

پیش تغلیظ و پریارسازی فیزیکی در فرآوری مواد معدنی

تألیف:

دکتر بهرام رضایی
(استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

انتشارات جهاد دانشگاهی
واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور
مشخصات نشر
مشخصات ظاهری
شابک
وضعیت فهرست نویسی
یادداشت
شناسه افزوده
شماره کتابشناسی ملی

رضایی، بهرام، ۱۳۳۸ -
پیش تغلیظ و پرعیارسازی فیزیکی در فرآوری مواد معدنی
تهران: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۴.
۶۱۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
۲۶۰۰۰۰ ریال: 4-217-210-964-978: ISBN;
فیپای مختصر
فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
۳۸۵۰۸۹۳:

این کتاب در جلسه مورخ ۹۴/۰۲/۲۰ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
ارزیابی علمی، آموزشی و انتشار، دریافت نموده است.



پیش تغلیظ و پرعیارسازی فیزیکی در فرآوری مواد معدنی

تألیف: دکتر بهرام رضایی

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

ناشر
نوبت چاپ
سال چاپ
قطع
شمارگان
قیمت
طراح
چاپخانه

اول:
۱۳۹۴:
وزیری
۵۰۰ نسخه
۲۶۰۰۰۰ ریال
آرزو انصاری
اسراء



ISBN: 978-964-210-217-4

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۱۷-۴

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶+ تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶+
www.jdamirkabir.ac.ir فروشگاه اینترنتی:

پیشگفتار

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی، زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به امکانات علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاد دانشگاهی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور، همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی‌تکنیک تهران»» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پیوندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاد دانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پیونده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان‌ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

«هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید»

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

مقدمه مؤلف

به نام خدا

دنیای صنعت و تکنولوژی مدرن با روندی که در پیش گرفته هر روز نیاز بیشتری به مواد معدنی پیدا می‌کند و برای تأمین نیازها، بهره‌وری از معادن نیز روز به روز افزایش می‌یابد. افزایش تولید مواد معدنی به عنوان ماده اولیه مورد مصرف در صنعت، باعث ایجاد معادن بزرگ‌تر و در نتیجه کم‌عیارتر می‌شود و پیشرفت تکنولوژی، استفاده از مواد اولیه با مشخصات فنی دقیق‌تر را ضروری می‌سازد. بنابراین کاهش ذخایر معدنی با عیار بالا، ترکیبات کانی‌شناسی ساده، باعث گردیده تا معدنی با عیار بسیار پائین و با ترکیبات کانی‌شناسی بسیار پیچیده مورد استفاده قرار گیرند و به موازات آن فرآوری مواد معدنی اهمیت بیشتری به خود می‌گیرد و برای اتصالی کمتر و کاهش فرایندها و جلوگیری از هدر روی عناصر با ارزش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی پیش تولید مواد معدنی و بخصوص جدایش فیزیکی در صنایع فرآوری مواد معدنی که از اهمیت خاصی برخوردار است، -انگار واقعاً خود را بهتر نمایان می‌سازد.

نوع فرایند، ماده معدنی، ماهیت کانی‌شناسی و میزان درجه آزادی، حضور عناصر مفید و مضر و بسیاری از پارامترهای عملیاتی در انتخاب نوع روش و روش‌های پیش تغلیظ مؤثر بوده و هریک از روش‌های فرآوری می‌توانند به عنوان پیش تغلیظ فرایندهای دیگر استفاده شوند. به عنوان مثال پیش تغلیظ فلوتاسیون در تأسیسات فرآوری طلا قبل از عملیات لیچینگ سیانیدی، مؤثرترین روش اتخاذ شده بوده که بدون بکارگیری این روش، امکان استحصال اقتصادی طلا میسر نمی‌شد. حذف مواد نامطلوب در ابعاد درشت، ساده‌سازی مدار، کاهش تجهیزات، افزایش ظرفیت، کاهش مواد معدنی و بسیاری دیگر از دیگر اهداف بکارگیری روش‌های پیش تغلیظ در فرآوری مواد معدنی می‌باشد.

