

۱۳۱۵۷۴۹
۵۴۱۹,۳

جمهوری اسلامی ایران
وزارت صنعت، معدن و تجارت

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقیلی در مقیاس آزمایشگاهی

شماره ردیف نشریه در انتشارات
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

۶۶۲



انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن
<http://www.ime.org.ir>

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی
برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن
<http://www.mimt.gov.ir>
<http://www.minecriteria.ir>



انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن
(شماره ثبت ۹۹۶۶)

عنوان و نام پدیدآور :	راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی / گردآورنده برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن، وزارت صنعت، معدن و تجارت.
مشخصات نشر :	تهران : انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن ایران، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری :	۵۲ص: ۲۲ × ۲۹ س.م.
فروست :	انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن؛ ۵۹.
شابک :	انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور؛ شماره ردیف نشریه ۶۶۲ ۹۷۸ ۶۰۰۰۶۴۲۲۰ ۳۵-۰
وضعیت فهرست‌نویسی :	۹۷۸-۶۰۰-۶۴۲۲-۳۵-۰
موضوع :	فیفا
موضوع :	پرعیارسازی ثقلی
موضوع :	سنگ معدن — آماده‌سازی
موضوع :	معدن و ذخایر معدنی — ایران — دستنامه‌ها
شناسه افزوده :	ایران. وزارت صنعت، معدن و تجارت. دفتر نظارت و بهره‌برداری. برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن
شناسه افزوده :	سازمان نظام مهندسی معدن ایران
رده‌بندی کنگره :	۱۳۹۳ ۵۲۰/۲ TN
رده‌بندی دیویی :	۶۲۲/۷۵۱
شماره کتابشناسی ملی :	۳۵۳۰۵۱۵

راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی

گردآورنده : برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن — وزارت صنعت، معدن و تجارت

ناشر : انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه

قیمت : ۵۵/۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار : تابستان ۱۳۹۳

چاپ و صحافی : طراحان نصر

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



وزارت صنعت، معدن و تجارت

تاریخ: ۱۳۹۳/۰۳/۲۴

شماره: ۶۰/۷۱۳۳۹

پوسته:

ابلاغیه

به استناد ماده ۱۰۷ آیین نامه اجرایی قانون معادن مصوب سال ۱۳۹۲ و بر پایه مفاد ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن مصوب سال ۱۳۸۱، تدوین و ترویج اصول و قواعدی که رعایت آن‌ها در طراحی، محاسبه و اجرای عملیات اکتشاف، تجهیز و بهره‌برداری معادن و کارخانه‌ها، بهره‌دهی مناسب فنی و صرفه اقتصادی ضروری است و همچنین بازنگری و تجدید نظر آن‌ها، بر عهده وزارت صنعت، معدن و تجارت است. صاحبان حرفه‌های مهندسی معدن، مکتشفان و بهره‌برداران معادن و کارخانه‌ها اعم از دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمان کاران و عوامل دیگر مکلف به رعایت مقررات فنی ابلاغ شده هستند و عدم رعایت آن‌ها تخلف از قانون محسوب می‌شود.

نشریه راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی که به استناد مواد قانونی فوق‌الذکر تدوین شده است، توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور نیز با شماره ۶۶۲ در نوبت انتشار قرار دارد. مقررات موضوع این نشریه به مدت یک سال از زمان انتشار به عنوان آزمایشی تلقی می‌شود. در این فاصله در صورتی که مهندسان و عوامل اجرایی، روش‌ها و دستورالعمل‌های بهتری در اختیار داشته باشند یا نظر اصلاحی درباره هر یک از مفاد آن داشته باشند، لازم است به وزارت صنعت، معدن و تجارت و یا سازمان نظام مهندسی معدن اطلاع دهند تا در صورت لزوم اصلاحیه یا متمم آن تدوین و ابلاغ شود.

با عنایت به مراتب یاد شده این مقررات یا اصلاح و تکمیل شده آن، از تاریخ ۱۳۹۴/۴/۱ لازم‌الاجرا خواهد بود.

