۳	۶-۹- ارزیابی و برنامه‌های آتی
۷۳	۶-۱۰- خلاصه
۷۳	منابع
۷۴	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۷۵	فصل ۷ پالایش فرونیکل گداخته
۷۵	۷-۱- حذف فسفر
۷۶	۷-۲- حذف گوگرد
۷۶	۷-۳- پالایش صنعتی
۷۶	۷-۴- حذف سایر ناخالصی‌ها
۸۰	۷-۵- ریخته‌گری فرونیکل
۸۱	۷-۶- ارزیابی
۸۱	۷-۷- خلاصه
۸۱	منابع
۸۲	منابع پیشنهادی برای مطالعه

فصل ۸ گذارش کنسانتره‌های لاتریتی و تبدیل آن‌ها به مات سولفیدی

۸-۱ نمودار جریان‌های تولید مات

۸-۲ فرایند پی‌تی اینکو

۸-۳ فرایند ل‌نیکل - تولید مات از فرونیکل پالایش شده گداخته

۸-۴ ارزیابی فرایند

۸-۵ خلاصه

منابع

منابع پیشنهادی برای مطالعه

فصل ۹ تشویه مات و تبدیل آن به نیکل اکسید و فلز نیکل

۹-۱ هدف از تشویه مات

۹-۲ شیمی فرایند

۹-۳ محصولات

۹-۴ تشویه صنعتی

۹-۵ تشویه‌کننده مجدد

۹-۶ سیال‌سازی

۹-۷ مزایای بسترهای سیال شده

۹-۸ عملیات صنعتی

۹-۹ تشویه کاهشی

۹-۱۰ بازیابی نیکل

۹-۱۱ جمع‌آوری مگنیزیم

۹-۱۲ خلاصه

منابع

منابع پیشنهادی برای مطالعه

فصل ۱۰ مروری بر فراوری هیدرومتالورژی کانسنگ‌های لاتریتی

۱۰-۱ مقدمه

۱۰-۲ روش‌های جایگزین برای رسوب‌دهی همزمان سولفیدی

۱۰-۳ مراحل بعدی فراوری

۱۰-۴ خلاصه

منابع

منابع پیشنهادی برای مطالعه

فصل ۱۱ فروشوبی کانسنگ‌های لاتریتی با سولفوریک اسید در دمای بالا

۱۱-۱ اهداف این فصل

۱۱-۲ فروشوبی با سولفوریک اسید

۱۱-۳ شیمی فرایند

۱۱-۴ عملیات اتوکلاو

۱۱-۵ ارزیابی فرایند

۱۱۷	۱۱- ۶ خلاصه
۱۱۷	منابع
۱۱۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۱۱۹	فصل ۱۲ رسوب‌دهی نیکل - کبالت سولفید
۱۱۹	۱۲- ۱ دلایل تولید رسوبات سولفیدی مخلوط
۱۲۰	۱۲- ۲ نمودار جریان
۱۲۰	۱۲- ۳ خنثی‌سازی دوغاب خروجی از اتوکلاو
۱۲۳	۱۲- ۴ خنثی‌سازی مجدد محلول
۱۲۳	۱۲- ۵ حذف روی و مس از محلول با استفاده از رسوب‌دهی سولفیدی
۱۲۴	۱۲- ۶ رسوب‌دهی سولفید نیکل - کبالت
۱۲۶	۱۲- ۷ مقصد محصول
۱۲۶	۱۲- ۸ ارزیابی
۱۲۷	۱۲- ۹ خلاصه
۱۲۷	منابع
۱۲۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۱۲۹	فصل ۱۳ استخراج نیکل و کبالت از کانسنگ‌های سولفیدی
۱۲۹	۱۳- ۱ کانسنگ‌های سولفیدی نیکل
۱۳۱	۱۳- ۲ استخراج نیکل و کبالت از کانسنگ‌های سولفیدی
۱۳۴	۱۳- ۳ گزینه‌های هیدرومتالورژی جایگزین برای گذارش ماده
۱۳۵	۱۳- ۴ فرایند ووژیسی بی برای فروشویی کنسانتره‌های نیکل
۱۳۷	۱۳- ۵ فروشویی تپه‌ای کانسنگ سولفیدی نیکل
۱۳۷	۱۳- ۶ خلاصه
۱۳۸	منابع
۱۳۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۱۳۹	فصل ۱۴ تولید کنسانتره‌های نیکل از کانسنگ‌های سولفیدی
۱۳۹	۱۴- ۱ مزیت آسیاب‌کردن و تغلیظ
۱۳۹	۱۴- ۲ خردایش و آسیاب‌کردن
۱۴۲	۱۴- ۳ مراحل خردایش
۱۴۶	۱۴- ۴ کنترل اندازه ذرات
۱۴۹	۱۴- ۵ پیشرفت‌های اخیر
۱۴۹	۱۴- ۶ خلاصه
۱۴۹	منابع
۱۵۰	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۱۵۱	فصل ۱۵ تولید کنسانتره نیکل از کانسنگ سولفیدی آسیاب‌شده
۱۵۲	۱۵- ۱ لزوم تغلیظ‌کردن
۱۵۳	۱۵- ۲ اصول علمی حاکم بر شناورسازی با کف