در فصل اول این کتاب کلیات این روش‌ها و اهمیت آنها ارائه شده و در فصل دوم، فناوری جدید مایکروویو، در فصل سوم فراصوت، در فصل چهارم پالس‌های الکتریکی فشار قوی، در فصل پنجم، سنگ جوری، در فصل ششم روش‌های الکتریکی و الکترواستاتیکی، در فصل هفتم روش مغناطیسی، در فصل هشتم روش‌های ثقلی ارائه شده و در فصل نهم، ارزیابی و تحلیل نتایج حاصل از آزمون‌های بکار گرفته در فرایندها به تصویر کشیده شده است که نه تنها در پیش تغلیظ، بلکه در جداسازی فیزیکی نیز اهمیت زیادی دارد.

با تشکر

بهرام رضایی

فهرست

- فصل ۱: کلیات ۱۹
- ۱-۱- آشنایی ۱۹
- ۱-۲- اهمیت پیش‌تعیین و عیارسازی فیزیکی در فرآوری مواد معدنی ۲۱
- ۱-۲-۱- اهمیت مایکروویو در عنوان روشی پیش‌تعلیظ در افزایش بازیابی فلوتاسیون ۲۳
- ۱-۲-۲- اهمیت مایکروویو و فرسودگی به عنوان پیش‌تعلیظ در لیچینگ گوگرد آلی زغال ۲۵
- ۱-۲-۳- پیش‌تعلیظ با استفاده از خواص ترکیبی کانی‌ها ۳۱
- ۱-۲-۴- پیش‌تعلیظ با استفاده از خواص حرارتی کانی‌ها ۳۲
- ۱-۲-۵- پیش‌تعلیظ با استفاده از روش مغناطیسی ۳۵
- ۱-۲-۶- پیش‌تعلیظ با استفاده از لومینسانس ۳۷
- ۱-۲-۷- پیش‌تعلیظ با استفاده از روش‌های ثقیل و دیگر خواص ترکیبی ۳۷
- ۱-۲-۸- پیش‌تعلیظ با استفاده از روش‌های الکتریکی و پالس‌های ریز ۴۰
- ۱-۲-۹- پیش‌تعلیظ با استفاده از روش‌های تجمع‌پذیری ۴۱
- ۱-۲-۱۰- پیش‌تعلیظ با استفاده از روش‌های سطحی ۴۲
- ۱-۲-۱۱- پیش‌تعلیظ با استفاده از خواص انحلال کانی‌ها ۴۳
- ۱-۲-۱۲- پیش‌تعلیظ با استفاده از انحلال سطحی کانی‌ها در بهبود فرآیندهای فلوتاسیون و لیچینگ ۴۴
- ۱-۲-۱۳- پیش‌تعلیظ با ایجاد جهش در باکتری‌ها در کلیه فرآیندهای فرآوری ۴۶
- ۱-۲-۱۴- پیش‌تعلیظ با مکانو الکتروشیمی ۴۹
- ۱-۲-۱۵- پیش‌تعلیظ با فعال‌سازی مکانیکی و مکانوشیمیایی ۵۱

