جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

دستورالعمل پر کردن کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی

ضابطه شماره ۲۸۳

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

وزارت صنعت، معدن و تجارت

معاونت امور معادن و صنایع معدنی

دفتر نظارت و بهره‌برداری

www.mimt.gov.ir

۱۳۹٤

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه‌تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۴/۱۲۳۴۰۶**
	تاریخ:	**۱۳۹۴/۰۶/۱۷**

موضوع: دستورالعمل پر کردن کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۲۸۳ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «دستورالعمل پر کردن کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۴/۱۰/۰۱ الزامی است.

امور نظام فنی و اجرایی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- ***شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.***

۲- ***ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.***

۳- ***در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.***

۴- ***نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.***

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علیشاه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email:info@nezamfanni.ir **nezamfanni.ir**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره۴۲۳۳۹/ ت ۳۳۴۹۷ ه‍ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی و اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

در برخی از روش‌های استخراج زیرزمینی، بخشی از ماده معدنی به عنوان لنگه برجا گذاشته شده و منجر به ایجاد فضاهای خالی با ابعاد مختلف می‌شود. یکی از چالش‌های استخراج زیرزمینی کاهش میزان ماده معدنی برجا (افزایش بازیابی) و نیز تامین پایداری این حفریات است. این مساله با افزایش عمق استخراج و نیاز به تولید بیشتر، پیچیده‌تر می‌شود. برای مکانیزه کردن معادن با هدف افزایش تولید نیاز به افزایش ابعاد تونل‌ها و دهانه‌های کارگاه‌های استخراج و به طور کلی کارهای معدنی است که باید پایداری این فضاها تامین شود. به عبارت دیگر مکانیزاسیون و سرمایه‌گذاری‌های جدید با پایداری این فضاها و افزایش بازیابی، نیاز به مدیریت موثر این فضاها دارد.

بدین منظور روش‌های مختلفی برای کنترل فضاهای خالی معدنی وجود دارد که پر کردن یکی از موثرترین روش‌ها است. این روش برای افزایش انعطاف‌پذیری استراتژی‌های معادن در استخراج، بهبود میزان بازیابی و افزایش کیفیت ماده معدنی استخراج شده (کاهش رقیق‌شدگی) به کار می‌رود. استفاده از سیستم پر کردن منجر به کاهش مسایل و مشکلات مربوط به نشست سطح زمین، بهبود شرایط زیست‌محیطی معادن، کاهش مسایل و مشکلات مرتبط با بازسازی معادن و هزینه‌های مرتبط با آن‌ها می‌شود.

این ضابطه با عنوان "**دستورالعمل پر کردن کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی**" با هدف ارایه دستورالعمل‌های فنی و کاربردی در زمینه پر کردن معادن و در چارچوب برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن تهیه شده است.

با همه‌ی تلاش انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که إن‌شاءا... کاربرد عملی و در سطح وسیع این ضابطه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود. در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی و اجرایی همچنین جناب آقای دکتر جعفر سرقینی مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در وزارت صنایع و معادن، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

غلامرضا شافعی
معاون فنی و توسعه امور زیربنایی
شهریور ۱۳۹٤

omoorepeyman.ir

مجری طرح

آقای جعفر سرقینی	معاون امور معادن و صنایع معدنی – وزارت صنایع و معادن

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقا رمضانعلی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	کارشناس ارشد مهندسی صنایع
سیف ا... امیری	وزارت صنعت، معدن و تجارت	کارشناس ارشد مهندسی صنایع
بهروز برنا	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس مهندسی معدن
محمد پریزادی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	کارشناس ارشد مهندسی معدن
عبدالعلی حقیقی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
جعفر سرقینی	وزارت صنعت، معدن و تجارت	دکتری مهندسی فرآوری مواد معدنی
علیرضا غیاثوند	وزارت صنعت، معدن و تجارت	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی
حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن

اعضای کارگروه استخراج به ترتیب حروف الفبا

محمد فاروق حسینی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی مکانیک سنگ
مصطفی شریف‌زاده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس مهندسی معدن
کورش شهریار	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی استخراج معدن
حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی استخراج معدن
علی مرتضوی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی انفجار، مکانیک سنگ

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

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

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی
آقای علیرضا غیاثوند	رئیس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معادن و صنایع معدنی
آقای اسحق صفرزاده	کارشناس معدن امور نظام فنی و اجرایی

پیش‌نویس این گزارش توسط آقای **دکتر سعید دهقان** تهیه شده و توسط کارگروه استخراج بررسی و تایید شده است و پس از آن به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول- تعاریف و مفاهیم ۳

فصل دوم- روش‌های استخراجی که نیاز به پر کردن دارند ۵

۲-۱- آشنایی ۷

۲- ۲- روش استخراج کندن و آکندن ۷

۲-۲-۱- مبانی روش ۷

۲-۲-۲- شرح کلی روش ۸

۲-۲-۳- انواع روش استخراج کندن و آکندن ۸

۲-۳- روش استخراج جبهه‌کار بلند ۹

۲-۳-۱- مبانی روش ۹

۲-۳-۲- شرح کلی روش ۹

۲-۴- روش استخراج جبهه‌کار کوتاه ۱۰

۲-۴-۱- مبانی روش ۱۰

۲-۴-۲- شرح کلی روش ۱۱

۲-۵- روش‌های استخراج کارگاه باز ۱۱

۲-۵-۱- روش اتاق و پایه ۱۱

۲-۵-۲- روش کارگاه و پایه ۱۲

۲-۵-۳- روش استخراج از طبقات فرعی ۱۳

فصل سوم- رده‌بندی روش‌های پر کردن ۱۵

۳-۱- آشنایی ۱۷

۳-۲- تقسیم‌بندی بر اساس توزیع دانه‌بندی ۱۸

۳-۳- مصالح مورد استفاده در پر کردن ۲۰

۳-۴- ظرفیت تولید ۲۰

۳-۵- پتانسیل تولید مصالح ۲۱

۳-۶- ویژگی‌های مواد مورد استفاده در پر کردن ۲۱

۳-۷- دانه‌بندی مصالح مصرفی ۲۲

۳-۸- طرح اختلاط ۲۴

۳-۸-۱- درصد اختلاط ۲۵

۳-۹- ویژگی‌های مواد پرکننده ۲۶

فصل چهارم- آماده‌سازی کارگاه استخراج ۲۹

۴-۱- آشنایی ۳۱

۴-۲- نصب سیستم‌های زهکش ۳۱

۴-۳- قالب‌بندی ۳۲

۴-۳-۱- محل‌های مورد نیاز قالب‌بندی ۳۲

۴-۳-۲- انواع قالب‌ها ۳۳

۴-۳-۳- شرایط قالب‌بندی توده‌های پرکننده سیمانی ۳۳

۴-۳-۴- فروپاشی قالب ۳۵

omoorepeyman.ir

۴-۳-۵- ثبت نتایج سیستم قالب‌بندی ۳۶

فصل پنجم- کاربرد توده‌های پرکننده ۳۷

۵-۱ آشنایی ۳۹

۵-۲- نگهداری زمین ۳۹

۵-۳- بازیابی پایه‌ها ۴۰

۵-۴- ایجاد سکوی کار ۴۰

۵-۵-کنترل نشست سطح زمین ۴۰

۵-۶-کنترل خودسوزی ۴۲

فصل ششم- راهنمای طراحی مواد پرکننده ٤٣

۶-۱- آشنایی ۴۵

۶-۲- مبانی طراحی پر کردن ۴۵

۶-۳- روش‌های طراحی پر کردن ۴۶

۶-۳-۱- مشخصات تکنولوژیکی و تکنیکی معدن ۴۶

۶-۳-۲- ویژگی‌های مواد پرکننده ۴۷

۶-۳-۳- روش اجرای پر کردن ۴۸

۶-۳-۴- جمع‌بندی فرآیند طراحی ۵۳

فصل هفتم- آماده‌سازی مواد پرکننده ۵۵

۷-۱- آشنایی ۵۷

۷-۲- بررسی‌های آزمایشگاهی ۵۷

۷-۲-۱- آزمایش‌های تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی ۵۸

۷-۲-۲- آزمایش تعیین اسلامپ توده پرکننده سیمانی ۵۸

۷-۲-۳- آزمایش مقاومت فشاری تک محوره توده پرکننده ۵۸

۷-۲-۴- آزمایش تعیین مقاومت برشی توده‌های پرکننده ۵۹

۷-۲-۵- آزمایش تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی ۵۹

۷-۲-۶- آزمایش‌های سنگ‌های در برگیرنده توده‌های پرکننده ۵۹

۷-۳- خردایش و دانه‌بندی مصالح ۵۹

۷-۴- آبگیری ۶۰

۷-۵- سیلوها، مخازن و انبار مواد ۶۰

۷-۶- تهیه پالپ ۶۱

۷-۷- مخلوط کردن مواد ۶۱

فصل هشتم- روش‌های حمل مواد و اجرای پرکردن ٦٥

۸-۱- آشنایی ۶۷

۸-۲- روش‌های حمل ۶۷

۸-۲-۱- حمل دستی ۶۷

۸-۲-۲- حمل به روش ثقلی ۶۷

۸-۲-۳- حمل با استفاده از هوای فشرده ۶۸

۸-۲-۴- حمل به وسیله پمپ ۶۸

۸-۲-۵- حمل به وسیله ماشین‌آلات ۶۸

omoorepeyman.ir

۸-۳- اجرای پر کردن ۶۹
۸-۳-۱- پر کردن به روش دستی ۶۹
۸-۳-۲- پر کردن به روش ثقلی ۶۹
۸-۳-۳- پر کردن مکانیکی (نوار نقاله) ۶۹
۸-۳-۴- پر کردن با استفاده از هوای فشرده ۷۰
۸-۳-۵- پر کردن با استفاده از پمپ ۷۲
۸-۳-۶- پر کردن با استفاده از تراک میکسر ۷۲
فصل نهم- امکان‌سنجی پر کردن ۷۳
۹-۱- آشنایی ۷۵
۹-۲- هزینه‌های سرمایه‌گذاری ۷۵
۹-۲-۱- هزینه احداث کارگاه و یا کارخانه پر کردن ۷۵
۹-۲-۲- هزینه خرید تجهیزات یا احداث شبکه حمل ۷۶
۹-۳- هزینه‌های عملیاتی ۷۷
۹-۳-۱- هزینه تهیه مصالح ۷۷
۹-۳-۲- هزینه‌های حمل و نقل ۷۷
۹-۳-۳- هزینه‌های قالب‌بندی ۷۸
۹-۳-۴- هزینه نیروی انسانی ۷۸
فصل دهم- مخاطرات و روش‌های کنترل آن در پر کردن ۷۹
۱۰-۱- آشنایی ۸۱
۱۰-۲- ایمنی کارگاه استخراج ۸۱
۱۰-۳- بهبود شرایط تهویه ۸۱
۱۰-۴- ترکش سنگ ۸۲
۱۰-۵- پیشگیری از احتمال انفجار گاز زغال‌سنگ ۸۲
۱۰-۶- نشست سطح زمین ۸۲
۱۰-۷- جنبه‌های مخاطره‌آمیز پر کردن ۸۲
۱۰-۷-۱- انتشار گرد و غبار ۸۳
۱۰-۷-۲- افزایش دما ۸۳
۱۰-۷-۳- افزایش رطوبت ۸۳
۱۰-۷-۴- آلودگی آب‌های زیرزمینی ۸۳
۱۰-۷-۵- آلودگی ناشی از کار ماشین‌آلات در فضاهای زیرزمینی ۸۳
۱۰-۷-۶- افزایش تردد ماشین‌آلات در داخل معادن زیرزمینی ۸۳
۱۰-۷-۷- ترکیدن خطوط لوله ۸۴
۱۰-۷-۸- مسدود شدن گمانه‌ها/لوله‌ها ۸۴
۱۰-۷-۹- جریان یافتن ناگهانی توده‌های پرکننده ۸۴
۱۰-۷-۱۰- تخریب ستون‌های پر شده ۸۴
۱۰-۷-۱۱- گسیختگی قالب ۸۴
فصل یازدهم- پایش عملیات پر کردن ۸۵
۱۱-۱- آشنایی ۸۷
۱۱-۲- خصوصیات مورد پایش ۸۸

omoorepeyman.ir

۱۱-۲-۱- وزن حجمی توده برجا ۸۸
۱۱-۲-۲- مقاومت فشاری برجای توده پرکننده (خواص مکانیکی توده پر شده) ۸۸
۱۱-۲-۳- بارهای اعمال شده بر توده‌های پرکننده ۸۹
۱۱-۲-۴- برداشت ساختارهای ایجاد شده ۸۹
۱۱-۲-۵- دمای توده پرکننده ۸۹
۱۱-۳- محل پایش ۸۹
۱۱-۳-۱- محل تولید توده‌های پرکننده ۸۹
۱۱-۳-۲- مسیر حمل ۹۰
۱۱-۳-۳- داخل کارگاه استخراج ۹۰
۱۱-۴- روش‌های رایج برای پایش پارامترهای مد نظر ۹۰
۱۱-۵- تجهیزات موجود برای پایش پارامترهای مد نظر ۹۱
پیوست- تحلیل عملکرد مواد پرکننده و اندرکنش آن با زمین اطراف به عنوان سیستم نگهداری **۹۳**

omoorepeyman.ir

فصل ۱

تعاریف و مفاهیم

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- تعاریف و مفاهیم

پر کردن[1]: فعالیت‌هایی که برای پر کردن فضای خالی شده زیرزمین پس از حفر سنگ یا استخراج کانسنگ انجام می‌شود.

خاکریزی[2]: در معادن زغال‌سنگ به جای "پر کردن" معمولا از واژه "خاکریزی" استفاده می‌شود.

پرکننده[3]: موادی مانند سنگ، شن و باطله که پس از استخراج کانسنگ از کارگاه استخراج، برای نگهداری سقف یا دیوارها به فضای خالی شده ریخته می‌شود.

کارگاه استخراج[4]: محلی در یک معدن زیرزمینی که در آنجا عملیات حفر و استخراج کانسنگ انجام می‌شود. کارگاه استخراج به منظور استخراج کانسنگ و مجزا از آماده‌سازی، احداث می‌شود.

پوزولان[5]: موادی سیلیکاته و یا آلومینوسیلیکاته که فاقد ترکیبات با خاصیت سیمانی هستند و در حضور رطوبت با هیدروکسیدهای قلیایی خاکی واکنش شیمیایی انجام می‌دهند و به ماده‌ای که خواص سیمانی دارد، تبدیل می‌شوند.

سیمان پرتلند[6]: نوعی سیمان هیدرولیک که از پودر کردن کلینکری که عمدتا از سیلیکات‌های کلسیم و گاه شامل یک یا چند نوع سولفات کلسیم است، به دست می‌آید. تعریف سیمان عبارت از سنگ‌هایی با ترکیب کلسیم مثل سنگ گچ و ترکیب سیلیس و آلومینا (Al_2O_3) و مواد دارای اکسید آهن مانند خاک رس است که با یکدیگر مخلوط و در کوره حرارت داده می‌شوند. در اثر حرارت، این مواد ذوب شده و ترکیبی شیمیایی حاصل می‌شود که به آن کلینکر می‌گویند. کلینکر سرد شده را با مقداری سولفات کلسیم متبلور آسیا می‌کنند و بدین ترتیب سیمان پرتلند به دست می‌آید.

سرباره کوره ذوب[7]: یک محصول فرعی فرآیند ذوب و پالایش فلزات است که از ترکیب آهک، کک و بخش‌های سیلیسی و آلومینیمی باقی‌مانده بعد از جدایش فلز از کانسنگ حاصل می‌شود.

پر کردن هیدرولیکی[8]: روشی از پرکردن است که در آن باطله‌های دانه‌بندی شده آسیاهای معدنی به وسیله آب و در شبکه‌ای از لوله‌ها و گمانه‌ها منتقل می‌شوند. درصد ذرات جامد، بسته به هدف پر کردن از حدود۵۰ تا ۷۰ درصد متغیر است.

پر کردن خمیری[9]: روشی که از ترکیب باطله‌های آسیاهای معدنی بدون حذف ذرات ریز (حداقل ۱۵ درصد وزن مصالح آن کوچکتر از ۲۰ میکرون هستند)، آب و درصد بسیار کمی سیمان به وجود می‌آید. در مقایسه با پر کردن هیدرولیکی در این روش از آب کمتر و درصد ذرات جامد بیشتر (بین ۷۸ تا ۸۷ درصد) استفاده می‌شود.

1- Backfilling
2- Stowing
3- Backfill
4- Stope
5- Pozzolan
6- Portland cement
7- Slag
8- Hydraulic fill
9- Paste fill

omoorepeyman.ir

پر کردن خشک[1]: روشی که در آن عمدتا از باطله‌های ناشی از عملیات استخراجی روباز و زیرزمینی و بدون استفاده از مواد چسباننده به عنوان مواد حجیم استفاده می‌شود. در این روش، مواد پرکننده، اغلب از طریق دویل‌هایی به داخل معدن زیرزمینی تخلیه شده و سپس به وسیله کامیون و یا نوار نقاله به داخل کارگاه حمل می‌شوند.

پر کردن دوغابی[2]: روشی که در آن از مخلوط باطله‌های کانه‌آرایی، ماسه، مصالح سنگی، آب و ماده چسباننده که معمولا درصد ذرات جامد در آن کمتر از ۷۰ درصد وزنی باشد، استفاده می‌شود.

پر کردن انجمادی[3]: روشی که در آن از یخ برای پر کردن حفرات خالی ایجاد شده در زیر زمین استفاده می‌کنند.

پر کردن با استفاده از مواد شیشه‌ای[4]: نوع روش پر کردن که در آن بخشی از سیمان به کار رفته در توده‌های پرکننده با شیشه‌های باطله جایگزین می‌شود. منظور از شیشه‌های باطله، شیشه‌هایی هستند که قبلا برای منظور دیگری مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مانند شیشه‌های سفید و رنگی، شیشه‌های پنجره‌ها و اتومبیل‌ها.

قالب: سازه موقتی است که از آن برای شکل دادن و نگه داشتن توده پرکننده در مدت زمان جایگذاری و دوره‌ای که توده پرکننده در حال کسب مقاومت است، استفاده می‌شود.

قالب‌بندی: مجموعه‌ای از فعالیت‌ها که برای نگهداری توده پرکننده به شکل مورد نظر به کار می‌رود.

1- Rock fill
2- Slurry fill
3- Ice fill
4- Glass fill

omoorepeyman.ir

فصل ۲

روش‌های استخراجی که

نیاز به پر کردن دارند.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- آشنایی

روش‌های استخراج را می‌توان بر مبنای استفاده و یا عدم استفاده از مواد پرکننده تقسیم‌بندی کرد. مهم‌ترین روش‌های استخراجی که در آن‌ها پر کردن جزو چرخه تولید ماده معدنی است، عبارتند از:

- روش کندن و آکندن
- روش جبهه‌کار بلند
- روش جبهه‌کار کوتاه

در شرایطی که بازیابی پایه‌های حایل کارگاه‌های مجاور و یا لنگه‌های نگهدارنده سقف، به منظور افزایش بازیابی ماده معدنی، مد نظر باشد و یا مشکلات ناشی از نگهداری تونل‌ها وجود داشته و یا وقوع نشست در سطح زمین مجاز نباشد، از روش پر کردن برای نگهداری فضاهای خالی استفاده می‌شود. عمده‌ترین روش‌های یاد شده عبارتند از:

- روش کارگاه باز
- روش استخراج کارگاه و پایه
- روش استخراج از طبقات فرعی

۲-۲- روش کندن و آکندن[1]

۲-۲-۱- مبانی روش

روش کندن و آکندن جزو روش‌های با نگهداری است که در کانسارهای پرشیب و مواد معدنی رگه‌ای تحت شرایط نامناسب کمرها و یا ماده معدنی افقی با ضخامت زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش برای کانسارهای غیرلایه‌ای، انعطاف‌پذیرترین روش از نظر شرایط کاربرد و اجرا است و هر چه شیب کانسار زیادتر باشد، نتایج مطلوب‌تری حاصل می‌شود. در این روش ماده معدنی به صورت برش‌هایی افقی استخراج شده و به جای آن مواد پرکننده ریخته می‌شود. ضخامت ماده معدنی از ۲ تا ۳۰ متر متغیر است. پس از هر مرحله آتشباری و تهویه و صاف کردن جبهه‌کارها، مواد معدنی به وسیله بارکننده-بارکش LHD[2] و یا در عملیات کوچک با اسکریپر و یا توسط کارگر بارگیری می‌شود. وقتی یک برش کامل از ماده معدنی استخراج و به بیرون از کارگاه انتقال داده شد، فضای خالی را با حجم معادل پر می‌کنند تا زمانی که یک جبهه‌کار جدید به فاصله حدود سه متر از جبهه‌کار تشکیل شود.