۱۵۴	۱۵-۳ سلول‌های شناورسازی
۱۵۵	۱۵-۴ مواد شیمیایی مورد استفاده در شناورسازی
۱۵۹	۱۵-۵ روش‌های خاص شناورسازی برای کانسنگ‌های پنتلاندیت
۱۶۲	۱۵-۶ محصولات شناورسازی
۱۶۳	۱۵-۷ عملیات و کنترل آن
۱۶۳	۱۵-۸ پیشرفت‌های اخیر
۱۶۴	۱۵-۹ خلاصه
۱۶۵	منابع
۱۶۶	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۱۶۷	فصل ۱۶ جداسازی کالکوپیریت از پنتلاندیت با روش شناورسازی
۱۶۷	۱۶-۱ اهداف این فصل
۱۶۷	۱۶-۲ جداسازی کالکوپیریت و پنتلاندیت
۱۶۹	۱۶-۳ عملیات صنعتی
۱۷۲	۱۶-۴ آسیاب کردن
۱۷۲	۱۶-۵ خلاصه
۱۷۲	منابع
۱۷۳	فصل ۱۷ گدازش کنسانتره‌های سولفیدی نیکل با استفاده از تشویه و کوره‌های گدازش الکتریکی
۱۷۷	۱۷-۱ اصول علمی مربوط به تشویه و گدازش
۱۷۷	۱۷-۲ شیمی تشویه
۱۸۰	۱۷-۳ گدازش در کوره الکتریکی
۱۸۲	۱۷-۴ کوره‌های الکتریکی صنعتی
۱۸۵	۱۷-۵ خلاصه
۱۸۶	منابع
۱۸۶	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۱۸۷	فصل ۱۸ گدازش سریع کنسانتره‌های سولفیدی نیکل
۱۸۸	۱۸-۱ هدف فرایند - غنی‌سازی نیکل
۱۸۸	۱۸-۲ مزایا و معایب
۱۹۰	۱۸-۳ مقدار اکسایش
۱۹۲	۱۸-۴ شیمی فرایند
۱۹۳	۱۸-۵ گدازش سریع صنعتی
۱۹۳	۱۸-۶ کوره‌های سریع از نوع اتوتک
۱۹۶	۱۸-۷ کوره سریع از نوع اینکو
۱۹۶	۱۸-۸ تجهیزات جانبی
۱۹۶	۱۸-۹ عملیات و کنترل کوره سریع
۱۹۹	۱۸-۱۰ ارزیابی
۱۹۹	۱۸-۱۱ روندهای اخیر

