

۱۴۱۲.۱۵

(جلد دوم)

تکنولوژی خردایش

تألیف:

دکتر بهرام رضایی

(استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

رضائی، بہرام، ۱۳۳۸ -	سرشناسہ
تکنولوژی خردایش/تالیف بہرام رضائی	عنوان و نام پدیدآور
تهران: جہاددانشگاہی واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۳۹۵.	مشخصات نشر
ج۲: مصور، جدول، نمودار.	مشخصات ظاہری
۲۴۰۰۰۰ ریال: ج ۱، ۳- 230- 210- 964- 978 + ج ۲، 0- 231- 210- 964- 978: ISBN	شابک
فیبا	وضعیت فهرست نویسی
سنگ معدن -- آمادہ 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	موضوع
جہاددانشگاہی واحد صنعتی امیرکبیر	شناسہ
۱۳۹۵/۶/۲۸ TN5۰۰	ردہ بنی کتہ
۶۲۲/۷	رد بنی نوی
۴۲۳۱۷۵۲	شمار کتابشناسی مل



تألیف: دکتربہراہ خاں

ناشر	: جهاد دانشگاهی
نوبت چاپ	: اول
سال چاپ	: ۱۳۹۵
قطع	: وزیری
شمارگان	: ۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۲۴۰۰۰۰ ریال
طراح	: آرزو انصاری
چاپخانه	: اصل

شایک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۳۱-۰

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

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

بر این اساس جهادگران دانش‌بندهای واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه، نیز ورزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان برجسته کشور، همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی تکنیک 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 این نگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پویانده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان ساز 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

مقدمه مؤلف

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 آزاد شوند.

ذخایره رری 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 هزینه‌ها و مصرف انرژی در تأسیسات فرآوری مواد معدنی را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین در انتخاب و طراحی این تجهیزات باید، تدریجی اتخاذ شود تا ضمن دستیابی به محدوده ابعادی مورد نظر، از خردایش بیش از حد مواد و مصرف بی‌رویه انرژی که بیش از حد ضرورت در توجیه اقتصادی محصول و قیمت تمام شده را دارد، جداً جلوگیری شود. اگرچه جهت دستیابی به این اهداف مهم، طراحی، بهینه‌سازی و کنترل سیستم‌هایی تأثیر نیست. در این مجموعه ضمن تشریح تئوری کلیه موارد مرتبط 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، شست و شوی، الوری استخراجی، شیمی معدنی، مکانیک و زمین‌شناسی اقتصادی تهیه و تنظیم گردیده، نتیجه تلاش مؤلف در جهت رفع کمبود منابع موجود در این زمینه است، گو اینکه اولین مجموعه موجود در این زمینه در سال ۱۳۶۶ 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 مفهوم 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 درجه‌آزادی، 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 غلنگی 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
- فصل ۲: شاخص‌ها و ابلت خردایش ۵۵
- فصل ۳: خواص سنجی و نمونه‌بندی ۱۰۱
- فصل ۴: تعیین درجه آزادی ۱۵۱
- فصل ۵: شبیه‌سازی و مدل‌سازی در فکیده‌های خردایش ۱۸۱
- فصل ۶: عملیات سنگ‌شکنی و طراحی مدار ۲۶۵
- فصل ۷: عملیات طبقه‌بندی به روش مستقیم ۳۱۳
- فصل ۸: عملیات آسیا کردن و طراحی مدار ۳۴۹
- فصل ۹: طبقه‌بندی به روش‌های غیرمستقیم ۴۲۵

تکنولوژی خردایش (جلد دوم)

- فصل ۱۰: آسیاهای نوین ۴۹۹
- ۱-۱۰- آشنایی ۴۹۹
- ۲-۱۰- آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن ۴۹۹
- ۱-۲-۱۰- کلیات ۴۹۹