در این روش مهم‌ترین وظایف مواد پرکننده عبارتند از:

الف- نگهداری دیواره‌های ضعیف کارگاه

ب- ایجاد سکوی کار به گونه‌ای که چالزنی و آتشباری برش‌های بعدی ماده معدنی از روی این سکو انجام شود.

در این روش، پر کردن کاملا با عملیات و چرخه استخراج پیوند خورده است و به معنی فعالیتی مستقل که بعد از اتمام کل عملیات استخراج انجام بگیرد، نیست. در روش کندن و آکندن برای نگهداری زمین، لنگه‌هایی در مرزهای کارگاه باقی گذاشته می‌شود. از آنجا که کارگاه‌ها پر می‌شوند، اغلب تمام یا بخشی از این پایه‌ها را می‌توان بازیابی کرد. زمان پر کردن در این روش

1- Cut and fill
2- Loud Haul Dump

omoorepeyman.ir

اهمیت زیادی دارد زیرا مواد پرکننده باید به موقع برای تحمل فشارهای بسیار زیادی که بر کارگاه وارد می‌شود، در محل استخراج شده قرار گیرند. در این روش باید بلافاصله بعد از تخلیه مواد معدنی حفر شده از کارگاه استخراج، مواد پرکننده به محل کارگاه استخراج انتقال یابند. این روش انعطاف‌پذیری بالایی دارد و به راحتی به روش‌های دیگر تبدیل می‌شود.

۲-۲-۲- شرح کلی روش

مراحل انجام عملیات استخراج در این روش به ترتیب زیر است:

- چالزنی و آتشباری
- بارگیری و باربری
- نگهداری دیواره‌ها و در صورت نیاز سقف
- تمیز کردن
- آماده‌سازی دویل‌ها
- آماده‌سازی برای پر کردن
- پر کردن
- خشک و سفت شدن ماده پرکننده به ویژه در روش پر کردن سیمانی

در این روش، هیچ یک از مراحل یاد شده مستقل از هم نیستند و بنابراین تولید ماده معدنی ناپیوسته است.

۲-۲-۳- انواع روش استخراج کندن و آکندن

روش کندن و آکندن به سه دسته کلی استخراج بالارو[۱]، استخراج پایین‌رو[۲] و مکانیزه تقسیم می‌شود.

الف- روش کندن و آکندن بالارو

این روش متداول‌ترین حالت استخراج کندن و آکندن است که در آن ماده معدنی در یک سری برش‌های افقی استخراج شده و پس از استخراج هر برش، مواد پرکننده ضمن نگهداری کارگاه، محل مناسبی را برای چالزنی و حفر در ماده معدنی به منظور استخراج برش بعدی تامین می‌کنند. عملیات هر کارگاه معمولا شامل پر کردن، چالزنی، آتشباری، نصب پیچ‌سنگ‌ها و خارج کردن مواد معدنی خرد شده است.

روش کندن و آکندن بالارو خود به روش‌های جبهه‌کاری[۳]، کارگاه با پایه‌های تصادفی[۴]، کارگاه‌های تونلی در داخل ماده معدنی[۵] و استخراج سقفی[۶] تقسیم‌بندی می‌شود.

1- Overhand cut and fill stoping
2- Under cut and fill stoping
3- Breast stoping
4- Post pillar stoping
5- Drift and fill stoping
6- Back stoping

omoorepeyman.ir

ب- روش کندن و آکندن پایین‌رو

این روش برای استخراج ماده معدنی و یا بازیابی پایه‌ها در شرایط نامناسب زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش قطعه معدنی به کمک برش‌های افقی از بالا به ضخامت ۱٫۸ تا ۴٫۶ متر به سمت پایین استخراج می‌شود و پس از هر برش، فضای خالی شده با مواد ماسه‌ای سیمانی در بین حصارها و دیواره‌های ایجاد شده به وسیله ستون‌های چوبی در دیواره و توری پهن شده در سراسر کف کارگاه، پر می‌شوند. به عبارت ساده‌تر در این روش سقف کارگاه استخراج را توده پرکننده تشکیل می‌دهد و الزاما باید در این شرایط از پرکننده سیمانی استفاده شود. در این روش بازیابی و قابلیت استخراج انتخابی بالا، اختلاط باطله و کانسنگ پایین و مقاومت کانسنگ در مقایسه با روش‌های بالارو ضعیف‌تر است. در مجموع هزینه‌های این روش نسبت به روش اصلی بیشتر است و به کارگران بیشتری نیاز دارد.

پ- روش کندن و آکندن مکانیزه

به علت وجود کف و سقف صاف (مخصوصا اگر چال‌ها افقی حفر شده و از پرکننده سیمانی استفاده شود) قابلیت مکانیزاسیون این روش زیاد است، از این‌رو برای بهبود توان تولید، یک شیوه جدید به نام روش استخراج کندن و آکندن تمام مکانیزه ارایه شده است. از آنجا که در این روش امکان حفر چال‌های بلند وجود ندارد و وابستگی مراحل عملیات تولید به یکدیگر باعث افزایش زمان انتظار ماشین‌آلات چالزنی و سایر ماشین‌آلات موجود در کارگاه می‌شود، با وجود قابلیت مکانیزاسیون بالا، تمایل کمی به استفاده از ماشین‌آلات پیشرفته در کارگاه استخراج وجود دارد.

۲-۳- روش استخراج جبهه‌کار بلند[1]

۲-۳-۱- مبانی روش

روش جبهه‌کار بلند عمدتا در معادن زغال‌سنگ و نیز کانسارهای لایه‌ای به کار می‌رود. این روش استخراج در زمره روش‌های بزرگ‌مقیاس از نظر بهره‌برداری و یکی از ارزان‌ترین روش‌های استخراج زیرزمینی است و در مقایسه با روش استخراج دیگر، به ازای آماده‌سازی مشخص، تناژ استخراجی بالاتری به دست می‌آید.

۲-۳-۲- شرح کلی روش

الف- چرخه عملیات

ترتیب عملیات در این روش استخراج به شرح زیر است:

- آماده‌سازی پهنه
- حفر ماده معدنی با استفاده از پیکور یا ماشین
- نصب پایه چوبی یا فلزی و یا جلو کشیدن سیستم نگهداری قدرتی
- جلو راندن یا جابه‌جایی وسایل باربری (جلو راندن ناو زنجیری به کمک هل دهنده) در داخل کارگاه استخراج

1- Long wall

omoorepeyman.ir

– پر کردن محل استخراج شده یا تخریب (در مناطقی که تخریب مجاز نباشد می‌توان قسمت‌های استخراج شده را در پشت نگهداری با خاکریز پر کرد).

ب- نحوه استخراج

پس از ایجاد پهنه استخراجی، استخراج با کندن برش‌های کم عرض به صورت پیشرو[1] یا پسرو[2] انجام می‌شود. برای کندن ماده معدنی ممکن است از پیکور، چالزنی و آتشباری و یا ماشین‌های زغال‌بر (رنده[3] و یا زغالتراش[4]) استفاده شود. مواد کنده شده بر روی ناو مجاور جبهه‌کار ریخته شده و به وسیله آن به سیستم حمل اصلی در تونل حمل و نقل منتقل می‌شود. در سیستم‌های مکانیزه حمل و نقل در داخل کارگاه استخراج به وسیله ناو زنجیری انجام می‌شود. سقف نزدیک جبهه‌کار به وسیله پایه‌های چوبی، تک پایه‌های فلزی، پایه‌های اصطکاکی، جک‌های هیدرولیک و یا به کمک وسایل نگهداری قابل انعطاف قدرتی که توان تحمل بار زیادی دارند و از پایه و سپر تشکیل شده‌اند، نگهداری می‌شود. با پیشروی جبهه‌کار، ناو مخصوص جبهه‌کار و تجهیزات نگهداری با یک برنامه معین به سمت جلو حرکت می‌کنند و به سنگ‌های سقف در پشت تجهیزات نگهداری، امکان تخریب داده می‌شود. تخریب باعث می‌شود که از فشار زیاد ناشی از وزن طبقات بالایی بر روی وسایل نگهداری کاسته شود.

در شرایط زیر لازم است به جای عملیات تخریب از پر کردن استفاده شود:

– انتشار گاز متان، قابل توجه باشد.
– سنگ‌های کمربالا و کمرپایین شکستگی زیاد دارند.
– در لایه‌های استخراجی، لایه‌های مستعد خودسوزی وجود داشته باشد.
– لایه‌ها خیلی ضخیم و در عمق زیاد باشند.
– نشست زمین مجاز نباشد.
– خطر ترکش سنگ وجود داشته باشد.
– سنگ‌های کمربالا خیلی مقاوم و قابلیت تخریب کمی داشته باشند.

۲-٤- روش استخراج جبهه‌کار کوتاه

۲-٤-۱- مبانی روش

روش جبهه‌کار کوتاه از روش اتاق و پایه اقتباس شده گو این که از جنبه ظاهری، شکل کوتاه شده‌ای از روش جبهه‌کار بلند است. این روش استخراج، روشی مابین روش‌های اتاق و پایه و جبهه‌کار بلند است که با به کارگیری ماشین استخراجی پیوسته، تولید پیوسته و با به کارگیری نگهدارنده‌های قدرتی، محیطی ایمن در کارگاه استخراج ایجاد می‌شود.

1- Advanced long wall
2- Retreating long wall
3- Plough
4- Shearer

omoorepeyman.ir

۲-٤-۲- شرح کلی روش

عملیات استخراجی مختلف در این روش به شرح زیر است:

- کندن ماده معدنی به وسیله ماشین استخراجی پیوسته (در مواردی با استفاده از چالزنی و آتشباری)
- نگهداری کارگاه به کمک وسایل نگهدارنده قدرتی
- حمل و نقل مواد استخراج شده برای انتقال ماده معدنی استخراج شده به بیرون از کارگاه و در نهایت به بیرون از معدن از ماشین شاتل، لودر و ماشین شاتل و ناو زنجیری استفاده می‌شود.

۲-۵- روش‌های استخراج کارگاه باز[1]

روش‌های کارگاه باز یا روش‌های بدون نگهداری که بیشترین کاربرد را در معادن زیرزمینی دارند، به روش‌هایی اطلاق می‌شوند که ضرورتا خود نگهدار هستند و نیاز به سیستم‌های نگهداری مصنوعی ندارند. البته گاه در این روش از نگهداری‌های سبک و پیچ‌سنگ‌ها مشروط بر اینکه بار اصلی تحمل وزن را بر عهده نداشته باشند، استفاده می‌شود.

روش‌های اتاق و پایه[2]، کارگاه و پایه[3]، انباره‌ای[4] و استخراج از طبقات فرعی[5] نمونه‌هایی از این روش‌ها هستند که دو روش اتاق و پایه و کارگاه و پایه برای کانسارهای کم شیب و سایر روش‌ها برای کانسارهای پرشیب و یا کانسارهای با ضخامت زیاد به کار می‌روند. در این روش‌ها برای افزایش بازیابی ماده معدنی، کاهش ابعاد لنگه‌های برجا مانده بین کارگاه‌ها و محافظت از کارهای معدنی حفر شده باید از مواد پرکننده استفاده شود.

۲-۵-۱- روش اتاق و پایه

الف- مبانی روش

روش اتاق و پایه معمولا برای استخراج زغال‌سنگ و در پاره‌ای موارد سایر مواد معدنی که دارای شرایط مناسب هستند به کار می‌رود. این روش برای استخراج لایه‌های تقریبا افقی و یا کم شیب (حداکثر ۳۰ درجه) و ضخامتی بین ۲ تا ۴/۵ متر مناسب است. در این روش به علت بر جای گذاشتن پایه‌ها، مقدار قابل توجهی از ماده معدنی استخراج نمی‌شود که مقدار آن ممکن است به بیش از نصف ذخیره برسد.

ب- شرح کلی روش

در روش اتاق و پایه، استخراج ممکن است به صورت سنتی (غیرپیوسته) و یا به صورت پیوسته انجام شود. در روش غیرپیوسته، تجهیزات متحرک و ماشینی برای به جریان انداختن چرخه تولیدی عملیات به کار می‌رود و چرخه تولید شامل برش، چالزنی، آتشباری، بارگیری و باربری است.

1- Open stope
2- Room & pillar
3- Stope & pillar
4- Shrinkage
5- Sublevel stoping

omoorepeyman.ir

سیستم استخراج پیوسته در روش اتاق و پایه مستلزم استفاده از ماشین‌های مکانیزه به نام ماشین استخراجی پیوسته است که تا ارتفاع بیش از ۴ متر را استخراج می‌کند. چرخه تولید در این حالت شامل استخراج (خرد کردن و بارگیری) و باربری است.

پ- بازیابی پایه‌ها

یکی از محدودیت‌های روش اتاق و پایه آن است که بخش قابل توجهی از ذخیره ممکن است به صورت پایه باقی بماند. در بیشتر موارد سعی می‌شود که پایه‌ها را با روش‌های خاصی در مراحل بعدی، بازیابی کنند. بدین منظور یک خط تخریب ایجاد می‌شود و پایه‌های زنجیروار[1] که بین فضاهای مجاور ایجاد می‌شود، استخراج می‌کنند ولی پایه‌های حایل[2] باید باقی بمانند. استخراج با این روش شامل دو مرحله به شرح زیر است:

- استخراج اولیه: در مرحله مقدماتی ماده معدنی را از اتاق‌ها استخراج می‌کنند و کانسار باز می‌شود.
- استخراج ثانویه یا بازیابی پایه‌ها: در مرحله بعد بازیابی پایه‌ها شروع شده و تمام یا تعدادی از پایه‌ها بازیابی می‌شوند و استخراج پایه‌ها به روش پسرو انجام می‌گیرد. با استخراج پایه‌ها، افت ماده معدنی برجا مانده به ۱۵ تا ۲۰ درصد می‌رسد. متداول‌ترین روش‌های بازیابی پایه‌ها عبارت از انتهاباز[3]، شکاف و حفاظ[4]، برداشت به سمت بیرون[5] و حایل و بال[6] است. استفاده از پر کردن، مخاطرات ناشی از بازیابی پایه‌ها را کاهش می‌دهد.

۲-۵-۲- روش کارگاه و پایه

الف- مبانی روش

این روش، بدون نگهداری یا کارگاه باز است که در آن فضاهایی به صورت افقی در کانسار با الگویی منظم یا نامنظم حفر می‌شود و برای نگهداری سقف، قسمتی از ماده معدنی یا باطله همراه آن به صورت پایه باقی می‌ماند. در انتخاب الگوی منظم و یا نامنظم در این روش مهم‌ترین عامل عیار ماده معدنی است.

این روش شباهت‌های زیادی با روش اتاق و پایه دارد اما وقتی یک روش به جای اتاق و پایه، کارگاه و پایه اطلاق می‌شود که دو ویژگی از سه ویژگی زیر را داشته باشد:

- پایه‌ها از نظر شکل و ابعاد به صورتی نامنظم و تصادفی جانمایی شده باشند.
- ضخامت کانسار متوسط باشد (بیش از ۶ متر).
- ماده معدنی استخراجی زغال‌سنگی نباشد.

ویژگی‌های مهم روش کارگاه و پایه عبارت است از:

- جاگذاری پایه‌های نامنظم از نظر شکل و ابعاد و موقعیت برای حفاظت سقف

1- Chain pillar
2- Barrier pillar
3- Open ending
4- Split and fender
5- Out side lifts
6- Pocket and wing

omoorepeyman.ir

- کانسارهایی با شیب کمتر از شیب طبیعی لغزش سنگ‌ها که در آن‌ها روش‌های ثقلی نظیر کندن و آکندن، انباره‌ای و استخراج از طبقات فرعی قابل کاربرد نیستند با این روش استخراج می‌شوند.
- سنگ‌های کمربالا و کمرپایین و نیز ماده معدنی باید مقاومت کافی داشته باشند، زیرا پایه‌ها باید تا پایان عمر معدن پایدار باقی بمانند.
- عمق یک محدودیت است (معمولا تا ۶۰۰ متر)، زیرا افزایش آن منجر به افزایش ابعاد پایه‌ها و در نتیجه کاهش میزان بازیابی می‌شود.
- نشست زمین وجود ندارد (به جز در طولانی مدت و در صورت تخریب پایه‌ها با گذشت زمان).

ب- شرح کلی روش

از آنجا که روش کارگاه و پایه غالبا در مواد معدنی سخت به کار می‌رود، استخراج به صورت پیوسته انجام نمی‌گیرد و اغلب از تجهیزات متحرک برای به جریان انداختن چرخه تولید استفاده می‌کنند. چرخه تولید شامل چالزنی، آتشباری، بارگیری و باربری است. بسته به شکل و ضخامت کانسار سه حالت پیشروی در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- حالت تک برشی، که در توده‌های کم ضخامت و منظم به کار می‌رود.
- حالت چند برشی، که در توده‌های نامنظم و ضخیم به کار می‌رود.
- حالت پله‌ای، که در توده‌های منظم و ضخیم استفاده می‌شود.

۲-۵-۳- روش استخراج از طبقات فرعی

الف- مبانی روش

روش استخراج از طبقات فرعی اغلب در معادن مس، آهن، سرب و روی، گوگرد، طلا و نظایر آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش ظرفیت تولید بالایی دارد و برای استخراج مواد معدنی نسبتا پرشیب (بیش از زاویه قرار کانسنگ خرد شده) و یکنواخت (زیرا انتخابی نیست) و در مواردی که هم ماده معدنی و هم سنگ درونگیر خودنگهدار باشند، مناسب است. این روش برای استخراج رگه‌های ضخیم که مقاومت کافی داشته باشند نیز به کار می‌رود. همچنین روش استخراج از طبقات فرعی به عنوان یک روش بازیابی پایه در مناطق استخراج شده یا پر شده، که امکان حفر چال‌های بلند وجود دارد، به کار می‌رود.

با توجه به ماهیت روش، پر کردن جزو چرخه استخراج و تولید نیست و تنها در زمان بازیابی پایه‌های اطراف کارگاه‌های استخراج شده و یا در محل‌هایی که باید از تخریب و نشست زمین جلوگیری کرد، مواد پرکننده (عمدتا سیمانی) به عنوان وسایل دایم کنترل زمین در کارگاه ریخته می‌شود.