۱۹۹	۱۸-۱۲ خلاصه
۲۰۰	منابع
۲۰۰	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۰۱	فصل ۱۹ فرایند تبدیل - اکسایش نهایی آهن موجود در مات گداخته
۲۰۱	۱۹-۱ ترکیب درصد های ابتدایی و انتهایی
۲۰۳	۱۹-۲ شیمی فرایند تبدیل
۲۰۳	۱۹-۳ اصول علمی حاکم بر فرایند تبدیل
۲۰۴	۱۹-۴ رفتار سایر فلزات
۲۰۴	۱۹-۵ گزینش غلظت نهایی آهن
۲۰۴	۱۹-۶ تعیین نقطه پایان
۲۰۵	۱۹-۷ جمع آوری و تبدیل گاز گوگرد دی اکسید
۲۰۵	۱۹-۸ مجراهای دمنده و غنی سازی اکسیژن
۲۰۷	۱۹-۹ تزریق دمش داغ پر نیتروژن
۲۰۷	۱۹-۱۰ کنترل کوره مبدل
۲۰۹	۱۹-۱۱ گزینه های جایگزین برای مبدل های پرایس - اسمیت
۲۱۰	۱۹-۱۲ تولید مستقیم مات کم آهن از طریق گدازش سریع
۲۱۱	۱۹-۱۳ خلاصه
۲۱۱	منابع
۲۱۲	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۱۳	فصل ۲۰ جمع آوری گوگرد دی اکسید به شکل سولفوریک اسید و سایر محصولات
۲۱۳	۲۰-۱ گاز های خروجی حاصل از استخراج نیکل
۲۱۳	۲۰-۲ تولید سولفوریک اسید از گاز های خروجی از تشویه کننده و کوره سریع
۲۱۴	۲۰-۳ سرد کردن، پاک سازی و خشک کردن گازها
۲۱۵	۲۰-۴ اکسایش گوگرد دی اکسید به گوگرد تری اکسید
۲۱۵	۲۰-۵ کاتالیزگر مورد استفاده برای اکسایش گوگرد دی اکسید
۲۱۶	۲۰-۶ تولید اسید از گوگرد تری اکسید
۲۱۹	۲۰-۷ اسید سازی دو تماسی
۲۲۰	۲۰-۸ محصولات واحد اسید سازی
۲۲۱	۲۰-۹ عملکرد زیست محیطی صنعت نیکل
۲۲۱	۲۰-۱۰ تولید سولفوریک اسید برای فروشویی لاتریت نیکل
۲۲۱	۲۰-۱۱ خلاصه
۲۲۲	منابع
۲۲۲	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۲۳	فصل ۲۱ سرد کردن آرام و جامد سازی مات مبدل
۲۲۳	۲۱-۱ فرایند جامد سازی و سرد کردن آرام
۲۲۷	۲۱-۲ ریخته گری، جامد سازی و سرد کردن مات به صورت صنعتی

۲۲۹	۲۱- مقصد نهایی کنسانتردها
۲۲۹	۲۱-۴ خلاصه
۲۳۰	منابع
۲۳۰	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۳۱	فصل ۲۲ پالایش کربنیل فلز ناخالص نیکل
۲۳۱	۲۲-۱ شیمی فرایند
۲۳۳	۲۲-۲ کربنیل دار کردن صنعتی در فشار محیط
۲۳۳	۲۲-۳ تجزیه نیکل کربنیل
۲۳۵	۲۲-۴ پالایش کربنیل در فشار بالا
۲۳۶	۲۲-۵ ارزیابی فرایند
۲۴۰	۲۲-۶ خلاصه
۲۴۱	منابع
۲۴۱	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۴۳	فصل ۲۳ تولید هیدرومتالورژی نیکل و کبالت بسیار خالص
۲۴۳	۲۳-۱ پالایش رسوبات سولفیدی حاصل از عملیات فروشویی لاریت‌ها
۲۵۲	۲۳-۲ پالایش مات‌های نیکل به دست آمده در عملیات گدازش
۲۵۹	۲۳-۳ ارزیابی فرایند
۲۶۰	۲۳-۴ خلاصه
۲۶۰	منابع
۲۶۱	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۶۳	فصل ۲۴ فروشویی رسوبات و مات‌های نیکل سولفید
۲۶۳	۲۴-۱ فروشویی با کلر
۲۶۶	۲۴-۲ فروشویی اکسیژن - آمونیاک
۲۶۹	۲۴-۳ فروشویی توسط محلول‌های سولفوریک اسیدی با استفاده از اکسیژن
۲۷۲	۲۴-۴ ارزیابی فرایند
۲۷۲	۲۴-۵ خلاصه
۲۷۳	منابع
۲۷۴	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۷۵	فصل ۲۵ جداسازی نیکل و کبالت توسط استخراج حلالی
۲۷۶	۲۵-۱ اهداف این فصل
۲۷۶	۲۵-۲ اصول علمی حاکم بر استخراج حلالی
۲۷۷	۲۵-۳ استخراج حلالی با کلرید
۲۸۰	۲۵-۴ استخراج حلالی در محلول‌های سولفاتی
۲۸۰	۲۵-۵ استخراج حلالی در محلول‌های آمونیاکی
۲۸۱	۲۵-۶ استخراج حلالی در محلول‌های سولفاتی و کلریدی
۲۸۲	۲۵-۷ رقیق کننده‌ها

