

۱۴۱۲۰۱۳

(جلد اول)

تکنولوژی خردایش

تألیف:

دکتر بهرام رضایی

(استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	رضائی، بهرام، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور	تکنولوژی خردایش / تألیف بهرام رضائی.
مشخصات نشر	تهران: جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۲ ج.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۲۶۵۰۰۰ ریال: ج ۱. ۳- ۹78-964-210-230-0. ج ۲. ۰- ۹78-964-210-231-0. ISBN:
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	سنگ معدن - آماده سازی
موضوع	Ore-dressing
موضوع	معدن و ذخایر معدنی - ابزار و وسایل
موضوع	Mines and mineral resources - Equipment and supplies
موضوع	مهندسی معدن
موضوع	Mining engineering
شناسه افزوده	جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
رده بند کنگر	۱۳۹۵: ۸/۶/۷ TN۵۰۰
رده سی دی	۶۲۲/۷
شماره کتابشناسی ملی	۴۲۳۱۷۵۲

این کتاب در جلسه مورخ ۹۴/۱۲/۱۸ شورای نشر کتاب جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار، دریافت نموده است.



تکنولوژی خردایش (جلد اول)

تألیف: دکتر بهرام رضائی

جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

ناشر	نوبت چاپ
اول	سال چاپ
۱۳۹۵:	قطع
وزیری	شمارگان
۵۰۰ نسخه	قیمت
۲۶۵۰۰۰ ریال	طراح
آرزو انصاری	چاپخانه
اصیل	



ISBN: 978-964-210-230-3

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۳۰-۳

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

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّخْدِ

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، دسترس به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه، نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فریخته کشور، همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط "انتشارات جهاددانشگاهی 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 پویندگان 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 جهاددانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پوینده 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 جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

به نام خدا

خردایش مواد معدنی اولین مرحله فرآوری بعد از عملیات آتشیاری و استخراج بوده و از مهم‌ترین و اساسی‌ترین عملیات قبل از جدایش می‌باشد. اهداف اصلی خردایش و یا کاهش و کنترل ابعاد، دستیابی به درجه آزادی مورد نظر است. از آنجایی که اکثر کانی‌های با ارزش با گانگ همراه، تفرق کانی‌شناسی دارند، بنابراین قبل از عملیات جدایش، ابتدا باید آرا شوند.

ذخایر امروزی با ترکیبات کانی‌شناسی بسیار پیچیده و عیارهای بسیار پایین، لزوم خردایش بیشتر مواد معدنی را به دنبال داشته و باعث افزایش مصرف انرژی و نرمه بیش از حد (ذرات ریزتر از ۱۵ تا ۲۵ میکرون) گردیده، به نحوی که بیش از ۵۰ تا ۶۰ درصد هزینه و مصرف انرژی در تأسیسات فرآوری مواد معدنی را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین در انتخاب و طراحی این تجهیزات باید با آبریزی اتخاذ شود تا ضمن دستیابی به محدوده ابعادی مورد نظر، از خردایش بیش از حد مواد و مصرف بی‌رویه انرژی که منجر به اتلاف بسیار مهمی در توجیه اقتصادی محصول و قیمت تمام شده را دارد، جداً جلوگیری شود. اگرچه جهت دستیابی به اهداف مهم، طراحی، بهینه‌سازی و کنترل سیستم‌هایی تأثیر نیست. در این مجموعه ضمن تشریح تئوری کلیه داده‌ها، بحث با خردایش، از لحاظ فنی و مهندسی، طراحی، شبیه‌سازی، مدلسازی و دیگر موارد نیز با مثال‌های نمونه ارائه شده است.

بنابراین، این مجموعه که در هیجده فصل و در دو جلد (نه فصل در جلد اول و نه فصل دیگر در جلد دوم) برای دانشجویان و کارشناسان رشته‌های مهندسی فرآوری، استخراج، متالورژی استخراجی، شیمی معدنی، مکانیک و زمین‌شناسی اقتصادی تهیه و تنظیم گردیده، نتیجه تلاش رفیع در جهت رفع کمبود منابع موجود در این زمینه است، گو اینکه اولین مجموعه موجود در این زمینه در سال ۱۳۷۶ خ. تحت عنوان خردایش و طبقه‌بندی توسط همین مؤلف ارائه شد.