ب- شرح کلی روش

اساس استخراج در این روش، چالزنی و آتشباری است. بر این اساس ترتیب عملیات استخراج و چرخه تولید شامل چالزنی، آتشباری، بارگیری و باربری است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

رده‌بندی روش‌های پر کردن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- آشنایی

روش‌های پر کردن بر اساس موارد زیر تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۳-۱):

- زمان اجرا
- نوع انرژی مصرفی
- نحوه جایگذاری و در ارتباط با نوع مواد پرکننده
- نحوه جایگذاری و ترکیب پرکننده
- توزیع دانه‌بندی
- نوع مواد مورد استفاده، فرآیند تهیه و حمل آن‌ها

جدول ۳-۱- تقسیم‌بندی روش‌های پر کردن

مبنای تقسیم‌بندی	روش پر کردن	توضیحات
زمان اجرا	چرخه‌ای[1]	عمدتا در روش‌کندن و آکندن به کار می‌رود.
	تاخیری[2]	عمدتا در روش‌های استخراج کارگاه باز کاربرد دارد.
نوع انرژی مصرفی	دستی	در معادن با ظرفیت تولید پایین کاربرد دارد.
	ثقلی	در لایه‌هایی با شیب بیشتر از ۴۲ درجه کاربرد دارد.
	مکانیکی	مناسب برای لایه‌های ضخیم و افقی است.
	پنوماتیکی	باید امکان تولید حجم زیادی از هوای فشرده وجود داشته باشد.
	هیدرولیکی	مواد باید برای حمل و نقل در خط لوله به حد کافی دانه ریز باشند.
	یکپارچه	روش اصلاح شده پر کردن
نحوه جایگذاری و نوع مواد پرکننده	متداول	- پر کردن خشک - پر کردن با هوای فشرده (پنوماتیکی) - پر کردن هیدرولیکی با پالپ رقیق - پر کردن متراکم[3]
	پر کردن ویژه	- پر کردن تبخیری - پر کردن انجمادی - پر کردن شبه‌سیمانی
بر اساس نحوه جایگذاری و ترکیب پرکننده	با سنگ	- بدون سیمان - با سیمان - تحکیم شده
	با ماسه	- با سیمان - بدون سیمان
	با باطله	- با سیمان - بدون سیمان
	مخلوط	-

1- Cyclic filling
2- Delayed filling
3- High density fill

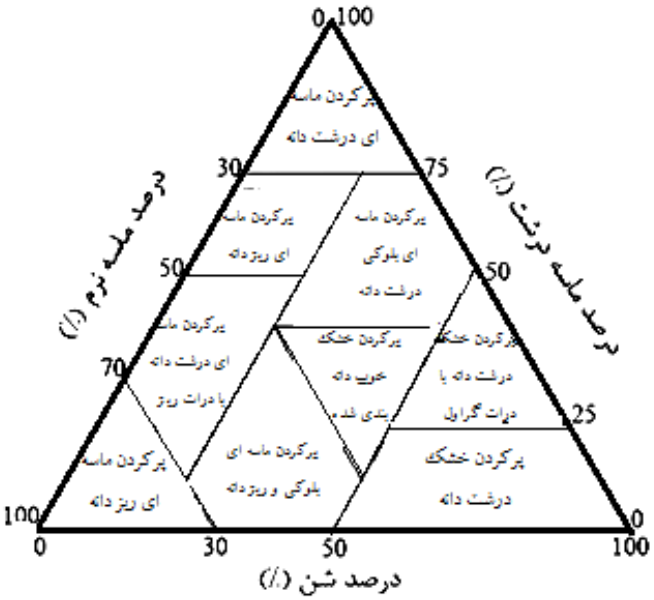
omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۳-۱- تقسیم‌بندی روش‌های پر کردن

مبنای تقسیم‌بندی	روش پر کردن	توضیحات
نوع مواد مورد استفاده و فرآیند تهیه و حمل آن‌ها	خشک	با سیمان و بدون سیمان
	هیدرولیکی	با سیمان و بدون سیمان
	خمیری	-
	دوغابی	-
	سیمانی[1]	-
	انجمادی	با استفاده از یخ
	سایر موارد	(نظیر مواد پرکننده با خاصیت شبه‌سیمانی)

۳-۲- تقسیم‌بندی بر اساس توزیع دانه‌بندی

روش‌های پر کردن بر اساس دانه‌بندی مطابق شکل ۳-۱ تقسیم‌بندی می‌شوند.



شکل ۳-۱ تقسیم‌بندی روش‌های پر کردن بر مبنای دانه‌بندی

در جدول ۳-۲ خواص ساختاری توده‌های پرکننده و در جدول ۳-۳ مقایسه بین روش‌های پر کردن دوغابی، خمیری و خشک ارایه شده است. با در نظر گرفتن شرایط و الزامات روش‌های استخراجی که به پر کردن نیاز دارند (فصل دوم) و نیز تقسیم‌بندی روش‌های رایج پر کردن، اولویت انتخاب روش پر کردن برای روش‌های مختلف استخراج در جدول ۳-۴ ارایه شده است.

omoorepeyman.ir

1- Cemented fill

جدول ۳-۲- خواص ساختاری متداول انواع توده‌های پرکننده

ردیف	نوع پرکننده	جرم مخصوص (کیلوگرم بر متر مکعب)	ماده چسباننده (درصد)	آب (درصد)	میزان آب آزاد (درصد)	مقاومت (مگاپاسکال)	ماکزیمم ارتفاع (متر)
۱	بتنی	۲۴۰۰	۱۱	۵	۰	۲۰	–
۲	خشک سیمانی	۱۹۰۰	۶ – ۵	۴/۵ – ۴	۰	۴ – ۲	۹۰
۳	خمیری	۲۰۰۰	۶ – ۳	۲۱ – ۸	۱۰ – ۰	۳ – ۰/۷	۶۰
۴	هیدرولیکی	۱۹۰۰	۸ – ۴	۳۵ – ۲۵	۱۵ – ۰	۰/۷ – ۰/۳	۴۵
۵	هیدرولیکی سیمانی	۱۸۰۰	۵ – ۳	۴۵ – ۳۵	۲۵ – ۵	۰/۴ – ۰/۲	۲۰
۶	انجمادی	۹۱۷	–	۱۰۰	۰	۱	–

جدول ۳-۳- مقایسه روش‌های اصلی پر کردن

ردیف	ویژگی پرکننده	روش پر کردن		
		دوغابی	خمیری	خشک
۱	ترکیب	۶۰ تا ۷۰ درصد مواد جامد	۷۵ تا ۸۶ درصد مواد جامد	خشک
۲	سیستم حمل و نقل زیرزمینی	گمانه‌ها، استفاده از نیروی ثقل یا پمپاژ	گمانه‌ها، خطوط لوله با استفاده از نیروی گرانی، می‌توان آن را پمپ کرد.	چاه‌ها و تجهیزات متحرک
۳	کاربرد مواد چسباننده	با یا بدون سیمان	با سیمان	با یا بدون سیمان
۴	نسبت آب به سیمان	زیاد	کم تا زیاد	کم
۵	مقاومت ماده چسباننده	مقاومت ماده چسباننده پایین	مقاومت ماده چسبنده زیاد تا کم	مقاومت ماده چسبنده زیاد
۶	ظرفیت اجرا (تن در ساعت)	۲۰۰–۱۰۰	۲۰۰–۵۰	۴۰۰–۱۰۰
۷	جدا شدن مصالح	نشت سیال و جدایش، باعث کاهش مقاومت می‌شود.	بدون جدایش	جدایش در قرارگیری و جابه‌جایی، باعث کاهش مقاومت و صلبیت می‌شود.
۸	صلبیت[1]	کم	کم تا زیاد	زیاد اگر درست به‌کار برده شود.
۹	تراکم توده پرکننده	نمی‌توان آن را متراکم کرد.	به آسانی متراکم می‌شود.	به سختی متراکم می‌شود.
۱۰	مقدار مواد چسباننده	زیاد	کم	متوسط
۱۱	قالب‌بندی	پرهزینه	کم هزینه	نیاز ندارد.
۱۲	آب اضافی	آب مصرف نشده خیلی زیاد	آب اضافی ناچیز	فاقد آب اضافی
۱۳	هزینه‌های زیرساخت	خیلی کم	بسیار بیشتر از دوغابی	متوسط
۱۴	هزینه‌های عملیاتی	هزینه‌های توزیع پایین، کمترین هزینه در صورت عدم استفاده از سیمان	کمترین هزینه برای پر کردن سیمانی	هزینه‌های عملیاتی بالا

جدول ۳-٤- اولویت‌بندی انتخاب روش پر کردن بر اساس روش استخراج

ردیف	روش استخراج	روش پیشنهادی		
		اولویت شماره یک	اولویت شماره دو	اولویت شماره سه
۱	کندن و آکندن بالارو	پر کردن خشک	پر کردن خمیری	پر کردن هیدرولیکی
۲	کندن و آکندن پایین رو	پر کردن سیمانی	–	–
۳	کندن و آکندن مکانیزه	پر کردن سیمانی	پر کردن خمیری	پر کردن خشک
۴	جبهه‌کار بلند	پر کردن خشک	پر کردن هیدرولیکی	پر کردن خمیری
۵	جبهه‌کار کوتاه	پر کردن خشک	پر کردن هیدرولیکی	پر کردن خمیری
۶	اتاق و پایه	پر کردن سیمانی	پر کردن خشک	پر کردن خمیری
۷	کارگاه و پایه	پر کردن سیمانی	پر کردن خشک	پر کردن خمیری
۸	کارگاه و پایه نواری	پر کردن سیمانی	پر کردن خشک	پر کردن خمیری
۹	استخراج از طبقات فرعی	پر کردن خشک	پر کردن هیدرولیکی	پر کردن خمیری

1- Stiffness

omoorepeyman.ir

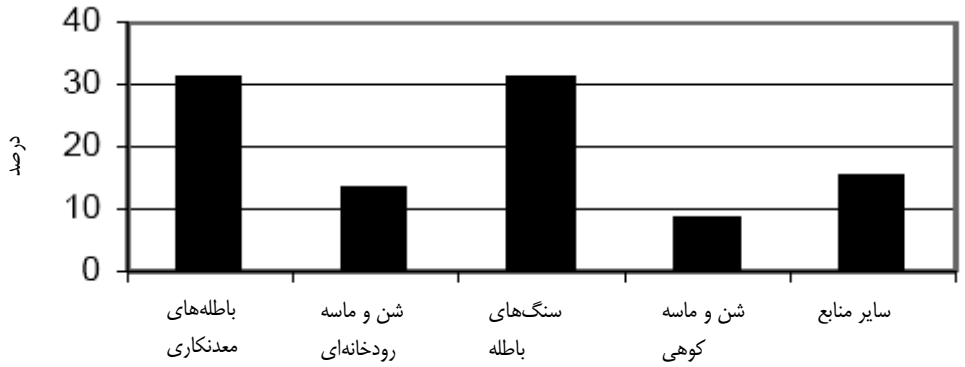
۳-۳- مصالح مورد استفاده در پر کردن

به دلیل حجم بالای مصرف مصالح در پر کردن فضاهای استخراجی این مصالح الزاما باید (به جز ماده چسباننده) نزدیکی محل معدن تامین شوند. اولین و مهم‌ترین ویژگی در انتخاب مصالح پرکننده، در دسترس بودن مصالح و نیز تعیین میزان ماده پرکننده مورد نیاز است. برای بهینه‌سازی پر کردن، قبل از هرگونه اقدامی برای انتخاب نوع پر کردن و مواد مورد مصرف در آن، لازم است تا هدف اصلی از پر کردن مشخص شود. بدیهی است مواد و مصالح پرکننده در کنار هم، باید تامین کننده ویژگی‌های مورد نیاز هدف از کاربرد باشند. منابع اولیه تهیه مصالح پر کردن در جدول ۳-۵ ارایه شده است.

جدول ۳-۵- منابع اولیه تهیه مصالح مورد نیاز برای پر کردن

ردیف	منابع اولیه تهیه مصالح مورد نیاز برای پر کردن
۱	معادن سنگ لاشه نزدیک به محل معدن
۲	سنگ‌های باطله مرحله آماده‌سازی معدن
۳	شن و ماسه رودخانه‌ای (نزدیک معدن)
۴	باطله‌های معادن روباز
۵	باطله‌های کارخانه‌های کانه‌آرایی
۶	سنگ‌های خرد شده نزدیک محدوده

در این میان، باطله‌های معادن، سنگ‌های باطله و سنگ لاشه نسبت به سایر مواد پرکننده کاربرد بیشتری دارند (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲- انواع منابع مواد پرکننده و درصد کاربرد آن‌ها

اگر نیاز به استفاده از پرکننده‌های سیمانی باشد، در کنار مصالح به آب و ماده چسباننده نظیر سیمان پرتلند نیاز است.

۳-٤- ظرفیت تولید

ظرفیت مواد پرکننده مورد نیاز از رابطه ۳-۱ محاسبه می‌شود:

$$P' = K \times P \times \frac{\gamma'}{\gamma} \qquad (۱-۳)$$

که در آن:

P وزن مواد معدنی استخراج شده (تن)

omoorepeyman.ir

γ وزن حجمی ماده معدنی (تن بر متر مکعب)

P' وزن مواد پرکننده مورد نیاز (تن)

γ' وزن حجمی مواد پرکننده (تن بر متر مکعب)

K ضریب پرکنندگی (۰/۳ تا ۰/۹۵) بر اساس سیستم‌های پر کردن

به عنوان مثال اگر قرار باشد برای یک کانسار زغال‌سنگ و یک کانسار فلزی با وزن مخصوص ۱/۳ و ۳ تن بر متر مکعب از یک ماده پرکننده سیمانی با ضریب پرکنندگی ۰/۹ و وزن مخصوص ۲ تن بر متر مکعب استفاده شود، میزان مواد پرکننده مورد نیاز به ترتیب برابر خواهد بود با:

$$P' = \frac{2.0}{1.3} \times 0.9 \times P = 1.4P$$

$$P' = \frac{2.0}{3.0} \times 0.9 \times P = 0.6P$$

بدین ترتیب میزان ماده پرکننده مورد نیاز در یک معدن زغال‌سنگ ۱/۴ برابر میزان تولید زغال‌سنگ در آن معدن است.

۳-۵- پتانسیل تولید مصالح

به منظور جلوگیری از تاخیر در چرخه معدنکاری، باید در مرحله طراحی معدن اقدامات مورد نیاز برای تامین به موقع مصالح پیش‌بینی شود. بر این اساس منابع موجود در محل معدن شناسایی می‌شود و پس از انجام آزمایش‌های لازم، اقدامات مناسب برای تولید و انباشت این مصالح، مانند احداث و مرمت جاده دسترسی، انتخاب ماشین‌آلات و نظایر آن انجام می‌گیرد.

۳-۶- ویژگی‌های مواد مورد استفاده در پر کردن

مهم‌ترین مواد مورد استفاده به عنوان اجزای اصلی مواد پرکننده در جدول ۳-۶ ارایه شده است.

جدول ۳-۶- اجزای اصلی مواد پرکننده

مواد مورد استفاده در پر کردن	مهم‌ترین پارامترها	توضیحات
آب	–	
مواد چسباننده	خاکستر	
	سرباره‌های کوره ذوب	
	سیمان پرتلند	
سنگ‌دانه‌ها (مصالح سنگی)	انواع سنگ‌دانه	طبیعی و شکسته

ترکیب مهم‌ترین مواد چسباننده که در پر کردن معادن به کار می‌روند در جدول ۳-۷ ارایه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۷- درصد و میزان اجزای تشکیل دهنده مهم‌ترین مواد چسباننده به کار برده شده در پر کردن

ردیف	ترکیب شیمیایی اصلی	مقدار در ماده چسباننده (درصد)					
		سیمان پرتلند	سرباره	خاکستر	سیلیکا فوم	سنگ‌های آذرین اسیدی	خاکستر سودا شیشه‌ای
۱	SiO_2	۲۱/۴	۳۵	۳۵ تا ۵۰	۹۰	۶۵/۷	۷۲
۲	Al_2O_3	۳/۷۴	۸	۲۰ تا ۲۵	۲	۱۵/۹	۲
۳	Fe_2O_3	۲/۷۹	۰	۵ تا ۱۰	۲	۲/۵	۱
۴	CaO	۶۳/۸	۴۰	۱ تا ۲۰	۰	۳/۴	۱۰

۳-۷- دانه‌بندی مصالح مصرفی

در توده‌های پرکننده سیمانی، توزیع اندازه ذرات مصالح، پارامتر بسیار مهمی در تعیین مقاومت و خصوصیات جایگذاری توده است. عدم انتخاب صحیح درصد هر یک از ذرات منجر به تولید یک توده پرکننده با تخلخل (نسبت پوکی) بالا می‌شود و این امر باعث پایین آمدن جرم مخصوص توده پرکننده و نهایتا کاهش مقاومت و مدول الاستیسیته توده خواهد شد. پدیده جداشدگی در توده‌های پرکننده با جرم مخصوص پایین هنگام جایگذاری بسیار رایج است. ضمنا این گونه توده‌ها در مقابل بارهای وارده مقاومت بسیار پایینی از خود نشان می‌دهند.

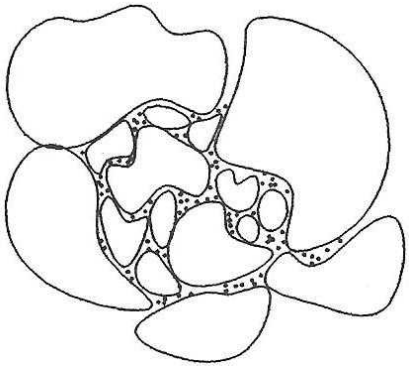
معمولا دانه‌ها بر اساس اندازه نامگذاری و به رده‌های شن، ماسه، لای و رس تقسیم‌بندی می‌شوند. برای تشریح هر یک از ذرات، سازمان‌های مختلف حدود جداکننده اندازه دانه‌ها را پیشنهاد داده‌اند (جدول ۳-۸). مطابق استاندارد ملی ایران به مصالح مانده بر روی الک ۴/۷۵ مش (ASTM)، درشت دانه و یا شن و به مصالح رد شده از الک ۴/۷۵ مش، ماسه گفته می‌شود.

جدول ۳-۸- محدوده ابعادی دانه‌ها در استانداردهای مختلف

ردیف	نام سیستم طبقه‌بندی	اندازه دانه‌ها (میلی‌متر)							
		تخته سنگ	شن	ماسه				لای	رس
				خیلی درشت	درشت	متوسط	ریز		
۱	انستیتو تکنولوژیِ ماساچوست (MIT)		شن >۲		۰/۶-۲	۰/۲-۰/۶	۰/۰۶-۰/۲	۰/۰۰۲-۰/۰۶	<۰/۰۰۲
۲	سازمان کشاورزی آمریکا		شن >۲	۱-۲	۰/۵-۱	۰/۲۵-۰/۵	۰/۰۵-۰/۲۵	۰/۰۰۲-۰/۰۵	<۰/۰۰۲
۳	ASTM:D422-63		۲-۷۶/۲		۰/۴۲-۲		۰/۰۷۴-۰/۴۲	۰/۰۰۵-۰/۰۷۴	<۰/۰۰۵
۴	اداره مهندسی ارتش آمریکا	قلوه‌سنگ >۷۶/۲ شن درشت ۷۶/۲-۱۹/۰۵ شن ریز ۱۹/۰۵-۴/۷۶			۲-۴/۷۶	۰/۴۲-۲	۰/۰۷۴-۰/۴۲	۰/۰۰۲-۰/۰۷۴	<۰/۰۰۲
۵	سیستم طبقه‌بندی آشتو		۲-۷۶/۲		۰/۴۲-۲		۰/۰۷۵-۰/۴۲	۰/۰۰۲-۰/۰۷۵	<۰/۰۰۲
۶	سیستم طبقه‌بندی سازمان ملل متحد		۷۶/۲- ۴/۷۵	۰/۰۷۵-۴/۷۵				<۰/۰۷۵ ریزدانه	
۷	دانشگاه مک‌گیل	تخته‌سنگ >۱۱۴/۳ قلوه‌سنگ ۱۱۴/۳-۴۴/۶۷ شن درشت ۴۴/۶۷-۱۴/۱۳ شن ریز ۱۴/۱۳-۴/۷۶			۲-۴/۷۶	۰/۴۲-۲	۰/۰۵-۰/۴۲	<۰/۰۵	
۸	انجمن بین‌المللی مکانیک خاک		شن ۲<		۰/۲-۲		۰/۰۲-۰/۲	-۰/۰۲ ۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲

omoorepeyman.ir

دانه‌بندی، تعیین محدوده ابعادی و توزیع وزنی ذرات است و معمولا بر حسب درصدی از وزن خشک بیان می‌شود. دانه‌بندی مصالح باید به نحوی باشد که فضای خالی بین سنگ‌دانه‌ها حداقل باشد. در این حالت وزن مخصوص توده به حداکثر می‌رسد. منظور از دانه‌بندی مناسب، انتخاب درصدی مناسب از همه ابعاد سنگ‌دانه است، به طوری که سنگ‌دانه‌های ریزتر فضای خالی بین سنگ‌دانه‌های درشت‌تر را پر کنند تا این فضاها (تخلخل) در بین سنگ‌دانه‌ها به حداقل برسد (شکل ۳-۳).