۲۸۲	۲۵ ۸ شستن و شست‌وشوی فاز آلی
۲۸۲	۲۵ ۹ حذف ناخالصی‌ها
۲۸۳	۲۵ ۱۰ ارزیابی فرایند
۲۸۳	۲۵ ۱۱ خلاصه
۲۸۳	منابع
۲۸۴	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۲۸۵	فصل ۲۶ پالایش الکترولیتی نیکل از محلول‌های خالص نیکل
۲۸۵	۲۶-۱ اهداف این فصل
۲۸۹	۲۶-۲ پالایش الکترولیتی نیکل از الکترولیت کلریدی
۲۹۳	۲۶-۳ پالایش الکترولیتی نیکل از محلول‌های سولفاتی
۲۹۸	۲۶-۴ پیشرفت‌های جدید در پالایش الکترولیتی نیکل
۳۰۰	۲۶-۵ سایر فرایندهای الکترولیتی نیکل
۳۰۰	۲۶-۶ ارزیابی فرایند
۳۰۰	۲۶-۷ خلاصه
۳۰۱	منابع
۳۰۱	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۰۳	فصل ۲۷ کاهش هیدروژنی نیکل از محلول‌های سولفات آمونیاکی
۳۰۳	۲۷-۱ شیمی فرایند
۳۰۷	۲۷-۲ کاربردهای صنعتی
۳۰۷	۲۷-۳ تولید صنعتی پودر فلز نیکل
۳۰۸	۲۷-۴ ارزیابی فرایند
۳۰۹	۲۷-۵ خلاصه
۳۰۹	منابع
۳۰۹	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۱۱	بخش ۲ متالورژی استخراجی کبالت
۳۱۳	فصل ۲۸ کبالت - پیدایش، تولید، کاربرد و قیمت
۳۱۳	۲۸-۱ پیدایش و استخراج
۳۱۴	۲۸-۲ بازیافت کبالت
۳۱۵	۲۸-۳ کاربردهای کبالت
۳۱۷	۲۸-۴ تولید جهانی در معادن
۳۱۸	۲۸-۵ قیمت کبالت
۳۱۸	۲۸-۶ خلاصه
۳۱۸	منابع
۳۱۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۱۹	فصل ۲۹ استخراج کبالت از کانسنگ‌های سولفیدی و لاتریتی نیکل
۳۱۹	۲۹-۱ استخراج کبالت از کانسنگ‌های لاتریتی نیکل

۳۲۰	۲۹- ۲ پالایش کبالت
۳۲۴	۲۹ ۳ استخراج کبالت از کانسنگ‌های سولفیدی نیکل
۳۲۷	۲۹- ۴ خلاصه
۳۲۸	منابع
۳۲۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۲۹	فصل ۳۰ تولید کبالت از کانسنگ‌های مس - کبالت کمربند مس آفریقای مرکزی
۳۲۹	۳۰- ۱ کانسارهای معمول
۳۳۱	۳۰- ۲ معدن کاری
۳۳۱	۳۰- ۳ استخراج کبالت و مس از کانسنگ هوازده
۳۳۷	۳۰- ۴ بهره‌برداری از لایه کانسنگ‌های سولفیدی کبالت - مس
۳۴۲	۳۰- ۵ خلاصه
۳۴۲	منابع
۳۴۲	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۴۳	بخش ۳ متالورژی استخراجی فلزات گروه پلاتین
۳۴۵	فصل ۳۱ فلزات گروه پلاتین، تولید، کاربردها و هزینه‌های استخراج
۳۴۵	۳۱- ۱ کاربردهای فلزات گروه پلاتین
۳۵۱	۳۱- ۲ معدن کاری عناصر گروه پلاتین
۳۵۲	۳۱- ۳ استخراج فلزات گروه پلاتین
۳۵۵	۳۱- ۴ قیمت‌ها
۳۵۵	۳۱- ۵ هزینه‌های استخراج فلزات گروه پلاتین
۳۵۷	۳۱- ۶ خلاصه
۳۵۷	منابع
۳۵۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۵۹	فصل ۳۲ مروری بر استخراج فلزات گروه پلاتین
۳۶۳	فصل ۳۳ تولید کنسانتره‌های شناورسازی حاوی فلزات گروه پلاتین
۳۶۳	۳۳- ۱ کانسنگ‌ها و کنسانتره‌ها
۳۶۳	۳۳- ۲ کانسنگ‌های حاوی فلزات گروه پلاتین
۳۶۴	۳۳- ۳ کانسنگ‌های آفریقای جنوبی حاوی فلزات گروه پلاتین
۳۶۶	۳۳- ۴ تولید کنسانتره شناورسازی از آب‌سنگ مرنسکی
۳۶۸	۳۳- ۵ کانسنگ‌های UG۲ و مشکل کرومیت
۳۷۰	۳۳- ۶ مواد شیمیایی و شرایط محیطی در شناورسازی
۳۷۰	۳۳- ۷ افزایش میزان بازیابی عناصر گروه پلاتین در کنسانتره
۳۷۱	۳۳- ۸ جداسازی گرانشی
۳۷۲	۳۳- ۹ پیشرفت‌های اخیر
۳۷۳	۳۳- ۱۰ خلاصه
۳۷۳	منابع