جعفر سرکینی

معاون امور معادن و صنایع معدنی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیشنهاد، مطالعه، طراحی، اجرای طرح‌های اکتشافی، بهره‌برداری و فرآوری مواد معدنی به لحاظ توجه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی، اجرا و هزینه‌های مربوطه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در کلیه مراحل انجام عملیات معدنی مورد تاکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده، دفتر نظارت و بهره‌برداری وزارت صنعت، معدن و تجارت با همکاری اساتید، صاحب‌نظران، متخصصان، دست‌اندرکاران بخش معدن کشور و با همکاری دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و به استناد ماده ۱۰۷ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران و ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن با در نظر داشتن موارد زیر اقدام به تهیه ضوابط، معیارها و دستورالعمل‌های مورد نیاز بخش معدن نموده است:

- استفاده از منابع معتبر و استانداردهای بین‌المللی
 - بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، شرکت‌ها و واحدهای معدنی
 - استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران بخش‌های خصوصی و دولتی
 - پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
 - توجه به اصول و موازین مورد عمل موسسات تهیه‌کننده استاندارد
- امید است نشریه "راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی" گام موثری در زمینه یکسان‌سازی فعالیت‌های معدنی در کشور باشد. همچنین مجریان و دست‌اندرکاران بخش معدن با به کارگیری این نشریه، در راستای هماهنگ‌سازی و تکامل استانداردها مشارکت نمایند.

شورای عالی برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

مجری طرح

جعفر سرقینی معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقامضانعلی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع - معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
محمد پریزادی	کارشناس ارشد مهندسی معدن - معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
جعفر سرقینی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
هرمز ناصرینیا	کارشناس ارشد مهندسی معدن - سازمان نظام مهندسی معدن

اعضای کارگروه فرآوری به ترتیب حروف الفبا

احمد امینی	کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
محمدرضا خالصی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه تربیت مدرس
بهرام رضایی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
فرشته رشچی	دکترای مهندسی متالورژی - دانشگاه تهران

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

مهدی ایران‌نژاد	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهرام رضایی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهزاد مهرابی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی - دانشگاه تربیت معلم

پیش‌نویس این گزارش پس از بررسی و تایید توسط کارگروه فرآوری، به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.

مقدمه

پرعیارسازی ثقلی روشی مناسب برای آرایش گستره وسیعی از مواد معدنی با چگالی زیاد (مثل کانسنگ‌های آهن، فلزات پایه و فلزات گرانبها) تا موادی با چگالی کم (مثل زغال سنگ) به کار می‌رود. این روش ممکن است به عنوان روش نهایی و یا به عنوان پیش‌فرآوری به کار رود. در این روش به علت عدم استفاده از مواد شیمیایی، هزینه عملیاتی کاهش می‌یابد و از زیست‌محیطی نیز مناسب است. در بسیاری از حالات، بخش عمده‌ای از کانی‌های مورد نظر را می‌توان به صورت محصول پرعیار اولیه به روش ثقلی بازیابی کرد. در این روش با دستیابی به تکنولوژی‌های جدید ثقلی، امکان آرایش کانسنگ‌هایی در ابعاد ۱۰ تا ۵۰ میکرون نیز وجود دارد، بنابراین به راحتی امکان رقابت با سایر روش‌ها مانند فلوتاسیون را دارد.

اگر چه با ظهور روش‌های همچون فلوتاسیون اهمیت خود را از دست داده بود ولی در سالیان اخیر به علت افزایش قیمت مواد شیمیایی و انرژی، سادگی روش‌های ثقلی، مقرارت سخت‌گیرانه محیط زیست و همچنین توسعه تکنولوژی‌های نوین ثقلی استفاده از آن رونق مجددی پیدا کرده است.

کارایی هر روش جدایش بستگی به طراحی واحد فرآوری، انتخاب فلوشییت و تجهیزات مناسب دارد. اما طراحی واحد فرآوری بدون انجام آزمایش‌های لازم در مقیاس‌های آزمایشگاهی، پایه و پیشاهنگ غیرممکن است و روش ثقلی نیز از این امر مستثنی نیست. برای طراحی مدار فرآوری به روش ثقلی نیاز به حداقل داده‌ها است که در مراحل اول توسعه فرآیند از طریق آزمایش‌های ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی قابل دستیابی است.

بر این اساس نشریه "**راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی**" با هدف آرایه شیوه یکسان برای انجام آزمایش‌های ثقلی و در چارچوب برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن تهیه شده است.

این نشریه شامل دو فصل کلیات و آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی است و با این فرض تدوین شده است که خوانندگان با مفاهیم اولیه روش ثقلی و نحوه عملکرد جداکننده‌های ثقلی مختلف آشنا بوده و در این فصل‌ها تنها بر روی داده‌های طراحی مدار اشاره شده است. در این گزارش از سیستم ASTM استفاده شده است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول - کلیات

۳	۱-۱-۱- آشنایی.....
۳	۲-۱- مراحل ارزیابی قابلیت فرآوری کانسنگ به روش ثقلی.....
۳	۱-۲-۱- نمونه برداری و آماده سازی کلی نمونه.....
۳	۲-۲-۱- مطالعات کانی شناسی فرآیند.....
۳	۳-۲-۱- تعیین معیار جدایش.....
۴	۴-۲-۱- انجام آزمایش های مایع سنگین.....
۶	۵-۲-۱- تعیین نسبت سقوط آزاد یا با مانع ذرات.....
۷	۶-۲-۱- انجام آزمایش با تجهیزات مختلف در مقیاس آزمایشگاهی.....
۷	۳-۱- صلاحیت عمومی فنی فرد یا افراد آزمایش کننده در آزمایش های ثقلی.....