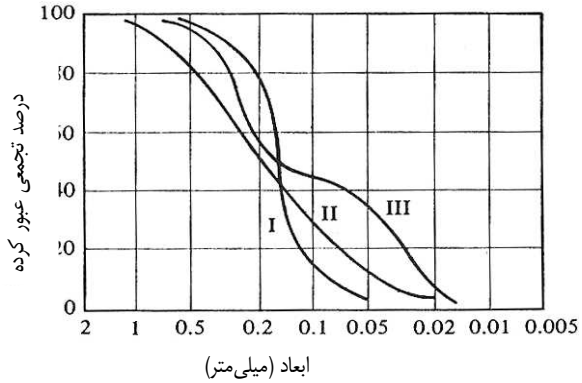
شکل ۳-۳- قرار گرفتن سنگ‌دانه‌های ریز و درشت در کنار یکدیگر و کاهش تخلخل

در توده‌های پرکننده سیمانی، انتخاب دانه‌بندی مناسب باعث کاهش مصرف سیمان می‌شود. دو روش برای تعیین دانه‌بندی مصالح به شرح زیر وجود دارد که عبارتند از:

- آزمایش دانه‌بندی
- آزمایش هیدرومتری

بر اساس منحنی دانه‌بندی، مصالح به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- مصالح با دانه‌بندی نامناسب[1]: اکثر دانه‌های مصالح دارای اندازه یکسانی هستند (نمودار I در شکل ۳-۴).
- مصالح با دانه‌بندی مناسب[2]: اندازه ذرات مصالح در دامنه وسیعی توزیع شده‌اند (نمودار II در شکل ۳-۴).
- مصالح با دانه‌بندی ناپیوسته[3]: این مصالح شامل دو یا چند نوع مصالح با دانه‌بندی یکنواخت است (نمودار III در شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- انواع مختلف منحنی دانه‌بندی

1- Poorly graded
2- Well graded
3- Gap graded

omoorepeyman.ir

با استفاده از منحنی دانه‌بندی سه پارامتر پایه اندازه موثر، ضریب یکنواختی [۱] و ضریب دانه‌بندی [۲] تعیین می‌شوند.

قطری که در روی منحنی دانه‌بندی مربوط به درصد عبوری ۱۰ است، اندازه موثر نامیده و با D_{10} نمایش داده می‌شود. ضریب یکنواختی مطابق رابطه ۳-۲ تعیین می‌شود:

$$C_u = D_{60} \Big/ D_{10} \qquad (۳-۲)$$

که در آن:

C_u ضریب یکنواختی

D_{60} قطر مربوط به ۶۰ درصد عبور کرده

ضریب دانه‌بندی مطابق رابطه ۳-۳ تعریف می‌شود:

$$C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \qquad (۳-۳)$$

که در آن:

C_c ضریب دانه‌بندی

D_{30} قطر مربوط به ۳۰ درصد عبور کرده

مصالح با دانه‌بندی مناسب ضریب یکنواختی بین ۴ تا ۶ و ضریب دانه‌بندی ۱ تا ۳ دارند. مصالح سنگی به کار برده شده برای توده‌های پرکننده باید C_u بزرگتر از چهار و C_c بزرگتر از یک را داشته باشند.

۳-۸- طرح اختلاط

منظور از طرح اختلاط، تعیین نسبت هر یک از اجزای توده‌های پرکننده سیمانی است به نحوی که توده سیمانی تولید شده تا حد امکان مقرون به صرفه باشد و الزامات مورد نیاز از قبیل مقاومت فشاری، کارآیی و دوام، مطابق مشخصات فنی مورد نظر را تامین کند. معمولا تعیین این نسبت‌ها بر اساس روابط تجربی انجام می‌شود.

طرح اختلاط تنها در مورد پرکننده‌های سیمانی بررسی می‌شود. از آنجا که هیچ استاندارد مدونی در زمینه طراحی طرح اختلاط این قبیل توده‌ها وجود ندارد، به دلیل تشابه بسیار زیاد توده‌های پرکننده سیمانی با بتن توصیه می‌شود از استانداردهای اختلاط بتن استفاده شود.

بر اساس استانداردهای معتبر از قبیل استاندارد ACI [۳]، BS [۴] روش‌های مختلفی برای تعیین طرح اختلاط بتن وجود دارد، ولی از آنجا که مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن طی نشریه شماره ض – ۴۷۹، بر اساس استاندارد سنگ‌دانه‌های بتن (استاندارد ملی ایران ۳۰۲)، آیین‌نامه بتن ایران و همچنین ویژگی‌های سیمان پرتلند (استاندارد ملی ایران ۲۸۹)، اقدام به ارایه روش ملی طرح اختلاط بتن کرده است بنابراین برای تعیین طرح اختلاط توده‌های پرکننده سیمانی استفاده از این استاندارد الزامی است.

1- Uniformity coefficient
2- Coefficient of gradation
3- American Concrete Institute
4- British Standards

omoorepeyman.ir

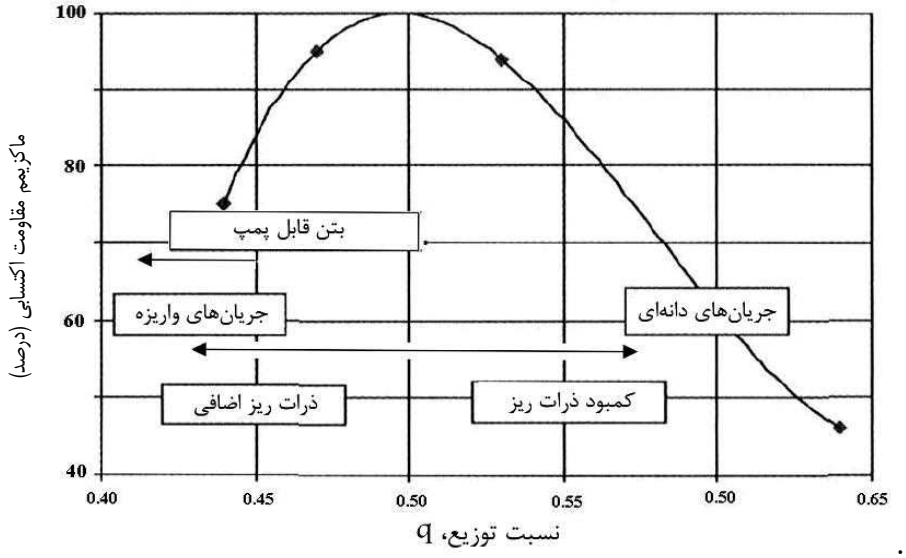
۳-۸-۱- درصد اختلاط

برای تعیین طرح اختلاط توده‌های پرکننده سیمانی، درصد اختلاط نقش تعیین‌کننده‌ای دارد (جدول ۳-۹).

جدول۳-۹- درصد اجزای مورد استفاده در طرح اختلاط

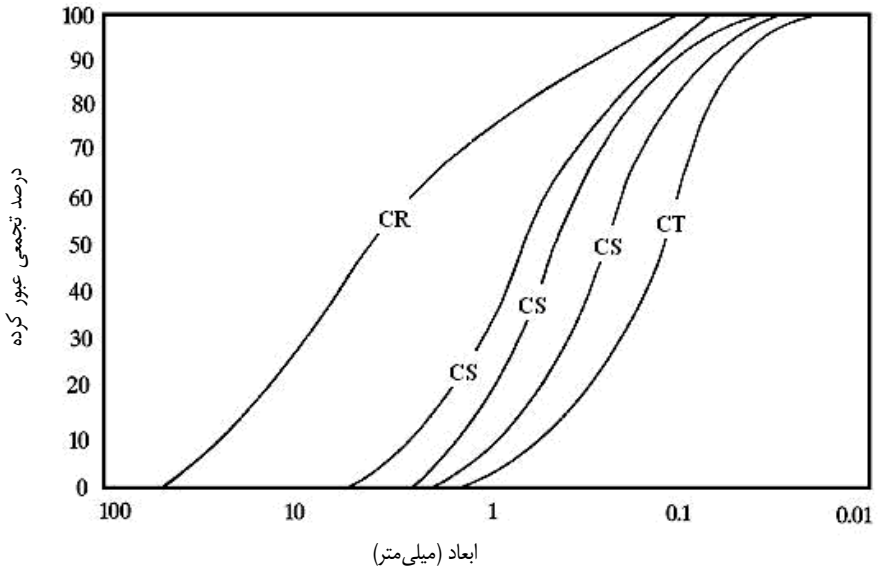
اجزا (درصد)	توضیحات
سیمان	برای کاهش هزینه‌ها باید از سیمان استفاده بهینه شود.
آب	- سیمان در مجاورت آب شروع به فعل و انفعالات می‌کند. - آب سطح جانبی دانه‌ها را تر می‌کند. - سیالیت مورد نیاز را تامین می‌کند.
مصالح سنگی	$P(u)=100\cdot\left(u/u_{max}\right)\cdot q$ که در آن: $P(u)$ درصد وزنی ذرات عبوری از سرند u u_{max} ماکزیمم بعد ذرات q عدد ثابت (شکل ۳-۵)

شکل ۳-۵ تغییرات خواص پرشدگی سیمان در بین سنگدانه‌ها را در برابر تغییرات درصد تجمعی عبور کرده نشان می‌دهد. شکل ۳-۶ تاثیر اندازه و شکل ذرات در تخلخل را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵- تعیین نسبت توزیع q بر اساس مقاومت اکتسابی

omoorepeyman.ir



شکل ۳-٦- نمودار دانه‌بندی انواع توده‌های پرکننده، سنگدانه با سیمان (CR)، ماسه با سیمان (CS) و با باطله (CT)

۳-۹- ویژگی‌های مواد پرکننده

مهم‌ترین خواص مواد پرکننده در جدول ۳-۱۰ ارایه شده است.

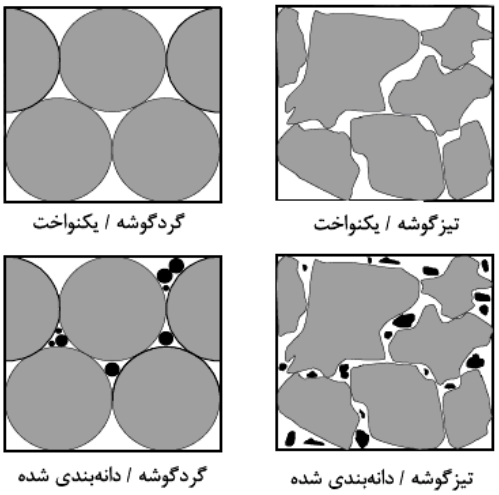
جدول ۳-۱۰- مهم‌ترین خواص مواد پرکننده

ویژگی	انواع	توضیحات
خواص فیزیکی	تخلخل	در شکل۳-۷ تاثیر مستقیم اندازه و شکل ذرات بر روی تخلخل مجموعه نشان داده شده است
	جرم مخصوص	جرم مخصوص آزمایشگاهی اغلب توده‌های پرکننده تابعی از نحوه اجرای سیستم پر کردن است.
خواص مکانیکی	مقاومت فشاری تک محوره	مقاومت مورد نیاز توده‌های پرکننده تابعی از روش استخراج و هندسه کارگاه (ارتفاع، عرض و نظایر آن‌ها) است.
	مدول الاستیسیته	مدول الاستیسیته برای پرکننده‌های خشک بسیار بزرگتر از پرکننده‌های هیدرولیکی و خمیری است.
	زاویه اصطکاک داخلی	شکل ذرات و درصد تراکم تاثیر بسیار زیادی بر روی زاویه اصطکاک داخلی توده‌های پرکننده دارد (جدول ۳-۱۱).
	چسبندگی	مقادیر مختلف چسبندگی توده‌های پرکننده به ازای مقادیر مختلف سیمان و زمان عمل‌آوری متفاوت است (جدول ۳-۱۲).
	مقاومت برشی	$\tau = C + \sigma_{nx} tan\varphi$ که در آن: C چسبندگی توده پرکننده (کیلوپاسکال) τ مقاومت برشی توده پرکننده (کیلوپاسکال) σ_n تنش عمودی موثر بر صفحه شکست (کیلوپاسکال) φ زاویه اصطکاک داخلی توده‌های پرکننده سیمانی
	مقاومت کششی	مقاومت کششی توده‌های پرکننده خمیری ($f_{co} < 400KPa$) با استفاده از رابطه زیر تخمین زده می‌شود: $f_t = 0.02 \cdot (f_{co})^{1.39}$ که در آن: f_t مقاومت کششی تک محوره (کیلوپاسکال) f_{co} مقاومت فشاری تک محوره (کیلوپاسکال)

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۳-۱۰- مهم‌ترین خواص مواد پرکننده

ویژگی	انواع	توضیحات
عوامل اجرایی	نفوذپذیری و آهنگ تراوش	حدود ۱۰ سانتی‌متر بر ساعت
	زمان سفت شدن	زمان گیرش اولیه توده‌های پرکننده سیمانی بین ۱ تا ۲ ساعت است.



شکل ۳-۷- تاثیر اندازه و شکل ذرات بر تخلخل و حجم حفرات

جدول ۳-۱۱- تاثیر شکل و درصد تراکم بر زاویه اصطکاک داخلی

ردیف	شکل و اندازه	زاویه اصطکاک (درجه)	
		تراکم ضعیف	تراکم خوب
۱	گردگوشه / یکنواخت	۳۰	۳۷
۲	گردگوشه / با دانه‌بندی مناسب	۳۴	۴۰
۳	تیزگوشه / یکنواخت	۳۵	۴۳
۴	تیزگوشه / با دانه‌بندی مناسب	۳۹	۴۵

جدول ۳-۱۲- چسبندگی توده‌های پرکننده سیمانی

ردیف	سیمان (درصد)	زمان عمل‌آوری (روز)	تعداد نمونه مورد آزمایش	چسبندگی (مگاپاسکال)
۱	۰	۲۰۵	۱۱	۰/۰۳
۲	۴	۷	۲۲	۰/۱۳
		۲۸	۲۳	۰/۱۵
۳	۸	۷	۲۴	۰/۲۴
		۲۸	۲۴	۰/۳۱
٤	۱۶	۷	۲۴	۱/۰۲
		۲۸	۲۴	۱/۴۶

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۴

آماده‌سازی کارگاه استخراج

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٤-١- آشنایی

آماده‌سازی کارگاه استخراج برای پر کردن به فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که طی آن کارگاه استخراج شرایط لازم برای انباشتن مواد پرکننده را پیدا می‌کند. حجم و نوع آماده‌سازی‌ها به نوع ماده پرکننده (خشک، خمیری و یا سیمانی)، روش پر کردن از جنبه حمل و جایگذاری، روش استخراج و هندسه کارگاه بستگی دارد.

مهم‌ترین فعالیت‌های لازم برای آماده‌سازی کارگاه‌ها عبارتند از:

- نصب سیستم‌های زهکش و جمع‌آوری آب‌های اضافی
- نصب تجهیزات حمل مواد پرکننده به داخل کارگاه از قبیل لوله‌ها در روش پر کردن هیدرولیکی
- قالب‌بندی

فعالیت‌های یاد شده، بسته به نوع مواد پرکننده (تر یا خشک) و یا روش حمل و اجرای خاکریز (هیدرولیکی، پنوماتیکی و نظایر آن‌ها) متفاوت است. در پر کردن خشک، نیازی به استفاده از سیستم‌های زهکش نیست و یا قالب‌بندی مورد نیاز در پر کردن سیمانی با سایر روش‌ها و مواد پرکننده تفاوت اساسی دارد.

در روش‌های استخراجی که پر کردن جزو چرخه معدنکاری است، علاوه بر آماده‌سازی اولیه، تنظیمات و نگهداری‌های دوره‌ای حین اجرا نیز جزو ملزومات کار است ولی در پر کردن‌های تاخیری، کارگاه یک بار آماده‌سازی می‌شود و بعد از اجرای پر کردن، سیستم آماده‌سازی جمع‌آوری می‌شود.

٤-٢- نصب سیستم‌های زهکش

یکی از روش‌های انتقال مواد پرکننده به داخل کارگاه‌های استخراج، انتقال هیدرولیکی مواد پرکننده است. معمولا همراه توده‌های پرکننده سیمانی، مقداری آب اضافی، برای افزایش کارآیی توده، وجود دارد بنابراین پر کردن یکی از عوامل ورود آب به داخل معادن است. این آب‌ها باید به هر نحو ممکن از داخل کارگاه خارج شوند.

وجود آب تحت فشار در داخل توده‌های پرکننده جایگذاری شده در کارگاه استخراج، باعث اعمال فشار هیدروستاتیکی مضاعف به قالب‌های نصب شده می‌شود و خطراتی از قبیل فروپاشی قالب را به همراه دارد.

با توجه به قرارگیری بیشتر معادن در مناطق خشک و کم آب و همچنین حجم آب زیاد مورد نیاز برای پر کردن به ویژه در پر کردن هیدرولیکی، لازم است تا به هر نحو ممکن آب‌های اضافی از کارگاه جمع‌آوری و پس از تصفیه و ته‌نشینی ذرات جامد ریز، مجددا از آن‌ها استفاده شده و دوباره وارد چرخه معدنکاری شوند.

با توجه به موارد یاد شده، یکی از مهم‌ترین تمهیدات در فرآیند آماده‌سازی کارگاه‌های پر شونده، به ویژه کارگاه‌هایی که با روش پر کردن هیدرولیکی در مرحله اول و پر کردن سیمانی و خمیری در مرحله دوم پر می‌شوند، نصب سیستم زهکش، جمع‌آوری و انتقال آب است. مهم‌ترین اجزای سیستم زهکش در یک کارگاه استخراج عبارتند از:

- لوله‌های زهکش
- کانال‌های انتقال
- حوضچه‌های جمع‌آوری

omoorepeyman.ir

- پمپ‌های انتقال آب به سطح زمین
- لوله‌ها و تجهیزات انتقال آب به سطح زمین

لوله‌های زهکش باید از جنس پلی‌اتیلن و یا آهن گالوانیزه و قطرشان در محدوده ۹۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر باشد. برای هدایت آب‌های درون توده به داخل این لوله‌ها معمولا آن‌ها را به صورت مشبک در می‌آورند. در بیشتر معادن برای جمع‌آوری آب‌های زیرزمینی، در ترازهای مختلف از حوضچه‌ها استفاده می‌شود و بنابراین برای جمع‌آوری آب‌های حاصل از پر کردن کارگاه‌ها، نیازی به احداث حوضچه‌های جداگانه نیست.

٤-۳- قالب‌بندی

قالب، سازه موقتی است که از آن برای شکل دادن و نگه داشتن توده پرکننده در مدت زمان جایگذاری و دوره‌ای که توده پرکننده به ویژه توده‌های سیمانی، در حال مقاوم شدن هستند، استفاده می‌شود. قالب‌بندی مجموعه‌ای است که برای نگهداری توده پرکننده در شکل مورد نظر به کار می‌رود و شامل رویه و بدنه قالب، پشت‌بندها، کلاف‌ها، چپ و راست‌ها، پایه‌های قائم و کمرکش‌های افقی است. در کارگاه‌های استخراج، ماده معدنی با کمربالا و کمرپایین احاطه شده است بنابراین در عمل بخش عمده‌ای از کارگاه استخراج به قالب‌بندی نیاز ندارد، یا قالب‌بندی پیچیده‌ای مورد نیاز نیست. قالب‌بندی تاثیر بسیار زیادی بر هزینه، زمان و کیفیت پر کردن دارد. بنابراین ساخت و اجرای یک سیستم قالب‌بندی خوب، اهمیتی هم پایه با اجرای توده‌های پرکننده به ویژه توده‌های پرکننده سیمانی دارد.

٤-۳-۱- محل‌های مورد نیاز قالب‌بندی

شناخت محل یا محل‌هایی که باید قالب‌بندی شوند، یکی از ضروریات اجرای صحیح قالب‌بندی است. به دلیل تنوع قالب‌ها و نیز شرایط انحصاری که ممکن است در یک پروژه خاص وجود داشته باشد، شناخت این محل‌ها کمک قابل توجهی به انتخاب مناسب قالب می‌کند. انتخاب نقاط مورد نیاز برای قالب‌بندی ارتباط مستقیمی با روش استخراج دارد.

در روش استخراج کندن و آکندن بالارو، مهم‌ترین دلیل قالب‌بندی کارگاهای استخراج، جلوگیری از فرار مواد پرکننده از کارگاه و پرهیز از مسدود شدن دویل‌های موجود در کارگاه استخراج است. از این رو در این روش، دهانه دویل‌های تخلیه مواد کنده شده، دویل‌های تهویه و عبور و مرور افراد به داخل کارگاه استخراج قالب‌بندی می‌شوند. در صورتی که از ماشین‌آلات مکانیزه برای استخراج استفاده می‌شود و برای تردد آن‌ها به داخل کارگاه استخراج از رمپ‌های احداث شده، استفاده می‌کنند، دهانه ورودی این رمپ‌ها در زمان پر کردن باید مسدود شوند. در روش استخراج کندن و آکندن پایین‌رو، مهم‌ترین دلیل قالب‌بندی احداث سقف کارگاه استخراج است. از این رو قالب‌بندی مشابه قالب‌بندی سقف ساختمان‌ها است. همچنین در این روش دهانه دویل‌های تهویه، تردد افراد و تخلیه مواد نیز باید قالب‌بندی شوند.