۳۷۴	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۷۵	فصل ۳۴ استخراج فلزات گروه پلاتین از کانسنگ‌های روسی
۳۷۵	۳۴-۱ کانسنگ‌های نیکل، مس و پلاتین به‌دست آمده از نوریلسک - تالناخ
۳۷۷	۳۴-۲ تولید در روسیه
۳۷۹	۳۴-۳ پیشرفت‌های اخیر
۳۸۰	۳۴-۴ خلاصه
۳۸۰	منابع
۳۸۰	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۸۱	فصل ۳۵ گدازش و تبدیل کنسانتره‌های سولفیدی حاوی فلزات گروه پلاتین
۳۸۱	۳۵-۱ مراحل فرایندی مهم
۳۸۱	۳۵-۲ خشک کردن کنسانتره
۳۸۲	۳۵-۳ گدازش کنسانتره
۳۸۹	۳۵-۴ تبدیل مات کوره
۳۹۳	۳۵-۵ پیشرفت‌های اخیر مربوط به گدازش و تبدیل در صنعت پلاتین
۳۹۳	۳۵-۶ خلاصه
۳۹۳	منابع
۳۹۴	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۳۹۵	فصل ۳۶ جداسازی فلزات گروه پلاتین از سولفیدهای فلزات پایه و پالایش نیکل، مس و کبالت
۳۹۵	۳۶-۱ مروری بر پالایش فلزات گروه پلاتین
۳۹۸	۳۶-۲ اهداف این فصل
۳۹۹	۳۶-۳ واحدهای پالایش فلزات پایه‌ای که نیکل را به شکل نیکل سولفات تولید می‌کنند
۴۰۶	۳۶-۴ واحدهای پالایش فلزات پایه که نیکل از طریق کاهش هیدروژنی به‌صورت پودر تولید می‌شود
۴۱۲	۳۶-۵ واحد پالایش فلزات پایه که در آن، نیکل به شکل کاتد نیکل تولید می‌شود
۴۲۰	۳۶-۶ ارزیابی فرایند
۴۲۰	۳۶-۷ خلاصه
۴۲۱	منابع
۴۲۱	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۴۲۳	فصل ۳۷ پالایش فلزات گروه پلاتین
۴۲۳	۳۷-۱ اهداف این فصل
۴۲۳	۳۷-۲ ترکیب کنسانتره
۴۲۳	۳۷-۳ روش‌های جداسازی مورد استفاده در پالایش فلزات گروه پلاتین
۴۲۹	۳۷-۴ بازده پالایش فلز
۴۳۰	۳۷-۵ دسته‌بندی فرایندهای پالایش فلز
۴۳۳	۳۷-۶ واحد پالایش پلاتین لومین غربی
۴۳۸	۳۷-۷ واحد پالایش فلزات کراستسومت در کراسنویارسک

۴۴۲	۳۷- ۸ ارزیابی فرایندهای رسوب‌دهی
۴۴۳	۳۷ ۹ فرایند جاسون متی / پلاتین آمریکایی انگلو
۴۴۷	۳۷ ۱۰ فرایند بالایش فلزات اکتون
۴۵۰	۳۷- ۱۱ ارزیابی فرایندهای استخراج حلالی
۴۵۱	۳۷- ۱۲ فرایند تبادل یونی پلاتین ایمپلا
۴۶۳	۳۷- ۱۳ ارزیابی فرایندهای تبادل یونی
۴۶۳	۳۷ ۱۴ خلاصه
۴۶۴	منابع
۴۶۴	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۴۶۷	بخش ۴ باز چرخانی نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین
۴۶۹	فصل ۳۸ بازیافت نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین
۴۶۹	۳۸- ۱ بازیافت فلزات گروه پلاتین از کاتالیزگر خودرو
۴۷۲	۳۸- ۲ بازیافت نیکل موجود در فولاد ضدزنگ
۴۷۷	۳۸ ۳ بازیافت کبالت
۴۷۹	۳۸- ۴ خلاصه
۴۸۰	منابع
۴۸۰	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۴۸۱	پیوست الف گذارش فرونیکل از کانسنگ‌های لاتریتی نواحی غیرگرمسیری
۴۸۱	منابع
۴۸۲	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۴۸۳	پیوست ب فرایند کارون برای فراوری لاتریت‌های نیکل
۴۸۴	ب - ۱ مراحل فرایند کارون
۴۸۸	منابع
۴۸۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۴۸۹	پیوست پ سرد کردن سریع اتوکلاوها
۴۸۹	پ-۱ فرایند صنعتی
۴۹۱	پ ۲ استفاده از بخار به دست آمده
۴۹۳	پیوست ت ته‌نشینی دوغاب فروشویی با جریان متقابل
۴۹۳	ت-۱ شرح فرایند
۴۹۵	ت-۲ طراحی و کنترل
۴۹۵	ت ۳ لخته‌سازها
۴۹۵	منابع
۴۹۵	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۴۹۷	پیوست ث بازیابی نیکل، مس، کبالت و فلزات گروه پلاتین از سرباره
۴۹۷	ث-۱ سازوکارهای ته‌نشینی
۵۰۰	ث ۲ جامدسازی، آسیاب کردن و تساورسازی سرباره