- ۵۰۴ ۲-۲-۱۰ نحوه خردایش مواد در آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۰۵ ۳-۲-۱۰ مکانیزم‌های شکست در آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۱۰ ۴-۲-۱۰ چگونگی جریان پالپ در داخل آسیا و خروج آن
- ۵۱۳ ۵-۲-۱۰ شاخص‌های خردایش
- ۵۱۳ ۶-۲-۱۰ تجهیزات لازم در مدارهای خودشکنی و نیمه خودشکنی
- ۵۱۴ ۷-۲-۱۰ ساختمان و انواع آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۱۴ ۸-۲-۱۰ طراحی آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۱۹ ۹-۲-۱۰ اهمیت آتشباری و سنگ‌شکن‌های اولیه در بهینه‌سازی بار اولیه به آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۱۹ ۱۰-۲-۱۰ پاره‌ها و پرامترهای انتخاب آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۲۱ ۱۱-۲-۱۰ انواع آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۲۴ ۱۲-۲-۱۰ مدل‌سازی و شبیه‌سازی
- ۵۲۶ ۱۳-۲-۱۰ مراحل و محاسبات افزایش مقدار آسیای خودشکن و نیمه خودشکن
- ۵۳۵ ۳-۱۰ آسیاهای غلطکی فشار قوی
- ۵۳۵ ۱-۳-۱۰ آشنایی
- ۵۳۷ ۲-۳-۱۰ طراحی غلطک‌ها
- ۵۳۹ ۳-۳-۱۰ فرایند خردایش
- ۵۴۱ ۴-۳-۱۰ توزیع دانه‌بندی محصول
- ۵۴۳ ۵-۳-۱۰ طراحی مدار
- ۵۴۳ ۶-۳-۱۰ مراحل و محاسبات در افزایش مقیاس آسیای غلطکی فشار قوی
- ۵۵۲ منابع فصل دهم

فصل ۱۱: تأثیر مواد افزودنی شیمیایی در بهبود فرایند خردایش ۵۵۳

- ۵۵۳ ۱-۱۱ آشنایی
- ۵۵۵ ۲-۱۱ مواد افزودنی در آسیا
- ۵۵۷ ۳-۱۱ تأثیر شیمیایی مواد افزودنی بر محیط آسیا

- ۱۱-۳-۱- فرآیند خشک ۵۵۷
- ۱۱-۳-۲- فرآیند تر ۵۵۸
- ۱۱-۳-۳- فرآیند آسیا در محیط با سیالات آلی ۵۵۸
- ۱۱-۳-۴- تأثیر افزودن مواد سطح ساز به محیط آسیا ۵۵۹
- ۱۱-۳-۵- تأثیر الکترولیت‌های غیرآلی، صابون و الکلی ۵۶۰
- ۱۱-۴-۱- تأثیر فیزیکی مواد افزودنی بر محیط آسیا ۵۶۱
- ۱۱-۴-۱-۱- گرانروی پالپ ۵۶۱
- ۱۱-۴-۱-۲- تأثیر مواد افزودنی بر گرانروی پالپ و کارایی آسیا ۵۶۱
- ۱۱-۴-۱-۳- مواد شیمیایی مناسب برای کنترل گرانروی ۵۶۲
- ۱۱-۵-۱- تأثیر هیدروکسیل‌های مکانیکی مواد ۵۶۳
- ۱۱-۵-۱-۱- نقش هیدروکسیل‌ها در ویژگی شکست ذرات در فرآیند آسیا ۵۶۳
- ۱۱-۵-۱-۲- تأثیر افزودنی‌ها بر استحکام گسترش ترک ۵۶۴
- ۱۱-۵-۱-۳- تأثیر مواد افزودنی بر پایداری رگ‌های سطحی ۵۶۴
- ۱۱-۵-۱-۴- تأثیر مواد افزودنی بر اتم‌ها ۵۶۴
- ۱۱-۶-۱- اهمیت کلی مواد افزودنی در تحقیقات انجام شده ۵۶۵
- ۱۱-۶-۱-۱- کاهش انرژی فرآیند خردایش ۵۶۵
- ۱۱-۶-۱-۲- افزایش دانه‌ریزی و سطح مخصوص محصول آسیا ۵۶۵
- ۱۱-۶-۱-۳- کاهش گرانروی پالپ و افزایش ظرفیت محصول آسیا ۵۶۶
- ۱۱-۶-۱-۴- ایجاد قابلیت خردایش انتخابی ۵۶۷
- ۱۱-۶-۱-۵- تأثیر غیرمستقیم مواد افزودنی بر فرآیندهای پرعیارسازی ۵۶۷
- ۱۱-۷-۱- تجزیه و تحلیل تأثیر متفرق‌کننده‌ها در خردایش موادمعدنی ۵۶۹
- ۱۱-۷-۱-۱- تأثیر دما بر کارایی آسیا ۵۶۹
- ۱۱-۸-۱- استفاده از عوامل دما و درصد جامد برای کنترل تفرق پالپ ۵۷۰
- ۱۱-۹-۱- تأثیر مواد افزودنی متفرق‌کننده و گرانروی پالپ برگشتاور آسیای گلوله‌ای ... ۵۷۳
- ۱۱-۱۰-۱- تأثیر مواد افزودنی بر قابلیت خردایش انتخابی موادی خاص ۵۷۵