فصل دوم - آزمایش های ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی

۱۱	۱-۲-۱- آزمایش مایع سنگین.....
۱۱	۱-۱-۲- تجهیزات و مواد مورد نیاز.....
۱۱	۲-۱-۲- شرایط لازم برای انجام آزمایش.....
۱۲	۳-۱-۲- آماده سازی بار ورودی.....
۱۲	۴-۱-۲- دستورالعمل انجام آزمایش.....
۱۴	۵-۱-۲- جمع آوری داده و ارایه گزارش.....
۱۵	۶-۱-۲- تحلیل نتایج.....
۱۶	۷-۱-۲- استفاده از دستگاه مگاستریم به جای محلول های سنگین.....
۱۷	۲-۲-۱- آزمایش جیگ.....
۱۷	۱-۲-۲- شرایط انجام آزمایش.....
۱۷	۲-۲-۲- دستورالعمل انجام آزمایش.....
۱۸	۳-۲-۲- جمع آوری داده ها و ارایه گزارش.....
۱۹	۴-۲-۲- تحلیل نتایج.....
۱۹	۳-۲-۲- آزمایش میز لرزان.....
۱۹	۱-۳-۲- شرایط انجام آزمایش.....
۲۰	۲-۳-۲- آماده سازی بار ورودی.....
۲۰	۳-۳-۲- دستورالعمل انجام آزمایش.....
۲۱	۴-۳-۲- جمع آوری داده ها و ارایه گزارش.....
۲۱	۵-۳-۲- تحلیل نتایج.....
۲۲	۴-۲-۲- آزمایش جداکننده ماریچ.....
۲۲	۱-۴-۲- تجهیزات و مواد مورد نیاز.....
۲۲	۲-۴-۲- شرایط انجام آزمایش.....
۲۳	۳-۴-۲- آماده سازی بار ورودی.....
۲۳	۴-۴-۲- دستورالعمل انجام آزمایش.....

۲۴	 ۵-۴-۲- جمع‌آوری داده‌ها و آرایه گزارش
۲۴	 ۶-۴-۲- تحلیل نتایج
۲۴	 ۵-۲- آزمایش واسطه سنگین
۲۵	 ۱-۵-۲- تجهیزات و مواد مورد نیاز
۲۵	 ۲-۵-۲- شرایط انجام آزمایش
۲۶	 ۳-۵-۲- آماده‌سازی بار ورودی
۲۶	 ۴-۵-۲- دستورالعمل انجام آزمایش
۲۶	 ۵-۵-۲- جمع‌آوری داده‌ها و آرایه گزارش
۲۷	 ۶-۵-۲- تحلیل نتایج
۲۷	 ۶-۲- آزمایش جدایش ثقلی گریز از مرکز (مولتی‌گراویتی)
۲۸	 ۱-۶-۲- تجهیزات و مواد مورد نیاز
۲۸	 ۲-۶-۲- شرایط انجام آزمایش
۲۸	 ۳-۶-۲- آماده‌سازی بار ورودی
۲۹	 ۴-۶-۲- دستورالعمل انجام آزمایش
۳۰	 ۵-۶-۲- جمع‌آوری داده‌ها و آرایه گزارش
۳۱	 ۶-۶-۲- تحلیل نتایج
۳۱	 ۷-۲- جداکننده نلسون
۳۲	 ۱-۷-۲- تجهیزات و مواد مورد نیاز
۳۲	 ۲-۷-۲- شرایط انجام آزمایش
۳۲	 ۳-۷-۲- آماده‌سازی بار ورودی
۳۲	 ۴-۷-۲- دستورالعمل انجام آزمایش
۳۴	 ۵-۷-۲- جمع‌آوری داده‌ها و آرایه گزارش
۳۴	 ۶-۷-۲- تحلیل نتایج
۳۵	 ۸-۲- آزمایش‌های بنوماتیک (بادی)
۳۵	 ۱-۸-۲- تجهیزات و مواد مورد نیاز
۳۵	 ۲-۸-۲- شرایط انجام آزمایش
۳۵	 ۳-۸-۲- آماده‌سازی بار ورودی
۳۶	 ۴-۸-۲- دستورالعمل انجام آزمایش
۳۶	 ۵-۸-۲- جمع‌آوری داده‌ها و آرایه گزارش
۳۷	 ۶-۸-۲- تحلیل نتایج