۵۰۲	منابع
۵۰۳	پیوست ج پالایش الکتریکی نیکل بسیار خالص از آلیاژ Ni ناخالص با عیار ریخته‌گری و آندهای مات Ni
۵۰۶	منابع
۵۰۷	پیوست چ مبدل‌های دوار با دمش از بالا
۵۰۷	ج ۱ توصیف
۵۰۷	ج ۲- گذارش و تبدیل مات غنی از فلزات گروه پلاتین در استیلواتر مونثانا
۵۰۷	ج ۳- تهیه خوراک واحد پالایش کربنیل از فلز نیکل، سولفید و جامدات اکسیدی در سادبری کانادا
۵۰۹	منابع
۵۱۰	منابع پیشنهادی برای مطالعه
۵۱۱	پیوست ح انرژی آزاد و ثابت‌های تعادلی کربنیل‌دار کردن نیکل
۵۱۲	ج- ۱ ثابت‌های تعادلی
۵۱۳	ج- ۲ KE به صورت تابعی از دما
۵۱۳	ج- ۳ ثابت تعادل واکنش کربنیل‌دار کردن (۱۹- ۱) در دمای 50°C
۵۱۴	ج- ۴ ثابت تعادل واکنش تجزیه (۱۹- ۲) در دمای 240°C
۵۱۴	ج- ۵ محاسبات مربوط به کربنیل‌دار کردن در فشار ۷۰ بار
۵۱۴	منابع
۵۱۵	واژه‌نامه

پیشگفتار نویسندگان

این کتاب استخراج نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین را شرح می‌دهد. نقطه شروع، کانسنگ در محل و نقطه پایان، فلزات و مواد شیمیایی با خلوص بالا است. ما شرح این فلزات را در یک کتاب ترکیب کرده‌ایم زیرا آنها اغلب در کنار هم وجود دارند، با هم استخراج می‌شوند و دارای ویژگی‌های مشابه هستند. اهداف کتاب عبارتند از:

- (الف) چگونگی ظهور و استخراج این فلزات را شرح می‌دهد،
 - (ب) دلایل فرایندهای استخراجی انتخاب‌شده را توضیح می‌دهد،
 - (پ) نشان می‌دهد که چگونه می‌توان فرایندها را با کم‌ترین تأثیر بر محیط زیست و با بیش‌ترین بازده انجام داد، و
 - (ت) بهبودها و پیشرفت‌های آینده را پیشنهاد می‌دهد.
- بیش‌تر اطلاعات این کتاب با بازدید از بسیاری از واحدهای استخراج نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین در دنیا به‌دست آمده است. ما از میزبانان خود بسیار سپاسگزاریم که با لطف و راهنمایی‌های ماهرانه خود، ما را با امکانات خود آشنا کردند. کتاب ما بدون کمک همه‌جانبه این همکارانمان نمی‌توانست نوشته شود. ما عمیقاً از همه آنها تشکر می‌کنیم.

صنایع پلاتین به‌طور سنتی درباره نشر جزئیات فرایندهای پالایش خود محرمانه عمل می‌کنند. هر دو شرکت پلاتین ایمپالا و شرکت پلاتین لومین، اطلاعات خود را بی‌پرده به اشتراک گذاشتند و از این بابت سپاسگزاریم. به ویژه پاول لسینگ، به‌طور آشکار و آزاد، دانش و تجربه گسترده خود را در صنعت پالایش پلاتین در اختیار گذاشتند.