- ۱۱-۱۱- کاربرد تابع روزین-رامبر در تحلیل افزودنی‌های شیمیایی..... ۵۷۵
- ۱۱-۱۲- تأثیر اندرکنش مواد ترکیبی افزودنی در کاهش مصرف مواد و هزینه‌ها ۵۷۶
- منابع فصل یازدهم ۵۷۸
- فصل ۱۲: توزیع زمان ماند در آسیاهای گردان ۵۷۹
- ۱۲-۱- آشنایی ۵۷۹
- ۱۲-۱-۱- تابع توزیع زمان ماند در آسیا با حضور بار خرد کننده ۵۸۰
- ۱۲-۳- تنوع زمان ماند ۵۸۱
- ۱۲-۴- گوی حرکت ذرات ۵۸۴
- ۱۲-۵- الگوهای مختلف مخلوط شدن و محاسبه زمان ماند در ظروف مختلف ۵۸۶
- ۱۲-۶- ارتباط بین زمان ماند اسمای غیرپیوسته و پیوسته ۵۸۷
- ۱۲-۷- بررسی احتمال خروج زرد در برابر خروجی و تحلیل پدیده اتصال کوتاه ... ۵۸۸
- ۱۲-۸- اندازه‌گیری تابع RTD ۵۹۰
- ۱۲-۹- تأثیر متغیرهای عملیاتی بر تابع RTD ۵۹۲
- منابع فصل دوازدهم ۵۹۶
- فصل ۱۳: پردازش تصویر و کنترل در خردایش مواد معدنی..... ۵۹۷
- ۱۳-۱- آشنایی ۵۹۷
- ۱۳-۲- کاربرد پردازش تصویر در ماهیت مواد آتشفشانی شده و دانه‌بندی آن ۵۹۷
- ۱۳-۱-۲- پردازش تصویر مواد حاصل از انفجار ۵۹۸
- ۱۳-۲-۲- تکنولوژی بینایی مواد، برای کنترل واحدهای خردایش ۶۰۰
- ۱۳-۲-۳- تکنولوژی بینایی مواد معدنی ۶۰۱
- ۱۳-۳- کاربرد پردازش تصویر در آسیاها ۶۰۴
- ۱۳-۳-۱- بررسی‌های آزمایشگاهی ۶۰۴
- ۱۳-۳-۲- پردازش تصویر نیمرخ‌ها ۶۰۶