۶۵	منابع.....
۶۷	فصل ۲: نقش میکروویو در فرآوری.....
۶۷	۲-۱- آشنایی.....
۶۸	۲-۲- کاربردهای صنعتی میکروویو.....
۶۸	۲-۲-۱- کاربرد در فرآوری مواد معدنی.....
۷۰	۲-۳- طیف میکروویو.....
۷۲	۲-۱- کانیزم‌های گرم کردن با میکروویو.....
۷۲	۲-۱-۴- اشکال الکترونی.....
۷۲	۲-۱-۴-۱- قطبش اتمی.....
۷۳	۲-۱-۴-۳- قطبش مولکولی.....
۷۴	۲-۱-۴-۴- قطبش دکی.....
۷۴	۲-۱-۴-۵- هدایت یونی.....
۷۴	۲-۵- خواص دی‌الکتریک.....
۷۴	۲-۵-۱- نفوذپذیری الکتریکی.....
۷۵	۲-۵-۲- تأثیر بسامد بر خواص دی‌الکتریک.....
۷۵	۲-۵-۳- تأثیر دما بر خواص دی‌الکتریک.....
۷۶	۲-۵-۴- روش‌های اندازه‌گیری خواص دی‌الکتریک.....
۷۸	۲-۶- جذب توان میکروویو.....
۷۹	۲-۷- قدرت نفوذ میکروویو.....
۸۰	۲-۸- جنبه‌های مهندسی سیستم گرمادهی میکروویو.....
۸۰	۲-۸-۱- منابع تولید میکروویو.....
۸۱	۲-۸-۲- نحوه انتشار میکروویو.....
۸۱	۲-۸-۳- اعمال‌کننده‌های گرمایی میکروویو.....
۸۴	۲-۸-۴- روش تعیین میزان جذب انرژی میکروویو توسط مواد.....

- ۹-۲- کاربرد مایکروویو در فرآیند خردایش ۸۹
- ۱۰۹-۲ ویژگی‌های حرارتی و مکانیکی سنگ‌ها ۸۹
- ۲-۹-۲ مایکروویو پیوسته و مایکروویو ضربانی ۱۰۱
- ۳-۹-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی مقاومت سنگ ۱۰۳
- ۴-۹-۲ تأثیر مایکروویو بر روی انرژی مورد نیاز خردایش ۱۱۱
- ۵-۹-۲ اثر گرمادهی مایکروویو بر روی توزیع ابعادی ذرات ۱۱۹
- ۶-۹-۲ تأثیر مایکروویو بر روی درجه آزادسازی ۱۲۲
- ۷-۹-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی سینتیک خردایش ۱۲۸
- ۱۰-۲ تأثیر تابش مایکروویو در جدایش الکترواستاتیکی ۱۳۲
- ۱۱-۲ تأثیر تابش مایکروویو در جدایش مغناطیسی ۱۳۶
- ۱-۱۱-۲ بررسی اثر تابش مایکروویو بر روی خواص مغناطیسی کانه آهن ۱۳۶
- ۲-۱۱-۲ استفاده از مایکروویو برای جدایش ذرات از زغال سنگ ۱۴۳
- ۳-۱۱-۲ بررسی اثر مایکروویو بر روی جدایش مناسباتی کانی بیریت ۱۴۷
- ۱۲-۲ تأثیر تابش مایکروویو در فرآیند لیچینگ ۱۵۲
- ۱۱۲-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی کانه‌های سولفید ۱۵۲
- ۲-۱۲-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی فرآیند لیچینگ مکمل و حالت ۱۵۴
- ۳-۱۲-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی فرآیند لیچینگ سرب ۱۵۵
- ۴-۱۲-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی فرآیند لیچینگ مس ۱۵۶
- ۵-۱۲-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی لیچینگ طلا ۱۵۹
- ۶-۱۲-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی گوگردزدایی از زغال سنگ به روش لیچینگ ۱۶۱
- ۱۳-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی فرآیند فلوئوتاسیون ۱۶۲
- ۱-۱۳-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی فلوئوتاسیون زغال سنگ ۱۶۲
- ۲-۱۳-۲ تأثیر تابش مایکروویو بر روی فلوئوتاسیون کانه‌های فلزی ۱۶۵
- منابع ۱۷۰