در روش‌های استخراج جبهه‌کار بلند و کوتاه، از مواد پرکننده برای جلوگیری از تخریب سقف در قسمت انتهای کارگاه استفاده می‌شود. در این روش‌ها، مواد پرکننده تا دهانه کارگاه در تونل دنبال‌رو طبقه بالا حمل شده و از آنجا با یکی از روش‌های دستی،

omoorepeyman.ir

ثقلی، هوای فشرده و هیدرولیکی، به قسمت انتهای کارگاه منتقل می‌شود. از این رو در یک کارگاه استخراج جبهه‌کار کوتاه یا بلند، قسمت‌های زیر باید قالب‌بندی شوند:

- انتهای کارگاه حد فاصل تونل دنبال‌رو طبقه پایین و کارگاه استخراج
- مرز بین قسمت انتهایی کارگاه و آخرین ردیف سیستم نگهداری نصب شده در کارگاه

در روش استخراج اتاق و پایه و کارگاه و پایه، از مواد پرکننده در مرحله بازیابی پایه‌ها استفاده می‌شود. بدین ترتیب که ابتدا حد فاصل پایه‌های باقی‌مانده، قالب‌بندی (به شکل ستون‌های دایره‌ای، گرد و نامنظم) شده و ستون‌هایی از مواد پرکننده در محل اتاق‌ها و در مجاورت پایه‌ها جایگذاری می‌شود و سپس پایه‌ها بازیابی می‌شوند.

٤-۳-۲- انواع قالب‌ها

قالب‌ها را از جنبه‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌کنند. از نظر جنس ماده مورد استفاده، قالب‌ها به انواع چوبی، بتنی و فلزی تقسیم‌بندی می‌شوند. قالب‌های چوبی فشارهای توده پرکننده را تا حدود ۲۰۰ کیلوپاسکال تحمل می‌کنند. عملیات نصب این قالب‌ها نسبت به انواع دیگر ساده‌تر و سریع‌تر است. در این قالب‌ها نسبت تغییر شکل به بار اعمالی بیش از قالب‌های فولادی و بتنی است. این قالب‌ها نسبت به سایر قالب‌ها هزینه اولیه ارزان‌تری دارند. در مقابل این مزایا، چوب ماده‌ای قابل اشتعال است و این امر در محیط معدن به دلیل وجود عوامل مختلف اشتعال‌زا از محدودیت‌های این قالب‌ها شمرده می‌شود. قالب‌های بتنی و سیمانی برای مقاومت در برابر فشار وارد از جانب توده پرکننده تا حدود ۲۷۵۰ کیلوپاسکال مناسب‌اند. این قالب‌ها نسبت به جنس چوبی آن گران‌تر بوده و قبل از قرار گرفتن در معرض بار و تحمل آن به یک دوره عمل‌آوری ۲۸ روزه نیاز دارند. به دلیل هزینه تولید زیاد، از این قالب‌ها در شرایط ویژه استفاده می‌شود.

٤-۳-۳- شرایط قالب‌بندی توده‌های پرکننده سیمانی

نکات کلی مورد نیاز قالب‌بندی توده‌های پرکننده سیمانی به شرح زیر است:

الف- ملاحظات کلی

- در کلیه حالاتی که توده سیمانی باید محدود و محصور و یا شکل داده شود باید از قالب استفاده کرد.
- قالب‌بندی باید شکل مورد نظر طبق اندازه‌های تعیین شده در نقشه‌ها را با کیفیت و محدودیت‌های تعیین شده تامین کند.
- قالب‌ها باید طوری طراحی شود که ریختن و ارتعاش صحیح توده سیمانی ممکن باشد.
- به دلیل جلوگیری از ایجاد ترک در سطح توده، قالب نباید جلوی انقباض آن را بگیرد.
- قالب‌ها و متعلقات آن باید به هنگام جایگذاری توده، قبل و بعد از آن و در زمان ارتعاش، صلب و محکم و در وضعیت صحیح و مطابق نقشه‌ها قرار گرفته باشد.
- قالب‌بندی، باید توده را در برابر صدمات مکانیکی حفظ کند.
- قالب‌بندی باید در برابر سرما و گرمای محیط عایق مناسبی باشد.
- در قالب‌بندی، علاوه بر ایمنی کارکنان قالب‌بند، باید ایمنی کارکنان دیگری را که برای اجرای کار خود از سکوها و سایر اجزای قالب‌بندی استفاده می‌کنند، نیز در نظر گرفت.

omoorepeyman.ir

- سطح تماس قالب با توده سیمانی باید کاملا تمیز و عاری از مواد چسبنده به آن و همچون میخ‌های بیرون زده از سطح قالب، خرده چوب، گرد و غبار و نظایر آن‌ها باشد.

ب- ملاحظات اجرایی

- در ساخت و برپایی قالب باید اصول صحیح فنی و جزییات تعیین شده در نقشه‌ها و طراحی قالب رعایت شود.
- میخ‌کوبی، پیچ‌کاری و اتصالات کافی باید پیش‌بینی شود.
- مهاربندی جانبی مناسب و کافی باید در نظر گرفته شود.
- کنترل سرعت جایگذاری توده با توجه به پارامترهای طراحی قالب به صورت مداوم انجام شود.
- بست‌ها و یراق‌آلات قالب باید به صورت هم‌آهنگ و کافی، سفت و محکم شوند.
- در قالب‌بندی سقف در روش کندن و آکندن پایین‌رو، برای شمع‌ها سطح اتکای کافی در نظر گرفته شود.
- قالب‌بندی را باید طوری طراحی و اجرا کرد که برای جبران جمع‌شدگی و نشست آن، امکان تنظیم قائم وجود داشته باشد.

پ- نکات ایمنی

- در طرح و اجرای قالب‌بندی، تمامی آیین‌نامه‌ها و مقررات ایمنی جاری معدن باید رعایت شود.
- برای دور نگه داشتن افراد غیرمجاز از منطقه برپایی قالب، جایگذاری توده سیمانی یا قالب‌برداری، باید علایم و موانع ایمنی نصب شود.
- برای اطمینان از تشخیص سریع و زودرس جابه‌جایی احتمالی یا شکست قالب‌بندی، باید از سرکارگران مجرب قالب‌بندی استفاده شود.
- برای شرایط اضطراری باید مصالح و تجهیزاتی از قبیل شمع‌های اضافی و مانند آن‌ها در دسترس باشد.
- در محل قالب‌بندی باید روشنایی کافی تامین شود.
- در طرح قالب‌بندی باید داربست‌ها، سکوهای کار و نرده‌های ایمنی در نظر گرفته شوند.
- برای بازرسی کارگاهی از نظر ایمنی قالب‌بندی، باید برنامه‌ریزی شود و برنامه مدونی در این زمینه وجود داشته باشد.
- در طراحی یا انتخاب وسایل جابه‌جایی و استفاده از آن‌ها باید ایمنی کامل برای افراد و تجهیزات تامین شود.
- قالب‌ها باید پیش از نصب بازرسی و کنترل شود تا از انطباق ابعاد و موقعیت صحیح قالب‌ها نسبت به نقشه‌ها و همچنین کیفیت آن‌ها اطمینان حاصل شود.
- در موارد بسیار مهم مثل سقف کارگاه‌های استخراج در روش کندن و آکندن پایین‌رو، باید فهرست کنترلی شامل کلیه مواردی که لازم است بازرسی شود، تنظیم و به وسیله کارشناس مربوطه کنترل و امضا شود.

ت- قالب‌برداری

- در طراحی قالب‌بندی باید معیارهای برداشتن قالب برای قسمت‌های مختلف قالب‌بندی از جمله حداقل مقاومت توده سیمانی تعیین شود. برای مقایسه مقاومت توده سیمانی در هنگام برداشتن قالب با مقاومت مورد نظر می‌توان از نتایج آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های عمل آمده آزمایشگاهی، استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

- حداقل زمان لازم پس از جایگذاری توده سیمانی برای برداشتن قالب با توجه به شرایط محیطی و طرح اختلاط و سایر عوامل تعیین می‌شود. زمان‌های مندرج در جدول ۴-۱ به عنوان مبنایی برای برچیدن قالب‌ها توصیه می‌شود.
- ترتیب برداشتن شمع‌ها و قالب‌ها باید به گونه‌ای باشد که موجب تغییر شکل خمشی یا تابیدگی اضافی و یا وارد آوردن آسیب دیگری به توده پرکننده نشود.

جدول ٤-١- حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری

نوع قالب‌بندی		زمان	دمای مجاور سطح توده سیمانی (درجه سانتی‌گراد)			
			۲٤ و بیشتر	١٦	٨	٠
قالب‌های قائم		ساعت	۹	۱۲	۱۸	۳۰
دال‌ها	قالب زیرین	شبانه‌روز	۳	۴	۶	۱۰
	پایه‌های اطمینان	شبانه‌روز	۷	۱۰	۱۵	۲۵
تیرها	پایه‌های زیرین	شبانه‌روز	۷	۱۰	۱۵	۲۵
	پایه‌های اطمینان	شبانه‌روز	۱۰	۱۴	۲۱	۳۶

- در صورتی که توده سیمانی با سیمان پرتلند معمولی یا ضد سولفات تهیه شده باشد، ارقام مندرج در جدول معتبرند.
- در صورتی که ضمن سخت شدن توده، دمای محیط به کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یابد، زمان‌های مندرج در جدول ۵-۱ را باید به تناسب و حداقل به اندازه مدت یخبندان افزایش داد.
- در صورت استفاده از سیمان با مقاومت زودگیر، می‌توان زمان‌های داده شده را کاهش داد.
- در صورت استفاده از مواد کندکننده، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.
- پس از قالب‌برداری سطوح قائم، باید بلافاصله عمل آوردن توده به روش مناسب برای محافظت آن در برابر گرما یا سرمای محیط شروع شود.
- برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها در مدتی کمتر از زمان‌های داده شده در جدول ۵-۱ فقط به شرط آزمایش قبلی میسر است. در صورتی که آزمایش نمونه‌های نگهداری شده در آزمایشگاه حاکی از دستیابی مقاومت توده به حداقل هفتاد درصد مقاومت مشخصه مورد نظر باشد، می‌توان قالب‌های سطح زیرین را برداشت ولی برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر رعایت کلیه محدودیت‌ها، توده به مقاومت مورد نظر رسیده باشد.

٤-٣-٤- فروپاشی قالب

یکی از موارد بسیار مهم که در مورد پر کردن و آماده‌سازی کارگاه‌ها، به ویژه کارگاه‌هایی که با استفاده از مواد پرکننده سیمانی و یا پرکننده هیدورلیکی پر می‌شوند، مقاومت کافی سیستم قالب‌بندی در برابر بارهای وارده است. فروپاشی قالب از جمله مواردی است که ضمن بروز مشکل در روند اجرایی فعالیت‌ها، هزینه بسیار زیادی را نیز به پروژه تحمیل می‌کند. فروپاشی قالب ممکن است به صورت موضعی یا کلی باشد. همچنین ممکن است در بعضی شرایط، قالب‌ها نسبت به شرایط اولیه حرکت کنند که در این صورت باید سیستم قالب‌بندی باز و مجددا نصب شود. گاه، برای جبران حرکت قالب‌بندی نیاز به برش و ساییدن لبه‌های قالب است که هزینه زیادی را در بردارد.

مهم‌ترین عوامل فروپاشی قالب عبارتند از:

omoorepeyman.ir

- مهاربندی نامناسب قالب
- عدم کنترل سرعت جایگذاری توده
- روش نادرست ارتعاش یا متراکم کردن توده
- اتصالات نادرست یا ناکافی
- برچیدن زودهنگام قالب‌ها
- خطا در نصب شمع‌ها
- طراحی نادرست یا ناقص سیستم قالب‌بندی
- مقاومت ناکافی مصالح قالب‌بندی
- عدم رعایت آیین‌نامه‌ها و استانداردها
- سهل‌انگاری عوامل اجرایی

مواردی که برای جلوگیری از فروپاشی قالب باید توسط معدنکاران رعایت شود عبارتند از:

- اطمینان از انطباق قالب‌ها با آیین‌نامه‌های محلی و ملی و گرفتن تعهدات لازم از سازندگان قالب در این زمینه
- رعایت مقررات ایمنی قالب‌بندی
- رعایت استانداردهای قالب‌بندی
- رعایت ضوابط مندرج در بندهای قبلی این بخش در مورد نحوه نصب، جابه‌جایی، زمان باز کردن و نظایر آن‌ها
- رعایت ضوابط طراحی قالب‌ها

٤-۳-۵- ثبت نتایج سیستم قالب‌بندی

معدنکاران باید همه موارد مربوط به قالب‌ها را ثبت کنند. رعایت موارد زیر برای ثبت سیستم قالب‌بندی ضروری است:

- نوع و موقعیت قالب
- تاریخ، ابعاد و جزییات ساخت
- ابعاد کارگاه و هندسه قالب
- درجه اشباع توده پرکننده در هر کارگاه
- ضخامت توده پرکننده در هر کارگاه
- آهنگ جایگذاری توده پرکننده و جرم مخصوص آن
- میزان آب ورودی و خروجی به کارگاه
- هرگونه رفتار غیرعادی در قالب‌ها

omoorepeyman.ir

فصل ۵

کاربرد توده‌های پرکننده

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱- آشنایی

مهم‌ترین وظایفی که توده‌های پرکننده به عهده دارند، عبارتند از:

- نگهداری زمین
- بازیابی پایه‌ها
- ایجاد سکوی کار
- کنترل نشست زمین
- کنترل خودسوزی مواد معدنی پیریت‌دار که استعداد خودسوزی دارند.

۵-۲- نگهداری زمین

استفاده از توده‌های پرکننده باعث افزایش مقاومت پایه‌های معدنی و در نتیجه باعث بهبود نگهداری و پایداری زمین می‌شود. از آنجا که توده‌های پرکننده در مقایسه با توده سنگ ضعیف‌ترند، نگهداری قابل اطمینانی را برای توده سنگ تامین نمی‌کنند. اصلی‌ترین اثر پایدارکننده توده‌های پرکننده، افزایش فشار جانبی بر روی دیواره‌ها و یا پایه‌هایی است که وظیفه تحمل بار وارده را بر عهده دارند.

مقاومت پایه‌های محصور در مقایسه با وضعیت نامحصور بر اساس رابطه ۶-۱ افزایش می‌یابد.

$$S_C = \sigma_1 + K\sigma_3 \qquad (۱-۶)$$

که در آن K و σ_3 از روابط ۶-۲ و ۶-۳ محاسبه می‌شوند:

$$K = \frac{(1+\sin\varphi)}{(1-\sin\varphi)} \qquad (۲-۶)$$

$$\sigma_3 = \sigma_v\left(\tan^2\left(45 - {}^{\varphi}/_{2}\right)\right) \qquad (۳-۶)$$

که در رابطه ۶-۳ σ_V از رابطه ۶-۴ به دست می‌آید:

$$\sigma_V = \gamma_{Fill} \cdot H_{Fill} \qquad (۴-۶)$$

که در آن:

S_C مقاومت محصور پایه (مگاپاسکال)

σ_3 فشار جانبی توده پرکننده (مگاپاسکال)

K فاکتور اصطکاک، بدون بعد

σ_V تنش قائم ناشی از وزن توده پرکننده جایگذاری شده (مگاپاسکال)

γ_{Fill} وزن مخصوص توده پرکننده جایگذاری شده (کیلو نیوتن بر متر مکعب)

H_{Fill} متوسط ضخامت توده پرکننده در کارگاه (متر)

φ زاویه اصطکاک داخلی توده پرکننده (درجه)

omoorepeyman.ir

۵-۳- بازیابی پایه‌ها

در بعضی از روش‌های استخراج زیرزمینی برای فراهم کردن شرایط ایمن و نگهداری لازم است پایه‌هایی از مواد معدنی به صورت برجا رها شوند. به منظور بهبود بازیابی و افزایش میزان استخراج ماده معدنی، این پایه‌ها و لنگه‌های رها شده ممکن است استخراج شوند. با بازیابی پایه‌ها و یا لنگه‌های برجا مانده، سقف کارگاه استخراج دچار شکستگی و ریزش می‌شود. شکست سقف در بیشتر موارد به ویژه در حالتی که معدنکاری کم عمق باشد، منجر به بروز نشست در سطح زمین خواهد شد. از آنجا که در بسیاری موارد نشست سطح زمین مجاز نیست، بنابراین باید تمهیداتی برای جلوگیری از شکست سقف پیش‌بینی شود که در این میان استفاده از توده‌های پرکننده، به ویژه توده‌های پرکننده سیمانی، بسیار متداول است. در شکل ۵-۱، یک نمونه از کاربرد مواد پرکننده در بازیابی پایه‌ها نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که محتمل‌ترین حالت شکست توده پرکننده در این وضعیت، شکست برشی است و توده پرکننده باید در زمانی که به صورت یک سطح نمایان می‌شود، پایدار بماند.

در روش‌های استخراج جبهه‌کار بلند و کوتاه (به ویژه در معادن زغال‌سنگ)، به منظور محافظت از تونل‌های دنبال‌رو، معمولا لنگه‌هایی از ماده معدنی به صورت برجا گذاشته می‌شوند. این لنگه‌ها، که معمولا عرض قابل توجهی دارند (حدود ۵ متر)، وظیفه محافظت تونل‌های دنبال‌رو به ویژه تونل دنبال‌رو پایین کارگاه را در برابر تخریب قسمت انتهای کارگاه و حرکات سقف در قسمت تخریب شده به عهده دارند. با استفاده از مواد پرکننده در قسمت انتهای کارگاه می‌توان این لنگه‌ها را حذف و یا عرض آن‌ها را کاهش داد.

۵-٤- ایجاد سکوی کار

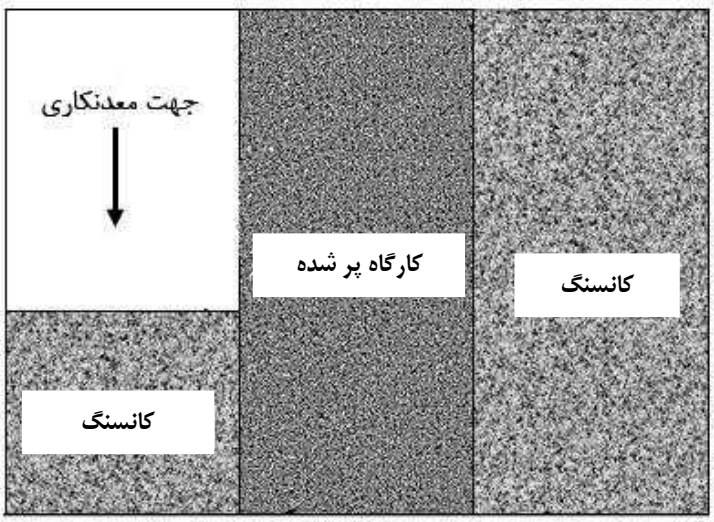
در سیستم‌های پر کردن متناوب (مشابه روش استخراج کندن و آکندن)، توده پرکننده در هر چرخه کار به عنوان یک سکوی کار برای فعالیت‌های چرخه بعدی عمل می‌کند. با استفاده از پرکننده‌های سیمانی سطح صاف و همواری ایجاد می‌شود که برای کار ماشین‌آلات مکانیزه کاملا مناسب است و با استفاده از آن، فعالیت‌های معدنی را می‌توان مکانیزه کرد. شکل ۵-۲ نموداری از کار ماشین‌آلات در روش استخراج کندن و آکندن بر روی مواد پرکننده را نشان می‌دهد. در این حالت، تعداد ماشین‌آلات، سرعت آن‌ها، سطح تماس، تعداد محورها و فاصله بین محورهای ماشین‌آلات، پارامترهای موثر در محاسبه میزان بار اعمال شده بر مواد پرکننده‌اند و توده‌های پرکننده باید این وزن‌ها را تحمل کنند.