۶۰۷	۱۳-۳-۳- اندازه‌گیری نیمرخ سرعت گلوله
۶۰۷	۱۳-۳-۴- اعتبارسنجی کد
۶۰۸	۱۳-۳-۵- نیمرخ‌های بار
۶۱۱	۱۳-۴- بررسی درجه آزادی کانی‌ها با پردازش تصویر
۶۱۴	۱۳-۵- تخمین ترکیب کانه خروجی از معدن بر روی نوار نقاله بر اساس پردازش تصویر
۶۱۶	۱۳-۵-۱- پردازش تصویر
۶۱۶	۱۳-۵-۲- پیش پردازش تصویر
۶۱۷	۱۳-۵-۳- استخراج ویژگی‌ها
۶۱۷	۱۳-۵-۴- ویژگی‌ها، رنگ
۶۱۸	۱۳-۵-۵- ویژگی‌های بافت
۶۱۸	۱۳-۵-۶- کاهش ریزشی و تحلیل
۶۲۴	۱۳-۶- تخمین توزیع ابعادی ذرات بر روی نوار نقاله با پردازش تصویر
۶۲۶	۱۳-۶-۱- سیستم تصویربرداری
۶۲۷	۱۳-۶-۲- پردازش تصویر
۶۲۸	۱۳-۶-۳- تشخیص ذرات هم‌پوشانی نداشته
۶۳۲	۱۳-۷- استفاده از مدل شبکه عصبی به همراه فرآیند پیش‌پردازش تصویر برای محاسبه توزیع ابعادی ذرات
۶۳۳	۱۳-۷-۱- تعیین توزیع ابعادی ذرات توسط نرم‌افزار ویپفرگ
۶۳۴	۱۳-۷-۲- تهیه تصاویر و آنالیز آنها
۶۳۶	۱۳-۷-۳- مدل‌سازی براساس شبکه عصبی با استفاده از الگوریتم لونیگ مارکوارت
۶۳۷	۱۳-۷-۴- تخمین توزیع ابعادی ذرات با استفاده از مدل
۶۳۸	۱۳-۸- کنترل و نظارت بر عملکرد هیدروسیکلون با پردازش تصویری
۶۳۹	۱۳-۸-۱- نحوه ارزیابی وسعت چتر تخلیه
۶۴۰	۱۳-۸-۲- پردازش تصویر و استخراج عرض جریان ته‌ریز
۶۴۴	۱۳-۸-۳- نتایج حاصل از اندازه‌گیری عرض جریان ته‌ریز با پردازش تصویر
۶۴۵	منابع فصل سیزدهم



۶۴۷	فصل ۱۴: آزمون‌های خردایش در مقیاس‌های مختلف.....
۶۴۷	۱-۱۴- آشنایی.....
۶۴۷	۲-۱۴- تعیین خطا در روش‌های آماده‌سازی و نمونه‌گیری.....
۶۴۸	۱-۲-۱۴- هدف.....
۶۴۸	۲-۲-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم.....
۶۴۸	۳-۲-۱۴- روش انجام آزمایش.....
۶۴۹	۴-۲-۱۴- مشاهدات و تهیه داده‌ها.....
۶۵۱	۳-۱۴- تعیین ارزش مصرفی در سنگ‌شکن‌ها.....
۶۵۱	۱-۳-۱۴- هدف.....
۶۵۱	۲-۳-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم.....
۶۵۱	۳-۳-۱۴- روش انجام آزمایش.....
۶۵۴	۴-۱۴- بررسی پارامترهای مؤثر بر آندای "لوله‌ای".....
۶۵۴	۱-۴-۱۴- هدف.....
۶۵۴	۲-۴-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم.....
۶۵۴	۳-۴-۱۴- روش انجام آزمایش.....
۶۵۶	۵-۱۴- تعیین اندیس باند به روش استاندارد گلوله‌ای (لوله‌ای).....
۶۵۶	۱-۵-۱۴- هدف.....
۶۵۶	۲-۵-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم.....
۶۵۶	۳-۵-۱۴- روش انجام آزمایش.....
۶۵۸	۴-۵-۱۴- مثال نمونه: در یک آزمایش با ۵ سیکل نتایج زیر حاصل شده است.....
۶۶۰	۶-۱۴- تعیین اندیس باند عملیاتی.....
۶۶۰	۱-۶-۱۴- هدف.....
۶۶۰	۲-۶-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم.....
۶۶۰	۳-۶-۱۴- روش انجام آزمایش.....
۶۶۱	۴-۶-۱۴- مثال نمونه.....