فصل ۳: نقش فراصوت در فرآوری ۱۷۷

۱-۳-۱ آشنایی ۱۷۷

۲-۳-۱ امواج فراصوت ۱۷۸

۱-۲-۳-۱ تولید امواج فراصوت ۱۷۸

۲-۲-۳-۱ خواص امواج فراصوت ۱۸۰

۳-۳-۱ کاربرد فراصوت در صنعت ۱۸۵

۱-۳-۱-۱ کاربرد فراصوت در تولید آلیاژها ۱۸۵

۲-۱-۳-۱ تشخیص شکاف و حفره در فلزات ۱۸۵

۳-۳-۳-۱ سوراخ کردن مواد سخت ۱۸۵

۲-۳-۳-۱ رابار ۱۸۶

۵-۳-۳-۱ تمیز کردن سطوح ۱۸۶

۴-۳-۱ کاربرد در فرآوری مواد معدنی ۱۸۶

۱-۴-۳-۱ کاربرد امواج فراصوت در خردایش مواد معدنی ۱۸۶

۲-۴-۳-۱ استفاده از امواج فراصوت در پالپ ۱۸۹

۳-۴-۳-۱ تأثیر امواج فراصوت در عملکرد آبپاش غلظتی ۱۹۱

۴-۴-۳-۱ بهبود عملیات آسیا در تولید پودر آلومینا با فراصوت ۱۹۵

۵-۴-۳-۱ کاربرد امواج فراصوت در خواص سنجی مواد معدنی ۱۹۷

۶-۴-۳-۱ کاربرد امواج فراصوت در شناورسازی مواد معدنی ۲۰۱

۷-۴-۳-۱ کاربرد امواج فراصوت در هیدرومتالورژی ۲۲۶

۵-۳-۱ سایر کاربردهای فراصوت در فرآوری مواد معدنی ۲۵۴

منابع ۲۸۸

فصل ۴: نقش پالس‌های الکتریکی در فرآوری ۲۹۱

۱-۴-۱ آشنایی ۲۹۱

۲-۴-۱ مفاهیم اولیه ۲۹۳

- ۳-۴- اصول و مبانی اولیه روش‌های الکتریکی ولتاژ بالا..... ۲۹۴
- ۴-۴- دستگاه‌ها و تجهیزات لازم..... ۲۹۶
- ۴-۴-۱- دستگاه مولد پالس الکتریکی ولتاژ بالا..... ۲۹۶
- ۴-۴-۲- دستگاه خردایش..... ۲۹۸
- ۴-۵- مکانیزم آزادسازی کانی‌ها با استفاده از پالس‌های الکتریکی..... ۳۰۱
- ۴-۶- مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد پالس الکتریکی در فرآوری مواد معدنی..... ۳۰۵
- ۴-۶-۱- مطالعه آزادسازی الماس از کیمبرلیت..... ۳۰۵
- ۴-۶-۲- مطالعه آزادسازی فلزات گروه پلاتین از کانسنگ‌های سولفیدی..... ۳۰۵
- ۴-۶-۳- بازیابی طاری قائم از ذخایر سولفیدی..... ۳۰۶
- ۴-۶-۴- بازیابی دراز سولفیدهای منگنز..... ۳۰۶
- ۴-۶-۵- بازیابی منیزیم..... ۳۰۶
- ۴-۶-۶- بازیابی مس از کانسنگ‌های سولفیدی کم‌عیار..... ۳۰۶
- ۴-۶-۷- بازیابی طلا از باطله‌های مس..... ۳۰۷
- ۴-۶-۸- مطالعه آزادسازی کانسنگ اکسیدی مس (شامل هماتیت و منیتیت)..... ۳۰۷
- ۴-۶-۹- سایر مطالعات انجام شده..... ۳۰۷
- ۴-۷- عوامل مؤثر بر عملکرد خردایش الکتریکی..... ۳۰۸
- ۴-۷-۱- عوامل مربوط به سنگ..... ۳۱۰
- ۴-۷-۲- عوامل عملیاتی..... ۳۱۵
- ۴-۸- پیش عمل‌آوری کانسنگ‌های فسفات با پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا..... ۳۱۹
- ۴-۸-۱- توسعه سنگ‌شکن الکتریکی با پالس‌های ولتاژ بالا..... ۳۱۹
- ۴-۸-۲- نتایج شبیه‌سازی عددی سنگ‌شکن الکتریکی ولتاژ بالا..... ۳۲۳
- ۴-۸-۳- تأثیر پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا در تعیین درجه آزادی نمونه فسفات..... ۳۲۵
- ۴-۸-۴- تأثیر پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا بر افزایش درزه و شکاف‌ها..... ۳۲۶
- ۴-۸-۵- تأثیر پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا بر اندیس‌های خردایش کانسنگ فسفات..... ۳۲۸
- ۴-۸-۶- تأثیر پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا بر توابع شکست و انتخاب کانسنگ فسفات..... ۳۲۸