ما در کل کتاب از واحدهای مبتنی بر SI استفاده کرده‌ایم. با این حال، ما از °C برای دما، بار برای فشار و g/L برای غلظت استفاده کرده‌ایم، زیرا بسیار رایج‌تر هستند. واحد حجم گاز Nm^3 است که به‌صورت m^3 گاز در دمای ۲۷۳K و فشار ۱ اتمسفر (۱۰۱۳۲۵ بار) تعریف می‌شود. در نهایت، مگر اینکه خلاف آن بیان شده باشد، دلار همیشه به‌صورت دلار آمریکا آورده شده است مگر این‌که خلاف آن بیان شده باشد و % نیز همواره به‌صورت % جرمی منظور شده است.

در کل کتاب از دو اختصار PGM و PGE استفاده شده است که به ترتیب برای فلزات گروه پلاتین و عناصر گروه پلاتین هستند.

مارگارت داوِنپورت و کتی سول این کتاب را کلمه به کلمه و در تمام مراحل مختلف تألیف خوانده‌اند و پیشنهادهای مفید بسیاری ارائه دادند. ما از همکاری و صمیمیت آنها برای تنظیم بهتر این کتاب تشکر می‌کنیم. همچنین از عایشه عثمان، نیکلاس دو پریز، جاستین لوید، تروور چاگوند و ناردو مین برای کمک به ویرایش و ترسیم نمودارها تشکر می‌کنیم. از امیلی آلمانده که هنگام نوشتن این کتاب با لطف به ویلیام داوِنپورت در دانشگاه کمبریج کمک کرد، تشکر می‌کنیم.

فرانک ک. کراندول، ژوهانسبورگ، آفریقای جنوبی
مایکل اس. موآتس، شهر سالت لیک، یوتا
ونکوبا راماجاندرا، فونیکس، آریزونا
تیم. ج. رابینسون، فونیکس، آریزونا
ویلیام ج. داوِنپورت، توسکان، آریزونا

www.ketab.ir

پیشگفتار مترجمان

مواد معدنی با فعالیت‌های جامعه مدرن عجین شده‌اند. این مواد را می‌توان در محصولات بی‌شماری مشاهده کرد. وابستگی به این محصولات باعث ایجاد رقابت بر سر کنترل و دسترسی به منابع محدود می‌شود. تاریخ سرشار از نمونه‌هایی است که بشر به خاطر منابعی که به نظر می‌رسید برای بقای انسان‌ها ضروری است، درگیر جنگ شده است. با توجه به این که برخی منابع معدنی به میزان محدودی عرضه می‌شوند، لذا روش‌های استخراجی آن‌ها بایستی بهینه باشند. صنایع معدن‌کاری و متالورژی، سرمایه زیادی لازم دارند و چالش‌های زیست‌محیطی بسیاری ایجاد می‌کنند. به منظور ایجاد پایداری، باید در توسعه فرایندهای کارآمد و به حداقل رساندن آسیب‌های زیست‌محیطی نوآوری انجام داد. برای دستیابی به این اهداف، ما باید همراه با نوآوری، از جزئیات مراحل فوایددهایی را که برای توسعه فرایند اولیه به آن اضافه می‌شوند، درک دقیقی داشته باشیم. این امر مستلزم دانش در زمینه‌های شیمی، مهندسی شیمی، متالورژی و علوم زیست‌محیطی است. علم، فناوری و نوآوری، کلید پیشرفت مستمر در دنیای صنعتی هستند. نوآوری فنی، کلید توسعه اقتصادی و اجتماعی و پیشرفت زیست‌محیطی است. پژوهش‌های عمیق علمی و فنی نقش مهمی در توسعه فرایندهای جدید از طریق نوآوری دارد. این کتاب، استخراج نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین را شرح می‌دهد. نقطه شروع، کانسنگ در محل و نقطه پایان، فلزات و مواد شیمیایی با خلوص بالا است. بیش‌تر روش‌های ارائه شده در این کتاب، در بسیاری از واحدهای استخراج نیکل، کبالت و فلزات گروه پلاتین در سراسر دنیا در حال انجام است. درک مناسب از روش‌های موجود در این کتاب، می‌تواند راهنمای کاربردی و مؤثر برای پژوهشگران و متخصصان در حوزه متالورژی استخراجی این فلزات و سایر فلزات قرار گیرد.