در نگارش این کتاب سعی شده است تا مطالب به گونه‌ای تشریح شوند که درک و فهم آن برای خواننده آسان باشد. البته فرض بر این بوده که خواننده با مفاهیم اولیه مهندسی فرآوری مواد معدنی و همچنین نقش مطالعات پایه‌ای از جمله شناسایی و خواص سنگی، آشنایی کلی را دارند.

مطالب ارائه شده در جلد اول شامل، کلیات، تئوری و تشریح قوانین خردایش، شاخص‌های خردایش، شبیه‌سازی و مدل‌سازی، دانه‌بندی و درج‌آزادی، طراحی مدار سنگ‌شکنی، (شامل سنگ‌شکن‌ها و سرندها)، طراحی مدار آسیا (شامل آسیاها و کلاسیفایرها) و در جلد دوم شامل آسیاهای نوین (مانند خودشکن، نیمه خودشکن و غلتکی فشار قوی)، تأثیر مواد افزودنی در آسیاها، توزیع زمان ماند، بار در گردش، آزمون‌های خردایش گام به گام، تحلیل تصویری و کنترل، پدیده‌های گالوانی، مکانوشیمیایی و مکانوالکتروشیمیایی، عملیات پیش خردایش، کنترل و اندازه‌گیری می‌باشد.

با تشکر
بهرام رضایی

فهرست

تکنولوژی خردایش (جلد اول)

فصل ۱: کلیات	۱۷
۱-۱- آشنایی	۱۷
۲-۱- مدیریت و توزیع انرژی در تأسیسات خردایش و فراوری	۲۱
۱-۲-۱- بررسی بازیابی انرژی تلف شده در عملیات خردایش	۲۳
۳-۱- پارامترهای مؤثر در دست‌یابی به اهداف خردایش	۲۶
۱-۳-۱- تفسیر و تعبیر مطالعات زمین‌شناسی از مغزه‌های حفاری و تهیه نمونه‌های لازم برای آزمایش	۲۹
۲-۳-۱- کانی‌شناسی	۲۹
۳-۳-۱- تجزیه شیمیایی نمونه	۳۰
۴-۳-۱- پارامترهای مکانیکی و فیزیکی	۳۰
۵-۳-۱- نمونه‌برداری	۳۰
۶-۳-۱- ویژگی‌های بار ورودی به مدار	۳۰
۷-۳-۱- ویژگی‌های بار ورودی و محصول	۳۰
۸-۳-۱- اندیس کار و سایش باند و میزان مصرف انرژی	۳۱
۹-۳-۱- بررسی آزمون‌های نیمه‌صنعتی و خودشکنی	۳۱
۱۰-۳-۱- انتخاب مدار	۳۱
۱۱-۳-۱- کارآیی متالورژیکی	۳۱

۳۱.....	۱۲-۳-۱- هزینه‌ها
۳۲.....	۱۳-۳-۱- تأمین آب از نظر کیفی و کمی
۳۲.....	۱۴-۳-۱- ریزکردن بیش از حد مواد
۳۲.....	۱۵-۳-۱- جانمایی
۳۲.....	۴-۱- اصول خردایش
۳۳.....	۵-۱- مکانیزم خردایش
۳۹.....	۶-۱- تئوری خردایش
۴۰.....	۱-۶-۱- تئوری ریتینگر
۴۱.....	۲-۶-۱- تئوری میک
۴۲.....	۳-۶-۱- تئوری فاک
۴۷.....	۴-۶-۱- تشریح شاخص‌های خردایش
۵۰.....	۷-۱- شاخص کار با تغییر ابعاد سر د کنترل (در استاندارد باند)
۵۱.....	۸-۱- شاخص کار با استفاده از پارامترهای مکانیک سنگی
۵۳.....	منابع فصل اول
۵۵.....	فصل ۲: شاخص‌ها و قابلیت خردایش
۵۵.....	۱-۲- آشنایی
۵۶.....	۲-۲- معرفی و تشریح شاخص‌های خردایش
۵۶.....	۱-۲-۲- تعیین قابلیت خردایش به روش ضربه‌ای
۶۰.....	۲-۲-۲- محاسبه قابلیت نرم‌شوندگی به روش باند (گلوله‌ای)
۶۵.....	۳-۲-۲- محاسبه قابلیت نرم‌شوندگی به روش میله‌ای
۶۶.....	۴-۲-۲- محاسبه قابلیت نرم‌شوندگی با روش‌های تقریبی
۷۰.....	۵-۲-۲- تعیین قابلیت نرم‌شوندگی به روش سریع
۷۲.....	۶-۲-۲- آزمایش پاندولی
۷۴.....	۷-۲-۲- تعیین قابلیت نرم‌شوندگی به روش اندیس هاردگرو
۷۸.....	۸-۲-۲- محاسبه اندیس کار به روش مقایسه‌ای