۷-۸-۴- تأثیر پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا برمدار خردایش کانسنگ فسفات ۳۳۲

منابع ۳۳۵

فصل ۵: نقش سنگ جوری در فرآوری ۳۳۷

۱-۵- آشنایی ۳۳۷

۲-۵- اصول اولیه ۳۳۷

۱-۲-۵- الزامات اولیه سنگ جوری ۳۳۸

۲-۲-۵- کاربرد سنگ‌جوری ۳۴۰

۳-۲-۵- مزایای استفاده از سنگ‌جوری به‌عنوان یک روش پیش تعلیظ ۳۴۱

۴-۵- خصوصیات سنگ‌جوری کانی‌ها ۳۴۱

۱-۳-۵- عوامل مؤثر ۳۴۱

۴-۵- سنگ‌جورر ۳۴۴

۱-۴-۵- الزامات سنگ‌جوری دستی ۳۴۶

۲-۴-۵- مزایای سنگ‌جوری دستی ۳۴۸

۳-۴-۵- معایب سنگ‌جوری دستی ۳۴۹

۴-۴-۵- راهکارهای مؤثر در افزایش کارایی سنگ‌جوری دستی ۳۴۹

۵-۵- سنگ‌جوری مکانیکی ۳۵۰

۱-۵-۵- تجهیزات سنگ‌جوری مکانیکی و بخش‌های اصلی آن ۳۵۱

۲-۵-۵- عوامل عملیاتی در سنگ‌جوری مکانیکی ۳۵۵

۳-۵-۵- روش‌های رایج در سنگ‌جوری مکانیکی ۳۵۸

۶-۵- ملاحظات فنی - اقتصادی سنگ‌جوری ۳۷۱

۱-۶-۵- بررسی هزینه‌های سنگ‌جوری ۳۷۱

۲-۶-۵- انرژی مصرفی در عملیات سنگ‌جوری ۳۷۴

۷-۵- چشم‌انداز عملیات سنگ‌جوری ۳۷۵

منابع ۳۷۶

۳۷۶	سایت‌ها
۳۷۷	فصل ۶: نقش روش‌های الکتریکی و الکترواستاتیکی در فرآوری
۳۷۷	۶-۱- آشنایی
۳۷۷	۶-۲- مبانی جدایش الکتریکی
۳۷۸	۶-۲-۱- مفاهیم الکترواستاتیک
۳۸۳	۶-۳- چگالی جریان
۳۸۴	۶-۴- قابله هدایت الکتریکی کانی‌ها
۳۸۵	۶-۴-۱- عوامل مؤثر بر هدایت الکتریکی کانی‌ها
۳۸۵	۶-۵- مکانیزم‌های باردار کردن ذرات
۳۸۶	۶-۵-۱- مکانیزم باردار کردن ذرات توسط مالش (اصطکاک)
۳۸۶	۶-۵-۲- مکانیزم باردار کردن ذرات توسط تماس
۳۸۷	۶-۵-۳- مکانیزم باردار کردن در اثر القای همدستی
۳۸۸	۶-۵-۴- مکانیزم باردار کردن از طریق فشار
۳۸۹	۶-۵-۵- مکانیزم باردار کردن از طریق حرارت
۳۸۹	۶-۵-۶- مکانیزم باردار کردن از طریق نور
۳۹۰	۶-۵-۷- مکانیزم باردار کردن از طریق تغییرات شیمیایی
۳۹۱	۶-۵-۸- مکانیزم باردار کردن از طریق خاصیت مغناطیسی
۳۹۲	۶-۶- ساختمان جداکننده‌های الکترواستاتیکی
۳۹۲	۶-۶-۱- بخش باردار و بی بار کردن
۳۹۳	۶-۶-۲- میدان الکتریکی خارجی
۳۹۳	۶-۶-۳- بخش باردهی
۳۹۳	۶-۶-۴- بخش جداکننده محصولات
۳۹۵	۶-۷- آماده‌سازی بار اولیه
۳۹۵	۶-۸- کاربرد جداکننده‌های الکترواستاتیکی