نیکل یکی از پرکاربردترین و مهم‌ترین فلزات صنعتی است. این عنصر آلیاژی حیاتی در چدن‌ها، فولادها (از جمله فولادهای ضد زنگ آستنیتی حاوی ۸ تا ۳۵٪ نیکل) و آلیاژهای غیرآهنی است. آلیاژهای پایه نیکل در کاربردهای مقاوم در برابر خوردگی و مقاوم در برابر حرارت استفاده می‌شوند. آلیاژهای نیکل - آهن برای کاربردهایی که نیاز به انبساط حرارتی کنترل‌شده یا ویژگی‌های مغناطیسی نرم دارند، توسعه یافته‌اند. پوشش‌های نیکل و محصولات نیکل ساخته‌شده توسط شکل‌دهی الکترولیتی نیز از نظر فناوری اهمیت دارند. هم‌چنین نیکل یا ترکیبات نیکل در ضرب سکه، باتری، کاتالیزگر، سرمایه‌گذاری و ابررساناهای مغناطیسی استفاده می‌شود. اگرچه نیکل را می‌توان با خلوص تجاری ۹۹.۹۹٪ تولید کرد، اما اکثر داده‌های گزارش شده در منابع مربوط به نیکل (به همراه کبالت)، با خلوص ۹۹.۹۵٪ است. این درجه خلوص برای تأمین بسیاری از خواص، رضایت‌بخش است، اما برخی از خواص، به عنوان مثال مقاومت الکتریکی، نسبت به ناخالصی‌های محلول جامد بسیار حساس هستند.

کبالت به دلیل کاربردهای آن در صنایع دفاعی و وابستگی کشورهای صنعتی به واردات کبالت به عنوان یک فلز راهبردی و مهم، طبقه بندی می شود. کبالت برای ساخت فوق آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت، مقاوم در برابر خوردگی و آلیاژهای مقاوم در برابر سایش، آهن ربا، فولادهای ابزار با سرعت بالا و کاربردهای سیمانی استفاده می شود. برخی از آلیاژهای کبالت نیز سازگار با محیط زیست هستند که باعث شده از آن ها به عنوان ایمپلنت های ارتوپدی استفاده شود. ترکیبات کبالت همچنین برای کاربردهای غیرمتالورژی مانند کاتالیزگرهای صنایع نفت و شیمیایی مواد خشک کننده برای رنگ، لاک و جوهر، روکش های پایه برای مینای چینی دندان، رنگدانه ها، ابزار بُرش، باتری ها و ابزارهای ضبط مغناطیسی و کبالت تراپی (کبالت ۶۰) مهم هستند.

افراد معدودی می توانند نام شش عنصر گروه پلاتین (PGE) را نام ببرند و حتی تعداد کمتری قادرند که کاربردهای آن ها را توضیح دهند. در حال حاضر این فلزات بخش عمده ای از زندگی مدرن را تشکیل می دهند. عناصر گروه پلاتین، شش فلز کمیاب شامل پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd)، ایریدیم (Ir)، رودیم (Rh)، روتنیم (Ru) و اوسیم (Os) با خواص کاتالیزگری بسیار خوبی هستند. در سه دهه اخیر پلاتین، پالادیم و روتنیم در بعضی کاربردهای ویژه، به طور فزاینده ای استفاده شده است. این فلزات به عنوان کاتالیزگر در فرایندهای مختلف شیمیایی مانند واکنش های آبدار کردن و بی آب کردن در صنایع داروسازی و در تولید پلیمرهای ساختمانی، آفت کش ها و رنگ ها به کار می روند. پس از معرفی اولیه مبدل های کاتالیزگری خودرو در آمریکای شمالی در دهه ۱۹۷۰، پلاتین، پالادیم و روتنیم به طور گسترده ای به عنوان کاتالیزورهای انتخابی برای کاهش نیتروژن اکسید، کربن مونوکسید و انتشار هیدروکربن در خروجی سوخت استفاده شدند. در واقع، بزرگترین کاربرد عناصر گروه پلاتین در صنعت مبدل کاتالیزگری است و به ترتیب ۷۸، ۴۵ و ۸۰٪ از تولید جهانی پلاتین، پالادیم و روتنیم را استفاده کرده است.

این کتاب واقعاً با علاقه ترجمه شده است. این نتیجه اشتیاق بی پایان برای بهبود جامعه از طریق پژوهش و توسعه در صنعت متالورژی استخراجی است. ما در دنیایی با تغییرات سریع زندگی می کنیم و هر روز محصولات خلاقانه ای وارد بازار می شوند. در پشت این فریبندگی و زرق و برق، فداکاری تعدادی از پژوهشگران نهفته است که شب و روز برای توسعه محصولات و فرایندهای جدید تلاش می کنند تا آن ها را ممکن سازند. در طول سال ها، نویسندگان به کتابی نیاز پیدا کرده اند که گام هایی را که باید برای توسعه یک محصول یا فرایند نوآورانه از اولین ایده ابتکاری آغاز شده را عملی کنند.

کاظم میرجلیلی

مهندس روشنی