۷۹	۲-۲-۹- استفاده از شاخص کار برای تعیین دستگاه‌های خرد کننده
۷۹	۲-۲-۱۰- شاخص کار عملیاتی
۸۷	۲-۲-۱۱- تعیین شاخص توزیع شکست و انتخاب
۸۸	۲-۲-۱۲- شاخص ساینده‌گی ماده معدنی
۸۹	۲-۲-۱۳- شاخص توان آسیای نیمه خودشکن (SPI)
۹۰	۲-۲-۱۴- شاخص مستعد بودن بار اولیه به عنوان واسطه
۹۱	۲-۲-۱۵- شاخص مقاومت فشاری نامحصور (UCS)
۹۱	۲-۱۶- شاخص میله فشاری هاپکینسون
۹۲	۲-۱۷- شاخص مک فرسون
۹۳	۲-۲-۱۸- شاخص سستی
۳۹	۲-۲-۱۹- شاخص α_p
۹۶	۲-۲-۲۰- شاخص سلب بار فاسریع (UFLC)
۹۷	۲-۲-۲۱- استفاده از شاخص‌های رانمایی
۹۹	منابع فصل دوم
۱۰۱	فصل ۳: خواص سنجی و دانه‌بندی
۱۰۱	۳-۱- آشنایی
۱۰۲	۳-۲- شکل ذرات و اهمیت آنها
۱۰۵	۳-۳- ابعاد ذرات و اهمیت آنها
۱۰۵	۳-۴- نمونه‌برداری
۱۰۶	۳-۵- روش‌های اندازه‌گیری ابعاد ذرات
۱۰۸	۳-۵-۱- روش تجزیه سرندي
۱۱۴	۳-۵-۲- روش‌های تعیین دانه‌بندی برای ابعاد کوچک‌تر از ۴۰ میکرون
۱۱۹	۳-۵-۳- تعیین دانه‌بندی به روش الوتریا سیون
۱۲۱	۳-۵-۴- تعیین دانه‌بندی به روش سیکلوسایزر
۱۲۵	۳-۵-۵- تعیین دانه‌بندی به روش لیزری

- ۱۲۷ ۳-۵-۶- تعیین دانه‌بندی به روش مقاومت الکتریکی
- ۱۲۹ ۳-۵-۷- تعیین دانه‌بندی با اندازه‌گیری سطح مخصوص
- ۱۳۵ ۳-۶-۶- تحلیل دانه‌بندی
- ۱۳۷ ۳-۶-۱- انواع توزیع ابعادی ذرات
- ۱۳۸ ۳-۶-۲- عوامل مؤثر در توزیع ابعادی ذرات
- ۱۴۲ ۳-۷-۷- توابع توزیع دانه‌بندی
- ۱۴۳ ۳-۷-۱- تابع روزین- راملر
- ۱۴۴ ۳-۷-۲- تابع گادین- شومن
- ۱۴۷ ۳-۷-۳- معادله دسبنت- کالکات
- ۱۴۷ ۳-۷-۴- معادله لورنتز- ویلو
- ۱۴۸ ۳-۷-۵- توزیع نگارشی- مال
- ۱۴۹ منابع فصل سوم
- ۱۵۱ فصل ۴: تعیین درجه آزادی
- ۱۵۱ ۴-۱-۱- آشنایی
- ۱۵۲ ۴-۲-۲- مقایسه بین آزادسازی و در معرض گذاشتن
- ۱۵۴ ۴-۳-۳- میزان درجه آزادی و ماهیت ذرات تولید شده از دستگاه آسیاب
- ۱۵۵ ۴-۴-۴- طبقه‌بندی پارامترهای مختلف در تعیین درجه آزاد
- ۱۵۶ ۴-۴-۱- شناسایی و تعیین هویت کانی‌ها
- ۱۵۷ ۴-۴-۲- ترکیب شیمیایی کانی‌ها
- ۱۵۷ ۴-۴-۳- فراوانی کانی‌ها
- ۱۵۸ ۴-۴-۴- توزیع ابعادی دانه‌های کانی
- ۱۵۸ ۴-۴-۵- خواص کانی‌ها
- ۱۵۸ ۴-۴-۶- بافت
- ۱۵۹ ۴-۴-۷- توزیع ابعادی ذرات
- ۱۵۹ ۴-۴-۸- شکل ذرات