۶۶۲	۷-۱۴- تعیین ساینده‌گی ماده معدنی
۶۶۲	۱-۷-۱۴- هدف
۶۶۲	۲-۷-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم
۶۶۳	۳-۷-۱۴- روش انجام آزمایش
۶۶۳	۴-۷-۱۴- مثال نمونه
۶۶۳	۸-۱۴- تعیین اندیس هاردگرو
۶۶۳	۱-۸-۱۴- هدف
۶۶۴	۲-۸-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات
۶۶۴	۳-۸-۱۴- روش آزمایش
۶۶۴	۴-۸-۱۴- مثال نمونه
۶۶۵	۹-۱۴- تعیین اندیس تار در آسیای نیمه خود شکن (SPI)
۶۶۵	۱-۹-۱۴- هدف
۶۶۵	۲-۹-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات
۶۶۵	۳-۹-۱۴- روش آزمایش
۶۶۶	۴-۹-۱۴- مثال نمونه
۶۶۶	۱۰-۱۴- تعیین اندیس t_1 (سقوط وزنه)
۶۶۶	۱-۱۰-۱۴- هدف
۶۶۶	۲-۱۰-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم
۶۶۷	۳-۱۰-۱۴- روش انجام آزمایش
۶۶۹	۴-۱۰-۱۴- مثال نمونه
۶۷۰	۱۱-۱۴- تعیین اندیس کار مک فرسون
۶۷۰	۱-۱۱-۱۴- هدف
۶۷۰	۲-۱۱-۱۴- آماده‌سازی و تجهیزات لازم
۶۷۰	۳-۱۱-۱۴- روش انجام آزمایش
۶۷۱	۱۲-۱۴- تعیین اندیس کار میله هاپکینسون

- ۶۷۱..... ۱۴-۱۲-۱ هدف
- ۶۷۲..... ۱۴-۱۲-۲ آماده‌سازی و تجهیزات لازم
- ۶۷۲..... ۱۴-۱۲-۳ روش انجام آزمایش
- ۶۷۳..... ۱۴-۱۳-۱ نحوه آزمایش آسیای غلطکی فشار قوی (HPGR)
- ۶۷۳..... ۱۴-۱۳-۱ هدف
- ۶۷۳..... ۱۴-۱۳-۲ آماده‌سازی و تجهیزات لازم
- ۶۷۳..... ۱۴-۱۳-۱ روش انجام آزمایش
- ۶۷۴..... ۱۴-۱۳-۴ مثال نمونه
- ۶۷۴..... ۱۴-۱۴-۱ تعیین مقاومت تک محوری (UCS)
- ۶۷۴..... ۱۴-۱۴-۱ هدف
- ۶۷۴..... ۱۴-۱۴-۲ آماده‌سازی نمونه و تجهیزات لازم
- ۶۷۵..... ۱۴-۱۴-۳ روش انجام آزمایش
- ۶۷۵..... ۱۴-۱۴-۴ مثال نمونه
- ۶۷۶..... ۱۴-۱۵-۱ تعیین اندیس کار ضربه‌ای
- ۶۷۶..... ۱۴-۱۵-۱ هدف
- ۶۷۶..... ۱۴-۱۵-۲ آماده‌سازی و تجهیزات لازم
- ۶۷۶..... ۱۴-۱۵-۳ روش آزمایش
- ۶۷۷..... ۱۴-۱۵-۴ مثال نمونه
- ۶۷۸..... ۱۴-۱۶-۱ تعیین تابع شکست
- ۶۷۸..... ۱۴-۱۶-۱ هدف
- ۶۷۸..... ۱۴-۱۶-۲ آماده‌سازی و تجهیزات لازم
- ۶۷۸..... ۱۴-۱۶-۳ روش انجام آزمایش
- ۶۸۱..... ۱۴-۱۶-۴ مثال نمونه
- ۶۸۵..... ۱۴-۱۷-۱ تعیین توزیع زمان ماند یک راکتور پیوسته (آسیا)
- ۶۸۵..... ۱۴-۱۷-۱ هدف
- ۶۸۶..... ۱۴-۱۷-۲ آماده‌سازی و تجهیزات