٦-۵- کنترل نشست سطح زمین

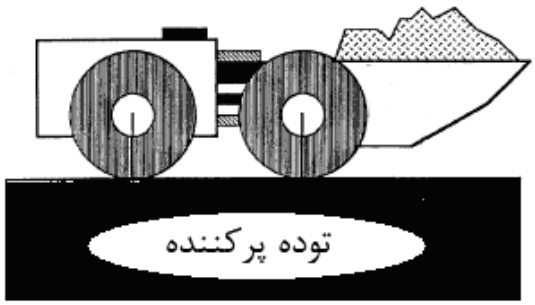
در اثر استخراج مواد معدنی در معادن زیرزمینی به ویژه در روش‌های تخریبی، طبقات بالایی شکسته شده و به تدریج به سمت پایین حرکت می‌کنند تا فضای خالی ناشی از استخراج ماده معدنی را پر کنند. این عمل در نهایت در سطح زمین منجر به بروز پدیده نشست زمین می‌شود. سطح منطقه‌ای که تحت تاثیر نشست قرار می‌گیرد، از سطح منطقه استخراج شده بیشتر است و منجر به تخریب محیط زیست و سازه‌های سطحی می‌شود. از آثار زیست‌محیطی نشست می‌توان به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، تغییر مسیر جریان آب رودخانه‌ها، تغییر در اکولوژی، تغییر چهره سطح زمین، تغییر ظرفیت و شدت جریان آب‌های زیرزمینی و تغییر در خواص خاک اشاره کرد. همچنین نشست سطح زمین ممکن است خساراتی را به سازه‌های سطحی و زیرزمینی مانند ساختمان‌ها،

omoorepeyman.ir

تاسیسات صنعتی، جاده‌ها، پل‌ها، خطوط راه‌آهن، لوله‌های انتقال آب و گاز، مخـازن نگهـداری آب، تاسیسـات معـادن، بازکننـده‌هـای معادن و نظایر آن‌ها وارد کند.



شکل ۵-۱- کاربرد مواد پرکننده در فرآیند بازیابی پایه‌ها



شکل ۵-۲- ایجاد سکوی کار به وسیله توده پرکننده سیمانی برای ماشین‌آلات

هر نوع تخریبی که در اثر استخراج در سطح زمین ایجاد شود، باید بازسازی شود تا بتوان از این منطقه مثل سابق استفاده کرد. بازسازی همیشه مخارج هنگفتی را تحمیل می‌کند. خسارات ناشی از نشست سطح زمین ممکن است به اندازه‌ای باشد که استخراج ذخایر را غیراقتصادی کند. بنابراین در طراحی و برنامه‌ریزی استخراج معادن باید این هزینه‌ها را منظور و تا حد امکان مقدار آن را خیلی محدود نگه داشت. این کار وقتی قابل اجراست که مقدار و نوع حرکات زمین در اثر استخراج پیش‌بینی شده باشد. برای کنترل نشست باید سه مرحله پیش‌بینی، پیشگیری و محافظت را در نظر گرفت. برای اطلاعات بیشتر به نشریه "دستورالعمل ارزیابی و کنترل نشست در معادن" مراجعه شود.

در بین روش‌های مختلف پیشگیری از بروز پدیده نشست و محافظت از ساختمان‌ها در برابر نشست سطح زمین، پر کردن یکـی از موثرترین روش‌هاست. با استفاده از مواد پرکننده، محل ماده معدنی استخراج شده پـر شـده و ایـن کـار موجـب جلـوگیری از حرکـت لایه‌های سقف و سرانجام مانع از بروز پدیده نشست می‌شود. در مورد کنترل نشست با استفاده از پر کردن دو عامل بسیار مهـم زمـان پر کردن و کیفیت پر کردن است. هر چه پر کردن سریع‌تر و با فاصله زمانی کمتر نسبت به اسـتخراج مـاده معـدنی انجـام شـود، بـه

omoorepeyman.ir

میزان قابل ملاحظه‌ای مانع از نشست سطح زمین می‌شود. منظور از کیفیت پر کردن، یکپارچگی توده پرکننده و میزان پر کردن کارگاه است. هر چه کارگاه استخراج کامل‌تر و با توده یکپارچه‌تری پر شود، جابه‌جایی‌ها و شکستگی‌های روی داده در سقف و نشست در سطح زمین کاهش پیدا می‌کند. پر کردن سیمانی بیشترین تاثیر را در کاهش نشست سطح زمین دارد.

۵-٦- کنترل خودسوزی

بعضی از مواد معدنی مانند زغال‌سنگ در شرایط اکسایش دچار خودسوزی می‌شوند. این مساله از آنجا اهمیت پیدا می‌کند که در اثر آتش‌سوزی، امکان انتقال آتش به سایر نواحی معدنی و نیز انفجار گاز و گرد زغال فراهم می‌شود. از این رو یکی از مباحث مهم در ایمنی معادن زغال‌سنگ، پیشگیری از خودسوزی زغال‌سنگ است. در روش استخراج جبهه‌کار بلند، بخشی از زغال‌سنگ به صورت برجا و به منظور محافظت از تونل‌های دنبال‌رو در اطراف کارگاه استخراج رها می‌شود. همچنین به دلیل عدم استخراج کامل زغال‌سنگ و یا عدم حمل و نقل زغال‌سنگ حفر شده، بخشی از زغال‌سنگ استخراجی در قسمت انتهای کارگاه باقی می‌ماند و چنانچه تخریب شود، به دلیل عدم یکپارچگی ناحیه تخریب و وجود خلل و فرج در سنگ‌های تخریب شده، بخشی از هوای مورد نیاز برای تهویه کارگاه استخراج، در قسمت تخریب شده نشت می‌یابد. در این حالت و به علت مجاورت هوا با زغال‌سنگ و با فراهم شدن سایر شرایط زغال‌سنگ اکسید شده و دچار خوسوزی می‌شود و این امر تبعات منفی دیگری برای معدن خواهد داشت.

در حالتی که برای کنترل لایه‌ها در قسمت انتهای کارگاه از پر کردن، به ویژه پر کردن یکپارچه، استفاده می‌شود، توده پرکننده باعث ایجاد سدی در مقابل عبور هوا به داخل قسمت‌های استخراج شده و انتهای کارگاه خواهد شد. از طرف دیگر استفاده از مواد پرکننده باعث می‌شود نگهداری تونل‌های دنبال‌رو، بدون رها کردن لنگه‌هایی از ماده معدنی و یا با حداقل ضخامت ممکن از ماده معدنی میسر شود. از این رو استفاده از مواد پرکننده نه تنها باعث کاهش ابعاد لنگه‌ها می‌شود بلکه نشت هوا به داخل فضای استخراج شده را به حداقل می‌رساند. این امر کمک قابل توجهی به کنترل و کاهش خودسوزی زغال‌سنگ می‌کند.

omoorepeyman.ir

فصل ۶

راهنمای طراحی مواد پرکننده

omoorepeyman.ir

٦-١- آشنایی

مبانی تئوری تحلیل عملکرد مواد پرکننده و اندرکنش آن با محیط اطراف به عنوان سیستم نگهداری در پیوست ارایه شده است. در این فصل راهنمای طراحی مواد پرکننده ارایه می‌شود.

٦-٢- مبانی طراحی پر کردن

فرآیند طراحی به داده‌های بسیار زیادی نیاز دارد و باید محدوده وسیعی از داده‌های وابسته و دانش فنی به کار گرفته شوند. بر این اساس، این کار با روش سعی و خطا انجام می‌گیرد. به عبارت ساده‌تر، طراحی پر کردن به اطلاعات و تجربه بسیار زیادی نیاز دارد و بر اساس قضاوت مهندسی انجام می‌شود. در شکل ۶-۱، نمودار کلی طراحی سیستم پر کردن معادن و در شکل ۶-۲ اصول و مبانی طراحی پر کردن از دیدگاه یک طراح نشان داده شده است.

مراحل طراحی در شش مرحله به شرح زیر خلاصه می‌شود:

الف- مشخص کردن سیستم معدنکاری و شرایط زیست‌محیطی معدن

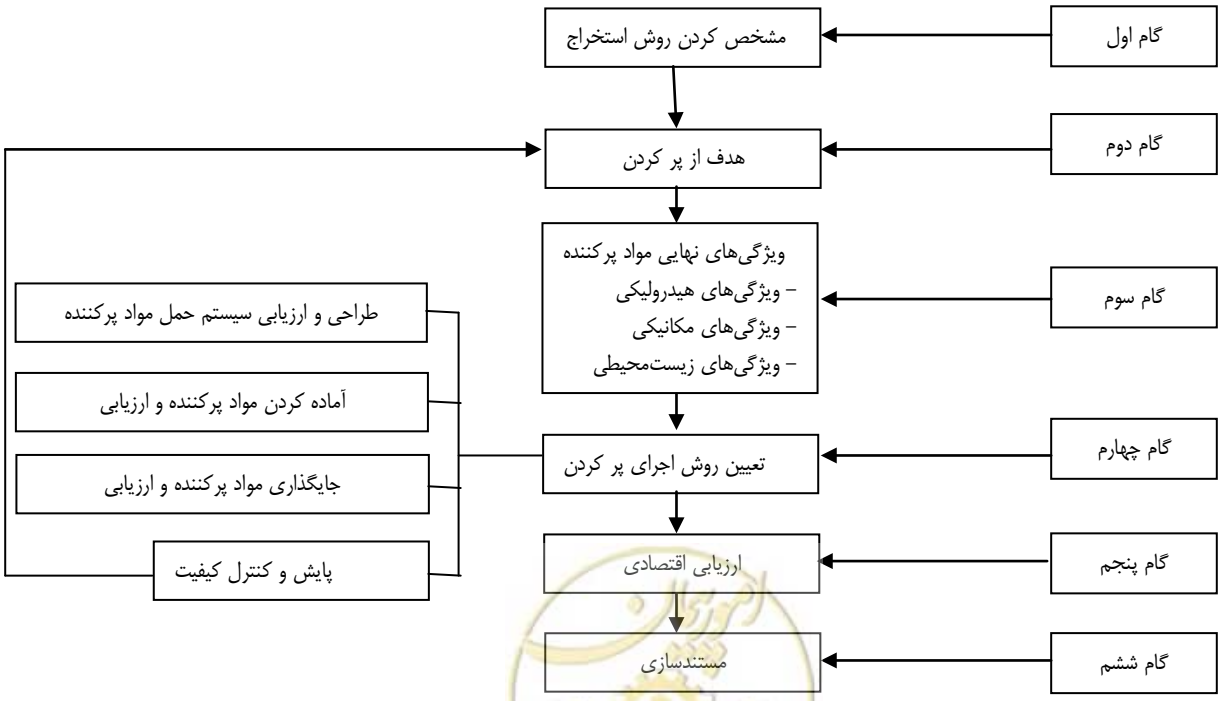
ب- تعیین هدف از پر کردن مطابق با روش استخراج مشخص شده

پ- تعیین اهداف پر کردن متناسب با روش استخراج و تعیین خواص نهایی مواد پرکننده

ت- تعیین روش اجرایی برای استفاده از مواد پرکننده به منظور اطمینان از رسیدن به خواص نهایی که شامل تهیه مواد پرکننده، حمل مواد پرکننده، جایگذاری مواد پرکننده و پایش زیست‌محیطی است.

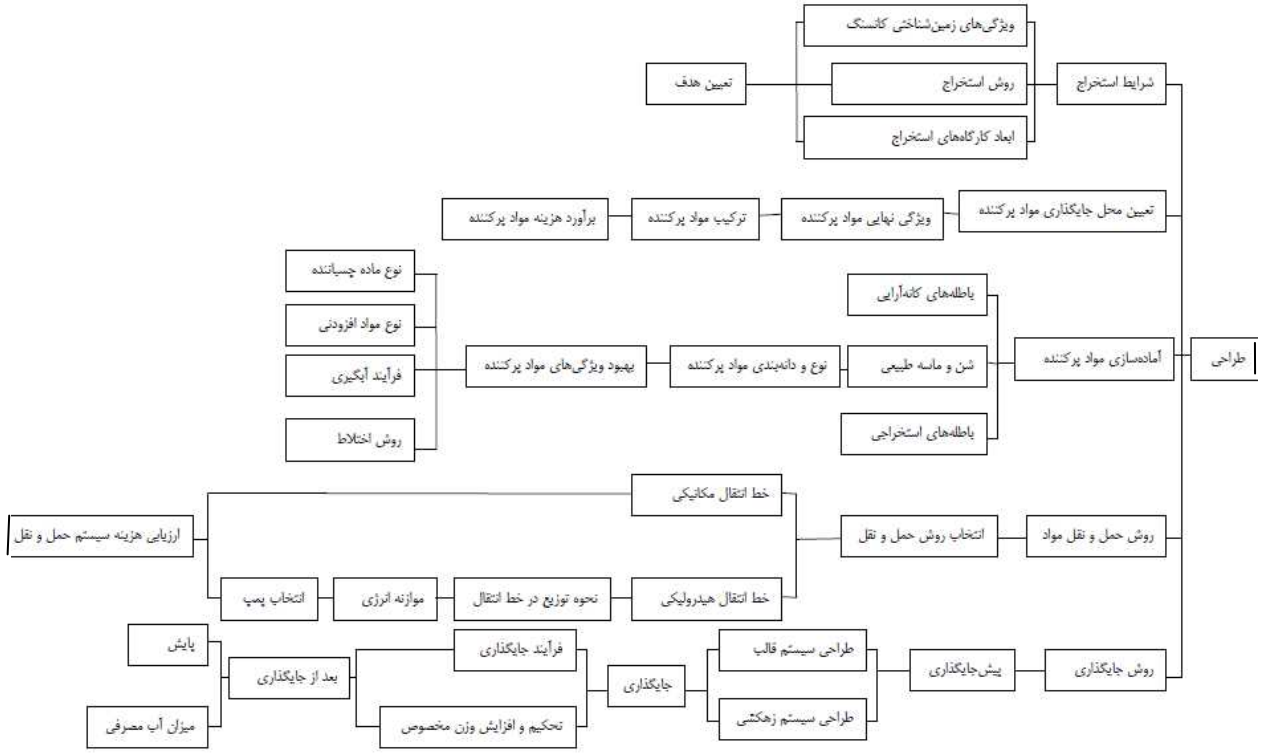
ث- ارزیابی اقتصادی سیستم پر کردن

ج- ثبت دقیق داده‌های سیستم پر کردن



شکل ٦-١- روندنمای گام به گام طراحی پر کردن

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٢- روندنمای مبانی طراحی پر کردن از دیدگاه یک طراح

٦-٣- روش‌های طراحی پر کردن

برای طراحی توده‌های پرکننده باید موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

- ویژگی‌های فنی معدن
- ویژگی‌های مواد پرکننده
- ویژگی‌های روش اجرای پر کردن

٦-٣-١- مشخصات تکنولوژیکی و تکنیکی معدن

برای مشخص کردن سطح تکنولوژی و روش معدنکاری لازم است تا درک درستی از شرایط استخراج، مقررات، ماشین‌آلات و تجهیزات حاصل شود. مهم‌ترین مواردی که باید در این مرحله مشخص شوند عبارتند از:

- هدف از معدنکاری
- طول عمر معدن
- هدف از پر کردن که شامل بازیابی پایه‌ها (کار نگهداری)، بازیابی پایه‌های کناری، سکوی کار، نگهداری زمین، انباشت باطله، استخراج در زیر، بالا یا کنار مواد پرکننده (بالارو، پایین‌رو و یا افقی)، هندسه معدن/ ماده معدنی شامل طول، عرض و ارتفاع، روش استخراج و وضعیت تنش‌ها در منطقه است.

omoorepeyman.ir

٦-۳-۲- ویژگی‌های مواد پرکننده

به منظور بهینه‌سازی روش پر کردن، تعیین هدف اصلی از پر کردن ضروری است. هدف تعیین شده، خواص مورد نیاز برای مواد پرکننده را تعیین می‌کند. خواص اصلی مواد پرکننده به سه دسته هیدرولیکی، مکانیکی و زیست‌محیطی تقسیم‌بندی می‌شوند که بسته به هدف از پر کردن، این خواص تغییر می‌کنند. همچنین ممکن است بعضی از خواص مواد پرکننده بر اساس شرایط معدن و یا محیط تحمیل شوند. ویژگی‌های مواد پرکننده شامل موارد زیر است:

الف- پارامترهای مبنایی مواد پرکننده

- نوع پر کردن
- محل تامین مصالح
- آهنگ تولید
- پتانسیل تولید مواد
- وزن مخصوص

ب- تعیین ویژگی‌های اجزای اصلی مواد پرکننده (آب، مواد چسباننده و مصالح سنگی) شامل موارد زیر است:

- تعیین اجزای مواد
- تعیین درصد هر یک از مواد در ترکیب
- دانه‌بندی

- ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی
- وزن مخصوص
- مقاومت فشاری تک محوره
- مدول الاستیسیته
- زاویه اصطکاک داخلی
- ضریب پواسن
- درصد پوکی
- ضریب جمع‌شدگی (انقباض)
- نفوذپذیری
- چسبندگی
- گرانروی سیال
- گازهای منتشر شده
- قابلیت خودسوزی
- قابلیت جریان یافتن

omoorepeyman.ir

٦-۳-۳- روش اجرای پر کردن

فرآیند اجرای پر کردن شامل یک سری فعالیت‌های مکانیکی به منظور آماده‌سازی مواد اولیه برای پر کردن است. در اجرای پر کردن باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

الف- فرآیند آماده‌سازی مواد پرکننده

- آماده‌سازی باطله‌های کانه‌آرایی
- آماده‌سازی شن و ماسه طبیعی
- آماده‌سازی مواد باطله

ب- روش حمل و نقل مواد پرکننده

- حمل هیدرولیکی
- حمل با کمک هوای فشرده
- حمل با کمک نوار نقاله
- حمل به وسیله کامیون

پ- جایگذاری مواد پرکننده

- زهکشی توده پرکننده
- جایگذاری توده پرکننده
- افزایش وزن مخصوص مواد پرکننده
- پایش پر کردن

علاوه بر پارامترهای مکانیکی که تعیین آن‌ها لازمه طراحی توده‌های پرکننده است، باید حجم یا وزن مواد پرکننده مورد نیاز در زمان طراحی توده‌های پرکننده نیز برآورد شود. مقدار مواد پرکننده مورد نیاز از رابطه ۶-۱ تعیین می‌شود:

$$Q_F = K \times \gamma \times V \quad (۱۴-۶)$$

که در آن:

Q_F میزان مواد پرکننده مورد نیاز (تن در سال)

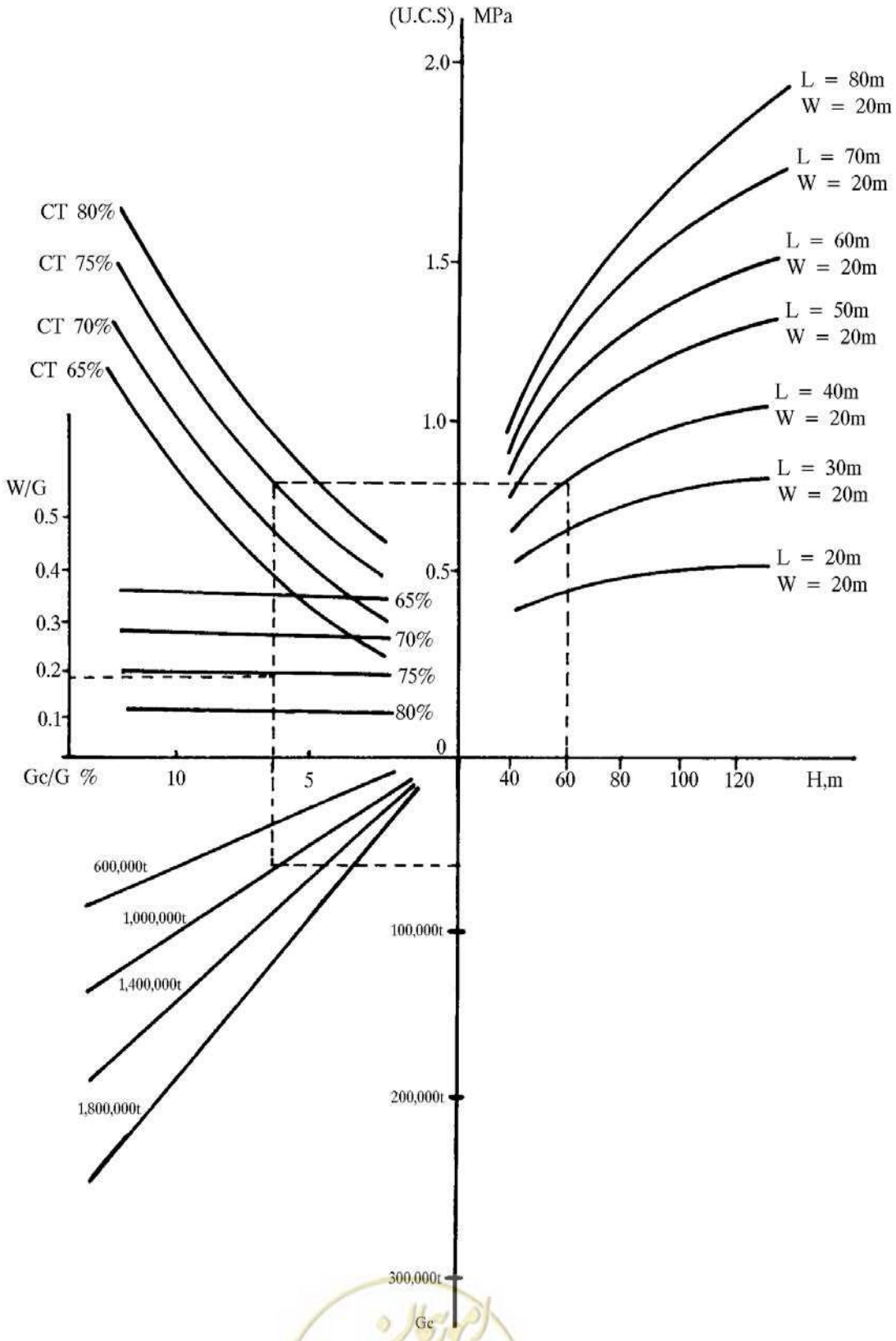
V حجم کارگاه‌هایی که باید در یک سال پر شوند (متر مکعب)