۱۵۹	۹-۴-۴ ترکیب شیمیایی ذرات
۱۶۰	۱۰-۴-۴ بافت ذرات
۱۶۰	۵-۴ روش‌های تعیین درجه آزادی
۱۶۲	۱-۵-۴ تعیین درجه آزادی به روش پردازش تصویر
۱۶۷	۲-۵-۴ محدودیت‌های عملیاتی و خطاها در روش‌های پردازش تصویر
۱۶۸	۳-۵-۴ تعیین درجه آزادی به روش محلول‌های سنگین (ثقلی)
۱۷۴	۶-۴ تعیین درجه آزادی به روش مغناطیسی
۱۷۵	۱-۱-۴ نوله دیویس
۱۷۵	۲-۱-۴ جدا کننده ایزودینامیکی فرانتز
۱۷۶	۷-۴ نمونه دیگری از تعیین درجه آزادی
۱۷۹	۸-۴ نکات مهم و جمع‌بندی کلی
۱۸۰	فصل چهارم
۱۸۱	فصل ۵: شبیه‌سازی و مدل‌سازی بر فرازندهای خردایش
۱۸۱	۱-۵-۱ آشنایی
۱۸۲	۲-۵-۲ بهینه‌سازی و مشکلات مربوط به آن
۱۸۴	۳-۵-۳ کنترل مدار و مشکلات مربوط به آن
۱۸۵	۴-۵-۴ مدل‌های ریاضی در شبیه‌سازی مدار
۱۸۷	۱-۴-۵ مدل ماتریسی
۱۹۴	۲-۴-۵ مدل‌های ریاضی سینتیکی
۱۹۶	۳-۴-۵ سیستم‌های مخلوط شدن و جریان مواد در آسیاهای پیوسته
۱۹۷	۴-۴-۵ مقایسه بین مدل ماتریسی و سینتیکی
۱۹۷	۵-۴-۵ مدل مخلوط کامل
۲۰۳	۵-۵-۵ مدل‌های ریاضی در مقیاس صنعتی
۲۰۴	۱-۵-۵ مدل ریاضی سنگ‌شکن‌های مخروطی

- ۲۱۰..... ۵-۵-۲- مدل ریاضی آسیاهای میله‌ای
- ۲۱۴..... ۵-۵-۳- مدل ریاضی آسیاهای گلوله‌ای
- ۲۱۶..... ۵-۵-۴- مدل ریاضی هیدرسیکلون‌ها
- ۲۳۵..... ۵-۵-۵- مدل ریاضی سرندها
- ۲۳۹..... ۵-۶-۱- بهینه‌سازی مدار با شبیه‌سازی
- ۲۴۰..... ۵-۶-۱- روش محاسبه موازنه جرمی مواد
- ۲۴۵..... ۵-۶-۲- محاسبه بار در گردش
- ۲۴۷..... ۵-۶-۲- محاسبه پارامترهای مدل
- ۲۴۸..... ۵-۶-۴- شبیه‌سازی مدار
- ۲۵۰..... ۵-۷- رفتار دینامیکی مدارهای خردایش (آسیاها)
- ۲۵۱..... ۵-۸- شبیه‌سازی مدارهای با روش‌های نوین
- ۲۵۱..... ۵-۸-۱- تابع شکست
- ۲۵۶..... ۵-۸-۲- تابع انتخاب
- ۲۵۷..... ۵-۸-۳- شبیه‌سازی
- ۲۶۳..... منابع فصل پنجم
- ۲۶۵..... فصل ۶: عملیات سنگ‌شکنی و طراحی مدار
- ۲۶۵..... ۶-۱- آشنایی
- ۲۶۷..... ۶-۲- عوامل مؤثر بر انتخاب سنگ‌شکن
- ۲۶۷..... ۶-۳- سنگ‌شکن‌های اولیه
- ۲۶۸..... ۶-۳-۱- سنگ‌شکن‌های فکی
- ۲۷۴..... ۶-۳-۲- سنگ‌شکن‌های ژیراتوری
- ۲۷۸..... ۶-۴- مقایسه بین سنگ‌شکن‌های فکی و ژیراتوری
- ۲۷۸..... ۶-۵- سنگ‌شکن‌های دوم و سوم
- ۲۷۹..... ۶-۵-۱- سنگ‌شکن‌های مخروطی (سیموند)
- ۲۸۲..... ۶-۶- سنگ‌شکن‌های استوانه‌ای (غلطکی)