۶۸۶	۱۴-۱۷-۳- روش انجام آزمایش
۶۸۷	۱۴-۱۷-۴- مثال نمونه
۶۸۸	۱۴-۱۸- آزمایش سقوط آزاد
۶۸۸	۱۴-۱۸-۱- هدف
۶۸۹	۱۴-۱۸-۲- روش آزمایش
۶۸۹	۱۴-۱۸-۳- مثال نمونه
۶۹۰	۱۴-۱۹- آزمایش سقوط با مانع
۶۹۰	۱۴-۱۱- هدف
۶۹۰	۱۴-۱۱-۲- روش، آزمایش
۶۹۱	۱۴-۱۹-۳- شاهدها و تهیه داده‌ها
۶۹۴	منابع فصل چهاردهم
۶۹۵	فصل ۱۵: بار در گردش در مدارهای خردایش
۶۹۵	۱۵-۱- آشنایی
۶۹۷	۱۵-۱-۱- انواع مدار بسته
۶۹۸	۱۵-۱-۲- کنترل و تنظیم بار در گردش
۶۹۹	۱۵-۲- محاسبه بار در گردش در مدار سنگ شکنی
۶۹۹	۱۵-۲-۱- محاسبه بار در گردش در مدارهای سنگ شکنی
۷۰۷	۱۵-۳- محاسبات بار در گردش در مدار آسیاها
۷۱۴	۱۵-۴- تأثیر بار در گردش در مدارهای بسته آسیاهای گلوله‌ای با هیدروسیفون‌ها
۷۱۴	۱۵-۴-۱- تأثیر بار در گردش
۷۱۵	۱۵-۴-۲- تأثیر کارایی دستگاه طبقه‌بندی
۷۱۷	۱۵-۴-۳- مدل سازی ریاضی بار در گردش
۷۲۰	۱۵-۴-۴- کارایی طبقه‌بندی و بار در گردش
۷۲۲	۱۵-۴-۵- مفاهیم کاربردی
۷۲۴	۱۵-۵- اندازه‌گیری و کنترل بار در گردش در مدارهای فرآوری



- ۱۵-۱- سیستم توزین نوار نقاله ۷۲۴
- ۱۵-۲- اندازه‌گیری دبی حجمی پالپ ۷۲۵
- ۱۵-۳- اندازه‌گیری دانسیته پالپ ۷۲۶
- ۱۵-۴- کنترل فشار بار ورودی به هیدروسیکلون ۷۲۶
- ۱۵-۵- اندازه‌گیری دانه‌بندی ۷۲۷
- منابع فصل پانزدهم ۷۲۹

فصل ۱۶ پیشرفت‌های اخیر در شیوه‌های نوین و پیش‌خردایش مواد معدنی... ۷۳۱

- ۱۶-۱- آشنایی ۷۳۱
- ۱۶-۲- نقش مایکروویو در خردایش ۷۳۱
- ۱۶-۱-۲- تأثیر تابش مایکروویو بر روی مقاومت سنگ ۷۳۱
- ۱۶-۲-۲- تأثیر مایکروویو بر اثری مورد نیاز خردایش ۷۳۸
- ۱۶-۲-۳- اثر گرمادهی مایکروویو بر روی توزیع ابعادی ذرات ۷۴۷
- ۱۶-۲-۴- تأثیر مایکروویو بر روی دانه‌آزادسازی ۷۵۰
- ۱۶-۲-۵- تأثیر تابش مایکروویو بر روی ساینده خردایش ۷۵۶
- ۱۶-۳- نقش پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا در خردایش ۷۵۹
- ۱۶-۳-۱- دستگاه مولد پالس الکتریکی ولتاژ بالا ۷۵۹
- ۱۶-۳-۲- مکانیزم آزادسازی کانی‌ها با استفاده از پالس‌های الکتریکی ۷۶۴
- ۱۶-۳-۳- مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد پالس الکتریکی در فرآیند خردایش مواد معدنی ۷۶۷
- ۱۶-۳-۴- عوامل مؤثر بر عملکرد خردایش الکتریکی ۷۷۰
- ۱۶-۳-۵- عوامل عملیاتی ۷۷۷
- ۱۶-۳-۶- پیش‌عمل‌آوری کانسنگ‌های فسفات با پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا ۷۸۱
- ۱۶-۴- نقش فراصوت در خردایش ۷۹۳
- ۱۶-۴-۱- کاربرد امواج فراصوت در خردایش مواد معدنی ۷۹۳
- ۱۶-۴-۲- استفاده از امواج فراصوت در آسیاهای تر ۷۹۵
- ۱۶-۴-۳- تأثیر امواج فراصوت در عملکرد آسیاهای غلطکی ۷۹۷

۸۰۱	۱۶-۴-۴ بهبود عملیات آسیا در تولید پودر آلومینا با فراصوت
۸۰۲	۱۶-۴-۵ کاربرد امواج فراصوت در خواص سنجی مواد معدنی در فرایندهای فراوری
۸۰۷	منابع فصل شانزدهم