K ضریب پرت مواد پرکننده

γ وزن مخصوص مواد پرکننده (تن بر متر مکعب)

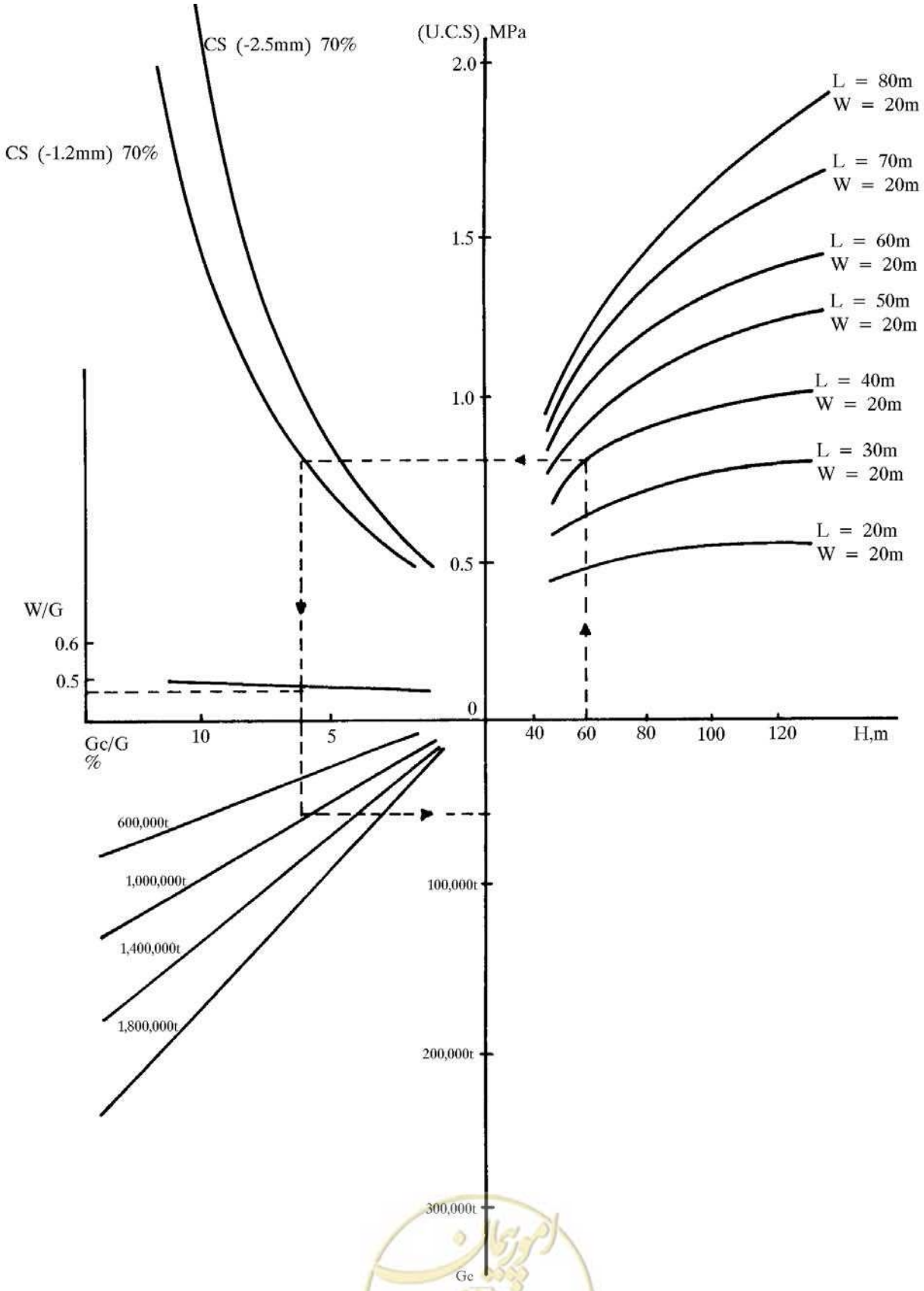
نکته بسیار مهمی که در زمان طراحی توده‌های پرکننده باید مد نظر قرار گیرد، تعیین رابطه مقاومت مورد نیاز و هزینه‌ها است. در تخمین اولیه برای مقادیر مقاومت فشاری، نسبت وزنی سیمان، وزن سیمان، وزن مصالح سنگی، نسبت وزنی آب به وزن مصالح و هزینه کل پر کردن، نمودارهایی وجود دارد که در شکل‌های ۶-۳ تا ۶-۵ به ترتیب برای پر کردن سیمانی با باطله‌های کانه‌آرایی، پر کردن با شن و ماسه طبیعی و پر کردن خشک نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



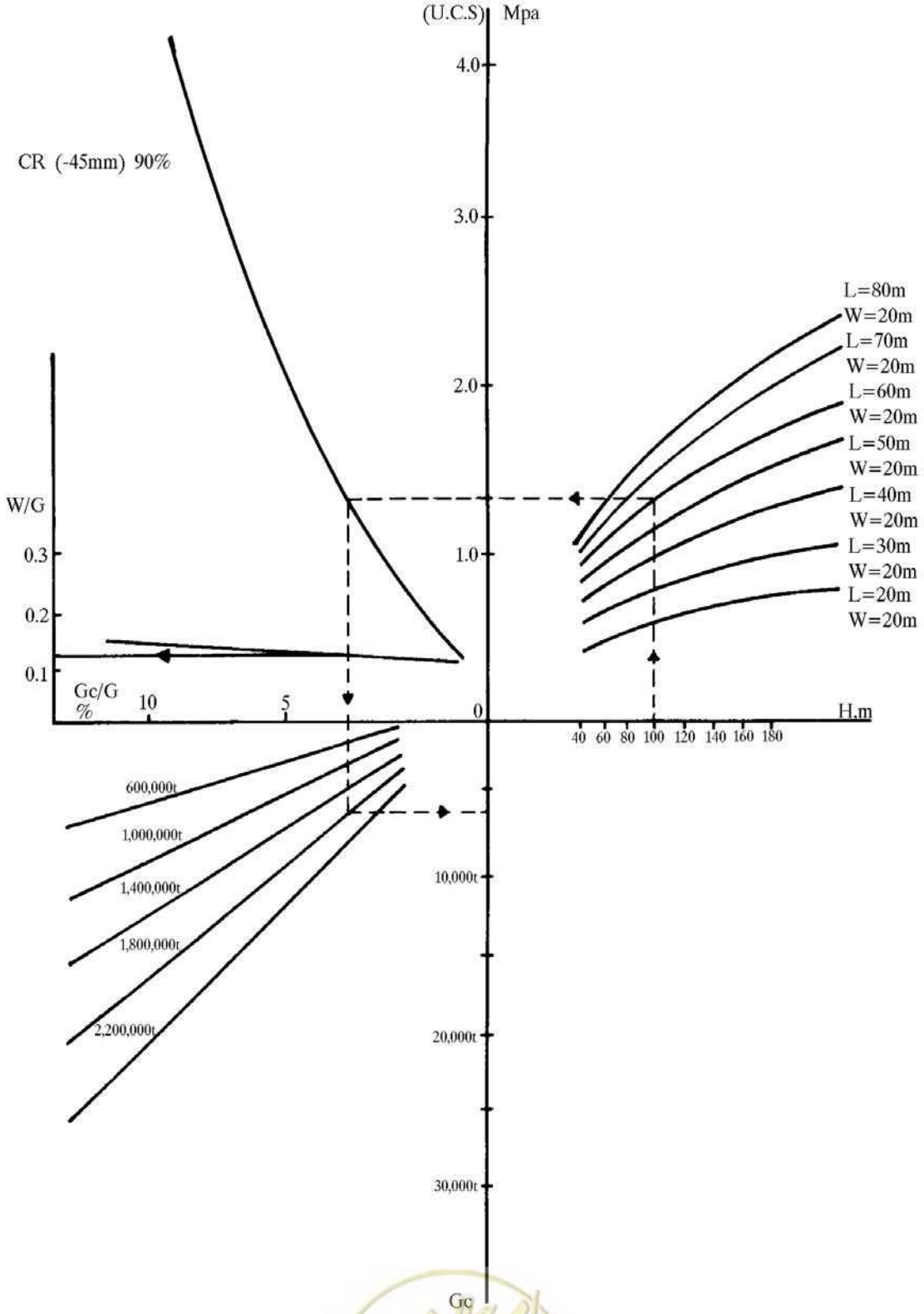
شکل ٦-٣- نمودار طراحی توده‌های پرکننده سیمانی با استفاده از باطله‌های کانه‌آرایی

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٤- نمودار طراحی توده‌های پرکننده با استفاده از شن و ماسه طبیعی

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٥- نمودار طراحی توده‌های پرکننده خشک

omoorepeyman.ir

در این شکل‌ها:

G_c میزان سیمان مصرفی (تن در سال)

L، W و H به ترتیب طول، عرض و ارتفاع کارگاه

$\frac{G_c}{G}$ نسبت وزن سیمان به وزن مواد پرکننده

UCS مقاومت فشاری تک محوره (مگاپاسکال)

CT پر کردن سیمانی با باطله‌های کانه‌آرایی[1]

CS پر کردن سیمانی با شن و ماسه طبیعی[2]

CR پر کردن سیمانی[3] با باطله استخراجی

به منظور درک بهتر نحوه استفاده از این شکل‌ها، در ادامه یک مثال عددی ارایه می‌شود.

در یک معدن مس از روش کارگاه باز به همراه باطله‌های سیمانی به عنوان ماده پرکننده استفاده می‌شود. آهنگ تولید ماده معدنی در این معدن دو میلیون تن در سال و بر اساس تحلیل‌های انجام شده، مقاومت فشاری مورد نیاز ۰/۸۱ مگاپاسکال تخمین زده شده است. سایر معیارهای فنی در جدول ۶-۱ ارایه شده است.

جدول ٦-١- پارامترهای طراحی و خصوصیات مواد پرکننده

ردیف	شرح پارامتر	واحد	مقدار	علامت مشخصه
۱	عرض بلوک پر شده	متر	۲۰	W
۲	طول توده پرکننده	متر	۴۰	L
۳	ارتفاع توده پرکننده	متر	۶۰	H
۴	ورن مخصوص ماده معدنی	تن بر متر مکعب	۴	γ_o
۵	وزن مخصوص ماده پرکننده	تن بر متر مکعب	۲	γ
۶	زاویه اصطکاک داخلی	درجه	۴۰	φ
۷	زاویه صفحه گسیختگی	درجه	۶۵	ψ

در صورتی که درصد جامد برابر ۷۵ در نظر گرفته شود، با در نظر گرفتن ارتفاع بلوک برابر ۶۰ متر و مطابق خطوط رسم شده در شکل ۶-۷، پارامترهای طراحی به شرح زیر تعیین می‌شوند:

- نسبت وزن سیمان به وزن مواد پرکننده برابر ۶ درصد $\frac{G_c}{G} = 6\%$
- نسبت وزن آب به وزن مواد پرکننده ۰/۱۹ $\frac{W}{G} = 0.19\%$
- با توجه به وزن مخصوص ماده معدنی و آهنگ تولید سالیانه، حجم مواد پرکننده مورد نیاز برابر ۵۰۰,۰۰۰ تن در سال خواهد بود.
- با در نظر گرفتن وزن مخصوص مواد پرکننده، آهنگ تولید مواد پرکننده در سال برابر با ۱۰۰۰,۰۰۰ تن در سال است

1- Cemented tailing fill
2- Cemented sandfill
3- Cemented rockfill

omoorepeyman.ir

$$500000 \times 2 = 1000000 \frac{ton}{year}$$

- با ادامه مسیر در شکل ۶-۳ تا ۶-۵، وزن سیمان مورد نیاز برابر ۶۰,۰۰۰ تن در سال به دست می‌آید.
- با در نظر گرفتن هزینه هر تن مواد پرکننده به میزان۲۵۰,۰۰۰ ریال (بسته به قیمت روز)، هزینه پر کردن در سال 25×10^{10} ریال خواهد شد.

$$1000000 \frac{ton}{\text{year}} \times 250000 \frac{\text{Rials}}{\text{ton}} = 25 \times 10^{10}$$

٦-٣-٤- جمع‌بندی فرآیند طراحی

طراحی مواد پرکننده در پنج گام زیر خلاصه می‌شود:

گام اول: تعیین مقاومت مورد نیاز

مقاومت مورد نیاز با در نظر گرفتن ابعاد کارگاه، وظیفه محوله و نظایر آن‌ها تعیین می‌شود.

گام دوم: تعیین درصد سیمان مورد نیاز

با دانستن مقاومت مورد نیاز و جرم مخصوص سیال، درصد سیمان مورد نیاز محاسبه می‌شود.

گام سوم: تعیین مقدار آب مورد نیاز

مقدار آب مورد نیاز بر اساس روش پر کردن، روش انتقال و جایگذاری مواد پرکننده، مقدار مقاومت مورد نیاز و نظایر آن‌ها محاسبه می‌شود.

گام چهارم: تعیین مقدار کل مصالح سنگی و سیمان مورد نیاز

با دانستن مقدار کل مواد پرکننده مورد نیاز و درصد سیمان نسبت به مواد، مقدار کل مصالح سنگی و سیمان مورد نیاز تعیین می‌شود.

گام پنجم: تعیین هزینه پر کردن

omoorepeyman.ir

فصل ۷

آماده‌سازی مواد پرکننده

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱- آشنایی

یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها در پر کردن کارگاه‌های استخراج، آماده کردن مواد پرکننده برای حمل و جایگذاری در کارگاه‌های استخراج است. مهم‌ترین معیارهایی که باید در آماده‌سازی مواد پرکننده مد نظر قرار گیرند به شرح زیر است:

- به منظور کاهش آثار زیانبار زیست‌محیطی، باطله‌های معادن روباز یا زیرزمینی و کارخانه‌های کانه‌آرایی در اولویت قرار دارند.
- مواد پرکننده انتخاب شده باید جوابگوی نیازهای طراحی باشند و استفاده از آن‌ها مقرون به صرفه باشد.
- حجم مواد پرکننده انتخاب شده باید جوابگوی نیاز پر کردن باشد.
- فعالیت‌های آماده‌سازی مواد پرکننده باید با روش پر کردن، هدف از پر کردن، روش حمل و جایگذاری مواد پرکننده سازگاری داشته باشد.
- در انتخاب و آماده‌سازی مصالح باید محدودیت‌های اجرایی و حمل و نقل مواد پرکننده در نظر گرفته شود.
- درصد ذرات ریز و نرم باید به حداقل ممکن محدود شود.
- از مهم‌ترین فعالیت‌های آماده‌سازی مواد پرکننده می‌توان به بررسی‌های آزمایشگاهی، خردایش و دانه‌بندی، آبگیری و حذف ذرات ریز، انبارداری و نگهداری مواد، تهیه پالپ و یا سیال پرکننده (در مورد پرکننده‌های هیدرولیکی، خمیری و دوغابی) و مخلوط کردن کلیه مصالح با یکدیگر اشاره کرد.

در آماده‌سازی مواد پرکننده، جانمایی تجهیزات اهمیت بسیار زیادی دارد. با در نظر گرفتن محدودیت‌های اجرایی و مشکلات معادن، به منظور کاهش هزینه‌های حمل و نقل در پر کردن، تجهیزات آماده‌سازی مواد پرکننده باید در نزدیک‌ترین محل نسبت به دهانه‌های بازکننده‌های معادن زیرزمینی یا دهانه گمانه‌های انتقال مواد به زیر زمین قرار گیرند در مواردی که از پمپ برای انتقال سیال یا پالپ استفاده می‌شود، تجهیزات باید در نزدیکی ایستگاه پمپاژ واقع شوند. این موضوع تاثیر بسیار مهمی بر جنبه اقتصادی پر کردن، ابعاد و ظرفیت تجهیزات ساخت و حمل مواد پرکننده خواهد داشت.

۷-۲- بررسی‌های آزمایشگاهی

مهم‌ترین آزمایش‌هایی که باید قبل از حمل و جایگذاری مواد پرکننده در کارگاه انجام شود عبارتند از:

- تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح سنگی
- دانه‌بندی
- تعیین اسلامپ
- تعیین مقاومت فشاری تک محوره
- تعیین مقاومت برشی توده پرکننده
- تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی
- آزمایش مربوط به سنگ‌های درونگیر توده‌های پرکننده

omoorepeyman.ir

۷-۲-۱- آزمایش‌های تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی

خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح تاثیر قابل توجهی بر مقاومت توده‌های پرکننده سیمانی دارد. از این‌رو کیفیت این مصالح باید قبل از استفاده، مورد آزمایش قرار گیرد تا اگر نتایج آزمایش‌ها قابل قبول بود، از این مصالح استفاده شود. مهم‌ترین آزمایش‌ها عبارتند از:

الف- وزن مخصوص: مناسب‌ترین مصالح برای استفاده در توده‌های پرکننده، مصالحی‌اند که وزن حجمی آن‌ها در حدود ۲٫۲ تا ۲٫۴ تن بر متر مکعب باشد. وزن مخصوص کمتر از دو تن بر متر مکعب در توده‌های سیمانی قابل قبول نیست.

ب- آزمایش تعیین آب محتوی (رطوبت): آب محتوی ذرات باید به صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شود و اگر مقدار آن زیاد باشد، باید تمهیدات لازم مانند افزایش میزان سیمان، دیده شود.

پ- مقاومت فشاری تک محوره: مصالح سنگی به کار رفته در توده‌های پرکننده سیمانی باید مقاومت فشاری تک محوره بیشتر از ۷۰ مگاپاسکال را داشته باشند.

ت- آزمایش لس‌آنجلس: مصالح مناسب، مصالحی هستند که درصد افت وزنی آن‌ها در این آزمایش کمتر از ۲۰ درصد باشد و مصالحی که درصد افت وزنی آن‌ها بیشتر از ۳۰ درصد باشد، قابل قبول نیستند.

ث- آزمایش‌های کانی‌شناسی: انجام این آزمایش‌ها بر روی مصالح سنگی به ویژه ذرات ریز، به دلایل زیر الزامی است:

- در صورت وجود درصد زیاد کانی‌های سولفیدی در این مصالح، پدیده اکسیداسیون در توده‌های پرکننده روی می‌دهد و مقاومت چسبندگی سیمان کاهش می‌یابد.
- در صورت وجود ذرات ریزی که خاصیت تورم و آماس دارند (مثل کانی‌های رسی)، آب موجود در توده‌های پرکننده جذب این ذرات شده و ضمن بر هم خوردن نسبت آب به سیمان، توده پرکننده سیمانی بر اثر تورم این کانی‌ها باعث ترک و گسیختگی می‌شود.
- در صورت وجود ذرات زبر و ساینده در این مصالح، مشکلاتی در فرآیند حمل و جایگذاری توده‌های پرکننده به وجود می‌آید.