۳۹۶..... ۹-۶ روش‌های جدایش الکترواستاتیکی

۳۹۶..... ۱-۹-۶ جدایش الکترواستاتیکی سقوط آزاد

۳۹۹..... ۲-۹-۶ جدایش با جریان الکتریکی فشار قوی

۴۰۵..... ۳-۹-۶ جداکننده‌های اتصالی

۴۰۸..... ۴-۹-۶ جدایش تریوالکتروستاتیک

۴۱۴..... ۵-۹-۶ سایر روش‌های جدایش الکترواستاتیکی

۴۱۴..... ۱۰-۱-۶ انتخاب جداکننده‌های الکترواستاتیکی

۴۱۵..... ۱-۱۰-۶ جداکننده‌های فشار قوی

۴۱۶..... ۲-۱۰-۶ جداکننده‌های اتصالی

۴۱۸..... منابع

فصل ۷: نقش روش‌های فراطیسی در فرآوری..... ۴۱۹

۴۱۹..... ۱-۷-۱ آشنایی

۴۲۰..... ۲-۷-۲ مفاهیم اولیه مغناطیس

۴۲۰..... ۱-۲-۷ تعاریف

۴۲۵..... ۲-۲-۷ خواص مغناطیسی مواد

۴۲۹..... ۳-۲-۷ خواص مغناطیسی کانی‌ها

۴۳۲..... ۴-۲-۷ تعیین خواص ذرات موجود در بار ورودی

۴۳۲..... ۳-۷-۳ اصول جدایش مغناطیسی

۴۳۳..... ۱-۳-۷ نیروی مغناطیسی

۴۳۴..... ۲-۳-۷ سایر نیروها

۴۳۹..... ۴-۷-۴ روش‌های ایجاد میدان مغناطیسی در جداکننده‌های مغناطیسی

۴۳۹..... ۱-۴-۷ الکترومغناطیس‌ها

۴۴۰..... ۲-۴-۷ آهنرباهای دائم

۴۴۱..... ۳-۴-۷ آهنرباهای ابررسانا

۴۴۲..... ۴-۴-۷ ایجاد گرادیان میدان

- ۴۴۳ ۵-۷- اهداف جدایش مغناطیسی
- ۴۴۳ ۱-۵-۷ حذف قطعات آهنی
- ۴۴۳ ۲-۵-۷ جدایش پیوسته
- ۴۴۴ ۶-۷- جداکننده‌های مغناطیسی
- ۴۴۴ ۱-۶-۷ طبقه‌بندی جداکننده‌های مغناطیسی
- ۴۴۸ ۲-۶-۷ جداکننده‌های مغناطیسی خشک
- ۴۵۴ ۳-۶-۷ جداکننده‌های مغناطیسی تر
- ۴۶۶ ۴-۶-۷ جداکننده‌های مغناطیسی ابررسانا
- ۴۶۷ ۵-۶-۷ جداکننده‌های مغناطیسی آزمایشگاهی
- ۴۷۰ ۶-۶-۷ جدایش مغناطیسی در مقیاس نیمه صنعتی
- ۴۷۰ ۷-۷- عملیات آماده‌سازی بار اولیه
- ۴۷۳ ۸-۷- عوامل مؤثر در انتخاب جداکننده‌های مغناطیسی
- ۴۷۳ ۱-۸-۷ شدت میدان مغناطیسی
- ۴۷۳ ۲-۸-۷ سرعت جداکننده
- ۴۷۳ ۳-۸-۷ درصد جامد
- ۴۷۴ ۴-۸-۷ میزان مواد مغناطیسی موجود در بار ورودی
- ۴۷۴ ۵-۸-۷ شدت جریان بار ورودی
- ۴۷۴ ۶-۸-۷ ابعاد ذرات
- ۴۷۵ ۹-۷- انتخاب جداکننده‌های مغناطیسی
- ۴۷۵ ۱-۹-۷ عوامل مؤثر در تعیین ظرفیت جداکننده
- ۴۷۶ ۲-۹-۷ راهنمای انتخاب و محاسبه ظرفیت جداکننده‌ها
- ۴۸۰ ۳-۹-۷ مراحل انتخاب جداکننده مغناطیسی تر باشد و گرادیان زیاد
- ۴۸۱ ۴-۹-۷ نحوه انتخاب جداکننده مغناطیسی خشک با شدت زیاد
- ۴۸۳ منابع