۲۸۶	۷-۶- سنگ شکن های ضربه ای و چکشی
۲۸۷	۱-۷-۶- سنگ شکن های ضربه ای
۲۸۸	۲-۷-۶- سنگ شکن های چکشی
۲۹۰	۸-۶- محاسبه بار در گردش در مدارهای سنگ شکنی
۲۹۵	۹-۶- طراحی مدار به روش شبیه سازی
۲۹۷	۱۰-۶- روش انتخاب سنگ شکن ها و طراحی عملیات سنگ شکنی
۳۱۲	منابع فصل ششم
۳۱۳	فصل ۱: عملیات طبقه بندی به روش مستقیم
۳۱۳	۱-۷- آشنایی
۳۱۵	۲-۷- انواع سرندها
۳۱۶	۱-۲-۷- سطوح سرندها
۳۲۰	۳-۷- کارایی عملیات سرندها
۳۲۷	۱-۳-۷- عوامل مؤثر در کارایی سرندها
۳۲۸	۴-۷- ظرفیت عملیات سرندها
۳۲۸	۵-۷- هزینه های عملیات سرندها
۳۲۹	۶-۷- نکات قابل توجه در عملیات سرندها
۳۳۰	۷-۷- محاسبات شبیه سازی در طراحی سطح سرندها
۳۳۶	۱-۷-۷- رابطه بین عرض سرندها و ضخامت تئوری بستر
۳۳۷	۲-۷-۷- رابطه بین طول سرندها، ابعاد ذرات و ضخامت تئوری مواد در انتهای سرندها
۳۳۷	۳-۷-۷- رابطه بین عرض سرندها نسبت به ظرفیت عبوری از سطح سرندها و زاویه سرندها
۳۳۸	۴-۷-۷- انتخاب کورس و سرعت چرخش و واحد ارتعاش خارج از مرکز
۳۳۹	۵-۷-۷- جمع بندی پارامترها در محاسبه سطح سرندها
۳۳۹	۶-۷-۷- استفاده از پارامترهای موجود در شبیه سازی و طراحی سطح سرندها
۳۴۸	منابع فصل هفتم

فصل ۸: عملیات آسیا کردن و طراحی مدار.....	۳۴۹
۸-۱- آشنایی	۳۴۹
۸-۲- گردش آسیا و سرعت بحرانی.....	۳۵۱
۸-۳- بار خرد کننده	۳۵۵
۸-۴- حفاظ‌های داخل آسیا	۳۵۸
۸-۵- تعیین درصد وزن و ترکیب بار خرد کننده	۳۶۲
۸-۶- محاسبه توان لازم در مورد آسیای میله‌ای و گلوله‌ای	۳۶۴
۸-۷- محاسبه وزن بار خرد کننده با استفاده از درصد انباشتگی	۳۶۶
۸-۸- محاسبه بار وزن بار خرد کننده و حفاظ بر اثر سایش	۳۶۷
۸-۹- محاسبه درصد خرد شدن در پالپ	۳۶۷
۸-۱۰- محاسبه بار در گردش	۳۶۸
۸-۱۰-۱- محاسبه بار در گردش با دانسیته پالپ	۳۶۹
۸-۱۰-۲- محاسبه بار در گردش بر اساس تجزیه ساینده	۳۷۱
۸-۱۱- انواع آسیاهای گردان	۳۷۳
۸-۱۱-۱- آسیاهای میله‌ای	۳۷۳
۸-۱۱-۲- آسیاهای گلوله‌ای	۳۷۷
۸-۱۱-۳- آسیاهای لوله‌ای	۳۷۷
۸-۱۱-۴- آسیاهای قلمه‌سنگی	۳۷۹
۸-۱۱-۵- آسیاهای خودشکن	۳۷۹
۸-۱۱-۶- آسیاهای نیمه خودشکن	۳۸۰
۸-۱۲- آسیاهای غیرگردان	۳۸۰
۸-۱۲-۱- آسیاهای غلطکی (رایموند)	۳۸۱
۸-۱۲-۲- آسیاهای ارتعاشی	۳۸۱
۸-۱۲-۳- آسیاهای انرژی سیال (جت)	۳۸۲