فصل ۱۷: پدیده‌های گالوانی، مکانوشیمیایی و مکانوالکتروشیمیایی در خردایش مواد معدنی

۸۰۹	۱۷-۱-۱ آشنایی
۸۱۰	۱۷-۲-۱ پدیده‌های گالوانی
۸۱۱	۱۷-۱-۱ تجهیزات و روش‌های مطالعه اندرکنش گالوانیکی
۸۱۱	۱۷-۲-۲ وایر مر
۸۲۶	۱۷-۲-۲ اندرکنش گالوانیکی در محیط آسیا و نقش آن در فلوتاسیون
۸۳۱	۱۷-۲-۴ تأثیر دغ با خردکننده در بازیابی گالن
۸۳۳	۱۷-۳-۱ فعال ساز مکانیکی
۸۳۶	۱۷-۳-۱ تجهیزات مورد استفاده در فعال سازی مکانیکی
۸۳۷	۱۷-۳-۲ تأثیر فعال سازی مکانیکی با آسیا کردن کانی‌ها
۸۴۸	۱۷-۴-۱ مکانوالکتروشیمی پدیده پیش تخلیظ
۸۵۰	منابع فصل هفدهم

فصل ۱۸: اندازه‌گیری، کنترل و بهینه‌سازی در مدارهای خردایش

۸۵۱	۱۸-۱-۱ آشنایی
۸۵۴	۱۸-۲-۱ انواع کنترل‌کننده‌ها
۸۵۹	۱۸-۳-۱ سیگنال‌ها و پاسخ‌ها
۸۶۲	۱۸-۴-۱ سیگنال‌های ورودی و خروجی کنترل‌کننده‌ها
۸۶۲	۱۸-۵-۱ ترکیب فرایندها و نمودار جعبه‌ای (بلوکی)
۸۶۴	۱۸-۶-۱ کنترل‌کننده‌های پیشرفته
۸۶۵	۱۸-۶-۱ مربع خطا کنترل‌کننده‌ها

- ۱۸-۶-۲- کنترل کننده های نسبت ۸۶۵
- ۱۸-۶-۳- کنترل کننده زنجیری ۸۶۵
- ۱۸-۶-۴- کنترل کننده های انطباقی ۸۶۶
- ۱۸-۷-۷- زمان مرده ۸۶۷
- ۱۸-۸-۸- ابزار و سخت افزار ۸۶۸
- ۱۸-۸-۱- ابزار ۸۶۸
- ۱۸-۸-۲- سخت افزار ۸۷۰
- ۱۸-۸-۳- دیگر سخت افزارها ۸۷۱
- ۱۸-۹-۹- کنترل اندامی مدارهای فرآوری مواد معدنی ۸۷۲
- ۱۸-۹-۱- کنترل ۸۷۲
- ۱۸-۹-۲- کنترل کارخانه سنگ شکنی ۸۷۴
- ۱۸-۹-۳- کنترل آسیاد مد بسته ۸۷۵
- ۱۸-۹-۴- کنترل عملکرد هیدروسیک ۸۸۰
- ۱۸-۱۰-۱۰- توسعه و پیشرفت در سیستم های کنترل فرایند ۸۸۳
- ۱۸-۱۰-۱- کنترل خود تنظیم ۸۸۴
- ۱۸-۱۰-۲- کنترل افقی (توسعه یافته) ۸۸۵
- ۱۸-۱۱-۱۱- سیستم های خبره ۸۸۸
- ۱۸-۱۱-۱- سیستم فازی کنترل ۸۸۸
- ۱۸-۱۱-۲- روش های شبکه عصبی و مصنوعی ۸۹۰
- ۱۸-۱۲-۱۲- مکانیزم رقومی سیستم کنترل فرایند ۸۹۳
- ۱۸-۱۲-۱- ورودی ها و خروجی ها ۸۹۴
- ۱۸-۱۲-۲- شبکه و ارتباطات فرایند ۸۹۴
- ۸۹۶- منابع فصل هجدهم
- ۸۹۷- واژه نامه فارسی- انگلیسی
- ۹۰۵- واژه نامه انگلیسی- فارسی