فصل ۸: نقش روش‌های ثقلی در فرآوری ۴۸۵

۸-۱- آشنایی ۴۸۵

۸-۲- اصول روش‌های پرعیارسازی ثقلی ۴۸۸

۸-۳- مکانیزم روش‌های پرعیارسازی ثقلی ۴۹۰

۸-۳-۱- مکانیزم جدایش در دستگاه‌های گروه اول ۴۹۰

۸-۳-۲- مکانیزم جدایش در دستگاه‌های گروه دوم ۴۹۱

۸-۳-۳- مکانیزم جدایش در دستگاه‌های گروه سوم ۴۹۲

۴- واحدهای عملیاتی در پرعیارسازی ثقلی ۵۱۰

۸-۵- مبانی طراحی فلووشریت‌ها در مدارهای پرعیارسازی ثقلی ۵۱۲

۸-۵-۱- نمونه‌ها در ۵۱۳

۸-۵-۲- آماده‌سازی نمونه ۵۱۴

۸-۵-۳- اهمیت مطالعه کانی‌شناسی و تعیین هویت نمونه ۵۱۵

۸-۵-۴- آزمایشات فیزیکی - عملیاتی ۵۱۶

۸-۶- بررسی‌های آزمایشگاهی تکمیلی ۵۱۹

۸-۶-۱- دستگاه مورد آزمایش در مقیاس کوچک ۵۱۹

۸-۶-۲- دستگاه مورد آزمایش در مقیاس بزرگ ۵۲۱

۸-۷- بررسی حالتی خاص و استفاده از نتایج بدست‌آمده در طراحی فلووشریت اولیه ۵۲۱

۸-۸- آزمایشات نیمه صنعتی ۵۲۳

۸-۸-۱- نقاط قوت فلووشریت طراحی شده ۵۲۸

۸-۸-۲- نقاط ضعف فلووشریت طراحی شده ۵۳۰

منابع ۵۳۵

فصل ۹: تحلیل و تفسیر نتایج حاصل از آزمون‌ها در فرآوری مواد معدنی ۵۳۷

۹-۱- آشنایی ۵۳۷

۹-۲- نمونه برداری، آماده‌سازی و تجزیه شیمیایی نمونه ۵۳۸

- ۳-۹- اندیس‌های مربوط به کانی شناسی و میکروسکوپی ۵۴۰
- ۴-۹- اندیس مربوط به تعیین درجه آزادی ۵۴۱
- ۵-۹- اندیس‌های مربوط به سنگ‌شکنی و آسیا کردن ۵۴۲
- ۶-۹- اندیس‌های مربوط به سرندها ۵۶۰
- ۷-۹- اندیس‌های مربوط به کلاسیفایرها ۵۶۸
- ۸-۹- اندیس‌های مربوط به، نسبت سقوط آزاد و با مانع ۵۷۰
- ۹-۹- اندیس‌های خاص ۵۷۱
- ۱۰-۹- اندیس‌های مربوط به روش‌های حرارتی ۵۷۳
- ۱۱-۹- اندیس‌های مربوط به انحلال ۵۸۰
- ۱۲-۹- اندیس‌های کلی تراوری ۵۸۵
- منابع ۶۰۲
- واژه‌نامه فارسی- انگلیسی ۶۰۵
- واژه‌نامه انگلیسی- فارسی ۶۰۹