۳۸۳	۸-۱۲-۴- آسیاهای سایشی
۳۸۳	۸-۱۳- تغذیه کننده آسیا
۳۸۵	۸-۱۳-۱- تغذیه کننده ناودانی
۳۸۵	۸-۱۳-۲- تغذیه کننده استوانه‌ای
۳۸۵	۸-۱۳-۳- تغذیه کننده ترکیبی ملاقه‌ای استوانه‌ای
۳۸۶	۸-۱۴- مسائل مربوط به انتخاب و طراحی مدار
۳۹۰	۸-۱۴-۱- معادلات توان
۳۹۱	۸-۱۴-۲- ضرایب مورد استفاده برای آسیاهای گلوله‌ای
۴۰۸	۸-۱۵- افزایش مقاس براساس جدول سازندگان و مدل مَورل
۴۰۸	۸-۱۵-۱- انتخاب سیاه گلوله‌ای در مقیاس آزمایشگاهی و پایه به نیمه‌صنعتی
۴۱۳	۸-۱۵-۲- انتخاب سیاه گلوله‌ای در مقیاس نیمه‌صنعتی به صنعتی
۴۲۴	منابع فصل هشتم
۴۲۵	فصل ۹: طبقه‌بندی به‌روش‌های انتخاب و مقیاس
۴۲۵	۹-۱- آشنایی
۴۲۶	۹-۲- حرکت ذرات در سیال و سرعت حد
۴۳۰	۹-۳- مقاومت ویسکوز (گرانرو)
۴۳۰	۹-۴- مقاومت متلاطم
۴۳۱	۹-۵- اصول اولیه طبقه‌بندی
۴۳۱	۹-۶- سقوط آزاد
۴۳۳	۹-۷- سقوط با مانع
۴۳۴	۹-۸- انواع کلاسیفایرها
۴۳۴	۹-۸-۱- مکانیزم کلاسیفایرهای آبی با جریان قائم
۴۳۵	۹-۸-۲- مکانیزم کلاسیفایرهای آبی با جریان افقی
۴۳۷	۹-۸-۳- انتخاب کلاسیفایرهای ماریچی

۴۴۶	۹-۹-۹ مکانیزم کلاسیفایرها با جریان دورانی (هیدروسیکلون ها)
۴۴۸	۹-۹-۱۰ بازدهی هیدروسیکلون ها
۴۵۳	۹-۹-۲ عوامل مؤثر در کارایی هیدروسیکلون ها
۴۵۸	۹-۹-۳ کاربرد هیدروسیکلون ها
۴۶۰	۹-۹-۴ روش انتخاب هیدروسیکلون ها
۴۶۶	۹-۱۰-۱ افزایش مقیاس کلاسیفایرها
۴۶۶	۹-۱۰-۱-۱ افزایش مقیاس کلاسیفایرهای مارپیچی
۴۶۸	۹-۱۰-۲-۱ افزایش مقیاس هیدروسیکلون ها (تجربی)
۴۶۹	۹-۱۰-۱-۲-۱ مراجع و محاسبات افزایش مقیاس هیدروسیکلون ها به روش پلیت و مولار
۴۷۲	۹-۱۱-۱۱ کلاسیفایر های
۴۷۳	۹-۱۱-۱-۱ سیکلون هوا
۴۷۶	۹-۱۱-۲-۱ سایر کلاسیفایر های
۴۷۷	۹-۱۲-۱۲ سانتریفوژها
۴۸۰	منابع فصل نهم

۴۹۹	فصل ۱۰: آسیاهای نوین
۵۵۳	فصل ۱۱: تأثیر مواد افزودنی شیمیایی در بهبود فرآیند خردایش
۵۷۹	فصل ۱۲: توزیع زمان ماند در آسیاهای گردان
۵۹۷	فصل ۱۳: پردازش تصویر و کنترل در خردایش مواد معدنی
۶۴۷	فصل ۱۴: آزمون های خردایش در مقیاس های مختلف
۶۹۵	فصل ۱۵: بار در گردش در مدارهای خردایش
۷۳۱	فصل ۱۶: پیشرفت های اخیر در شیوه های نوین و پیش خردایش مواد معدنی
۸۰۹	فصل ۱۷: پدیده های گالوانی، مکانوشیمیایی و مکانوالکتروشیمیایی در خردایش مواد معدنی
۸۵۱	فصل ۱۸: اندازه گیری، کنترل و بهینه سازی در مدارهای خردایش