۷-۲-۲- آزمایش تعیین اسلامپ توده پرکننده سیمانی

در صورتی که از پمپ برای انتقال توده‌های پرکننده سیمانی استفاده شود، مقدار اسلامپ توده باید در محدوده ۱۰ تا ۱۸ سانتی‌متر باشد. انجام آزمایش اسلامپ برای توده‌های پرکننده سیمانی قبل از حمل به داخل معدن یا کارگاه الزامی است.

۷-۲-۳- آزمایش مقاومت فشاری تک محوره توده پرکننده

به منظور مقایسه مقاومت آزمایشگاهی با مقاومت برجای توده‌های پرکننده، باید آزمایش مقاومت تک محوره توده‌های پرکننده در آزمایشگاه و بر روی نمونه‌های استوانه‌ای انجام شود. قطر نمونه‌های استوانه‌ای باید حداقل پنج برابر قطر بزرگترین ذرات باشد و آماده‌سازی نمونه‌های ساخته شده باید از لحاظ رطوبت و دما مشابه شرایط محیط کارگاه زیرزمینی باشد. به همین ترتیب مدول الاستیسیته و ضریب پواسون آن‌ها نیز قابل تعیین‌اند. دستورالعمل‌های رایج بتن و سنگ برای تعیین مقاومت فشاری تک محوره را می‌توان برای توده‌های پرکننده سیمانی به کار برد.

omoorepeyman.ir

۷-۲-٤- آزمایش تعیین مقاومت برشی توده‌های پرکننده

در توده‌های پرکننده، روش رایج تعیین مقاومت برشی، استفاده از آزمایش‌های مقاومت سه محوره بر روی نمونه‌های استوانه‌ای است. پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی با استفاده از این آزمایش تعیین می‌شوند. دستورالعمل‌ها و آزمایش‌های رایج در مکانیک سنگ و خاک برای توده‌های پرکننده نیز اعتبار دارند.

۷-۲-٥- آزمایش تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی

اگر آب‌های زیرزمینی با توده‌های پرکننده سیمانی در تماس باشد یا توده‌های پرکننده در معرض هجوم آب‌های زیرزمینی قرار گیرند، باید درصد ترکیباتی از قبیل کلرید و سولفات در این آب‌ها اندازه‌گیری شود. در صورت زیاد بودن درصد این مواد لازم است تمهیداتی نظیر استفاده از مواد شیمیایی و یا تغییر نوع ماده چسباننده، پیش‌بینی شود.

۷-۲-٦- آزمایش‌های سنگ‌های در برگیرنده توده‌های پرکننده

انجام آزمایش‌های کانی‌شناسی بر روی سنگ‌های درونگیر توده پرکننده به منظور تعیین درصد ترکیبات نامطلوب از قبیل یون‌های کلرید، سولفات و نظایر آن‌ها در این سنگ‌ها الزامی است. بعد از انجام آزمایش‌ها، انتخاب مصالح مناسب و تعیین طرح اختلاط و نظایر آن‌ها، فرآیند آماده‌سازی مصالح پرکننده وارد فاز اجرایی می‌شود.

۷-۳- خردایش و دانه‌بندی مصالح

به دلیل اهمیت دانه‌بندی مصالح سنگی در مقاومت توده‌های پرکننده و نیز کیفیت توده جایگذاری شده، دانه‌بندی مصالح باید به طور مرتب اندازه‌گیری شود. دانه‌بندی یکی از عوامل موثر در تامین نیازهای طراحی توده‌های پرکننده به ویژه انواع سیمانی است. مهم‌ترین منبع تامین کننده مواد پرکننده، باطله‌های معادن روباز یا باطله‌های کارخانه‌های کانه‌آرایی‌اند که این مصالح بنا به نیازهای طراحی باید خردایش و سپس دانه‌بندی شوند.

عملیات خردایش معمولا با استفاده از سنگ‌شکن‌ها انجام می‌شود. سنگ‌شکن‌های فکی برای اولین خردایش و سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای/مخروطی برای مراحل بعدی خردایش متداول‌ترین تجهیزات‌اند.

بعد از خردایش نوبت به فرآیند دانه‌بندی مصالح است. برای دانه‌بندی مصالح خرد شده و یا شن و ماسه‌های رودخانه‌ای از سرندهای لرزان استفاده می‌شود و برای دانه‌بندی باطله‌های کارخانه‌های کانه‌آرایی، استفاده از هیدروسیکلون‌ها رایج است. مصالح با دانه‌بندی‌های مختلف، در محفظه‌های جداگانه‌ای نگهداری شوند. در فرآیند خردایش و دانه‌بندی مصالح توجه به ملاحظات زیست‌محیطی الزامی است. فرآیند حمل و نقل مصالح، خردایش و دانه‌بندی آن‌ها با تولید گرد و غبار همراه است که برای کاهش تاثیرات آن لازم است راهکارهای مناسبی دیده شود.

omoorepeyman.ir

۷-٤- آبگیری

در مورد پرکننده‌های هیدرولیکی و خمیری، حذف ذرات ریز و آبگیری از مصالح بسیار مهم است. باطله‌های کانه‌آرایی معمولا درصد قابل توجهی از ذرات ریزتر از ۱۰ میکرون دارند که قابلیت زهکشی کارگاه استخراج را کاهش می‌دهند و در نحوه جریان یافتن مواد در کارگاه استخراج، به ویژه در پر کردن‌های هیدرولیکی مشکل‌سازاند. این ذرات باید از مصالح پرکننده حذف شوند. از آنجا که آب‌های اضافی موجود در کارگاه استخراج در زمان جایگذاری یا بعد از آن باید زهکش شوند، بنابراین سیال حاوی باطله‌های کانه‌آرایی باید به طور مناسبی آبگیری شود تا میزان آبی که بر اثر تخلیه آن‌ها در کارگاه استخراج تولید می‌شود، حداقل باشد.

با توجه به محدودیت‌های اجرایی و میزان نیاز به حذف این ذرات، معمولا از هیدروسیکلون‌ها، تیکنرها، سانتریفوژها و فیلترها استفاده می‌شود.

در بین روش‌های مختلف، استفاده از هیدورسیکلون‌ها برای حذف ذرات ریز متداول‌تر از سایر روش‌هاست. قطر هیدروسیکلون‌های آبی رایج در پر کردن معادن، ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر است و قادرند ذرات ۲ تا ۲۰۰ میکرون را حذف می‌کنند. یکی از مهم‌ترین گزینه‌های جایگزینی سیکلون‌ها، تیکنرها هستند. از انواع مختلف کلاسیفایرها نیز بدین منظور استفاده می‌شود. سانتریفوژها بسیار گران‌اند ولی بازده مطلوبی دارند.

فیلترها یکی از متداول‌ترین تجهیزات برای آبگیری این مواد هستند (نظیر پسماندهای فروشویی و باطله‌های فلوتاسیون). مهم‌ترین انواع فیلترها عبارتند از:

- فیلترهای نواری
- فیلترهای دیسکی
- درام فیلترها (فیلتر خلا و تحت فشار)

فیلترهای نواری بازده خوبی دارند ولی هزینه آن‌ها بسیار زیاد است. فیلترهای دیسکی با هزینه‌ای حدود نصف هزینه‌های فیلترهای نواری بازده خوبی دارند و این قبیل فیلترها در مقیاس صنعتی تهیه پرکننده‌ها به کار می‌روند.

۷-۵- سیلوها، مخازن و انبار مواد

به منظور جلوگیری از توقف‌های ناشی از تامین به موقع مصالح، مصالح مورد نیاز باید به مقدار کافی انبار شوند. در بعضی از روش‌های پر کردن از قبیل پر کردن هیدرولیکی، خمیری یا سیال، مصالح پرکننده قبل از استفاده، آماده می‌شوند و در اختیار واحد پمپاژ قرار می‌گیرند. مصالحی از قبیل سیمان یا مواد شیمیایی را نمی‌توان در فضای آزاد نگهداری کرد. از این رو فضای مناسبی برای نگهداری مصالح، مورد نیاز است. مهم‌ترین تاسیساتی که برای نگهداری مصالح به کار می‌روند، سیلوها و سوله‌ها هستند. سیلوها معمولا از جنس بتن یا فلز و به شکل استوانه ساخته می‌شوند.

آب مورد نیاز، معمولا در مخازن بتنی یا فلزی نگهداری می‌شود. اگر مصرف آب کم باشد، از مخازن فلزی با ظرفیت‌های مختلف استفاده شود و اگر حجم آب مصرفی قابل ملاحظه باشد (مثلا در پر کردن هیدرولیکی)، از مخازن بتنی باید استفاده کرد. در مناطق سردسیر باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از یخ‌زدگی آب در مخازن آب دیده شود.

omoorepeyman.ir

برای جلوگیری از تاثیر شرایط جوی بر روی کیفیت مصالح سنگی و نیز محفوظ ماندن این مصالح از بارش‌ها، مصالح سنگی باید در فضاهای سرپوشیده نگهداری شوند و زهکشی مصالح نیز لحاظ شود. کلیه سیلوها، مخازن و محفظه‌ها باید به سیستم‌های پایش و توزین مجهز باشند.

۷-٦- تهیه پالپ

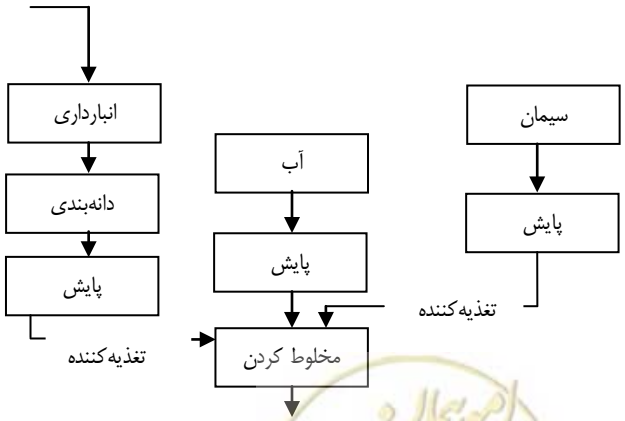
برای جلوگیری از رسوب باطله‌های کانه‌آرایی در سیلوها و کمک به جریان یافتن آن‌ها تحت نیروی گرانشی، از تجهیزاتی مانند سیستم‌های جت آب (مثلا سیستم جت آب مارکونافلو) استفاده می‌شود. این تجهیزات در داخل سیلوها نصب می‌شوند و با فشار آب باطله‌های انباشته شده را از یکدیگر جدا و ذرات را در سیال غوطه‌ور می‌سازند. این پالپ که حدود ۷۰ درصد ذرات جامد دارد، پس از اینکه در تجهیزات مخلوط‌سازی آماده شد، تخلیه می‌شود.

۷-۷- مخلوط کردن مواد

میکسرها و همزن‌ها مهم‌ترین تجهیزاتی هستند که برای مخلوط‌سازی مصالح به کار می‌روند. در قسمت مخلوط‌سازی، مصالح سنگی به مقدار لازم وارد مخزن مخلوط‌کن می‌شود سپس سیمان یا سایر مواد چسباننده از سیلوی مربوط با استفاده از نوار نقاله و یا تغذیه‌کننده (فیدر) مجهز به سیستم توزین، وزن شده و همراه با آب وارد مخلوط‌کن شده و کاملا با یکدیگر مخلوط می‌شوند. مخلوط‌سازی مصالح به یکی از روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

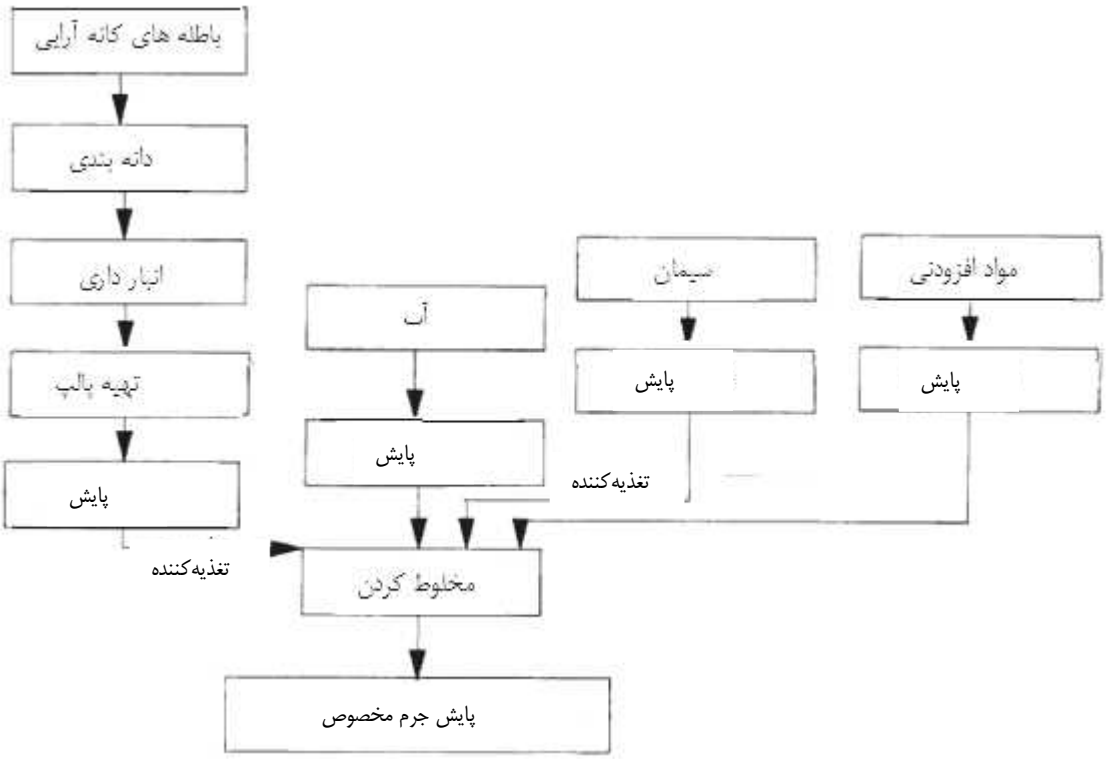
- استقرار تجهیزات مخلوط‌سازی در ایستگاه‌های سطحی
- استقرار تجهیزات مخلوط‌سازی در ایستگاه‌های زیرزمینی و سطحی
- استقرار تجهیزات مخلوط‌سازی در ایستگاه‌های زیرزمینی

در شکل‌های ۷-۱ و ۷-۲ نمودار ساده آماده‌سازی پر کردن سیمانی با شن و ماسه رودخانه‌ای و باطله‌های کانه‌آرایی و در شکل‌های ۷-۳ تا ۷-۷ نمونه‌هایی از کارخانه‌های آماده‌سازی مواد پرکننده در معادن مختلف نشان داده شده است.

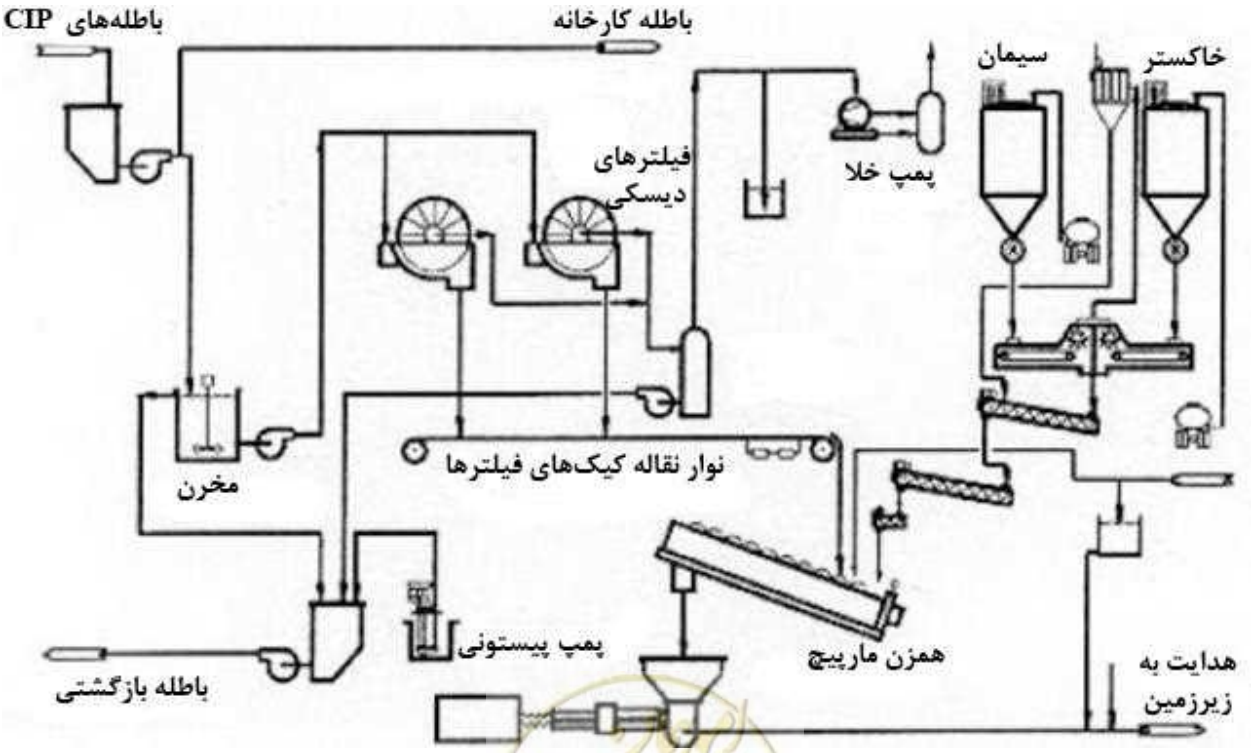


شکل ۷-۱- نمودار عملیات فرآیند آماده‌سازی پرکننده‌های سیمانی (مصالح شن و ماسه رودخانه‌ای)

omoorepeyman.ir

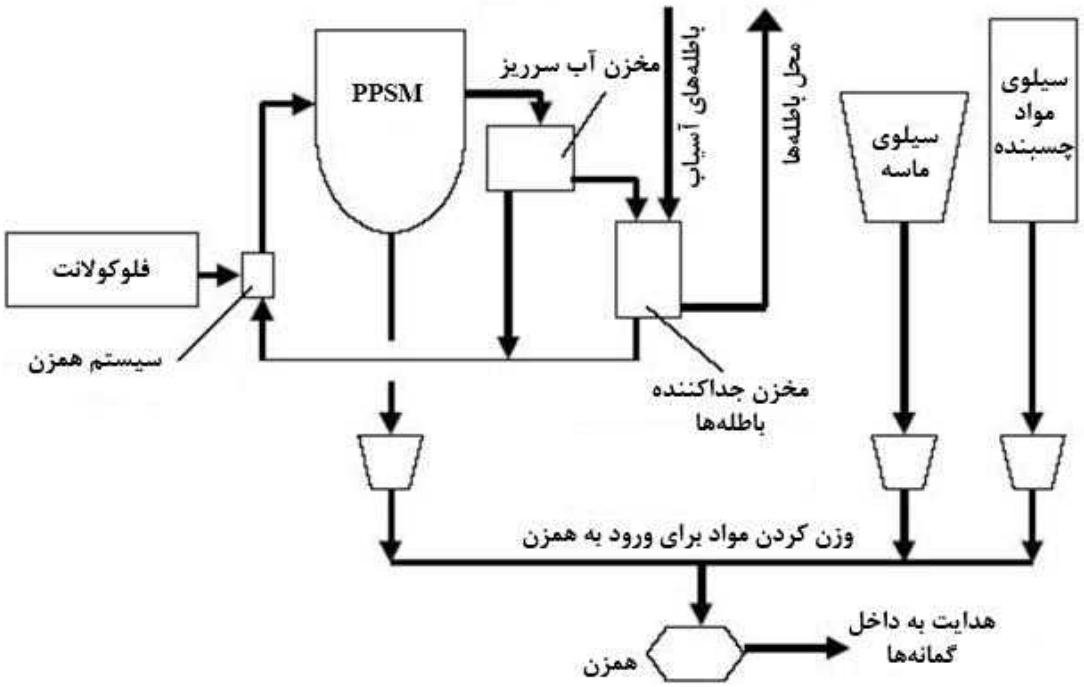


شکل ۷-۲- روندنمای عملیات آماده‌سازی پرکننده‌های سیمانی (مصالح باطله‌های کانه‌آرایی)

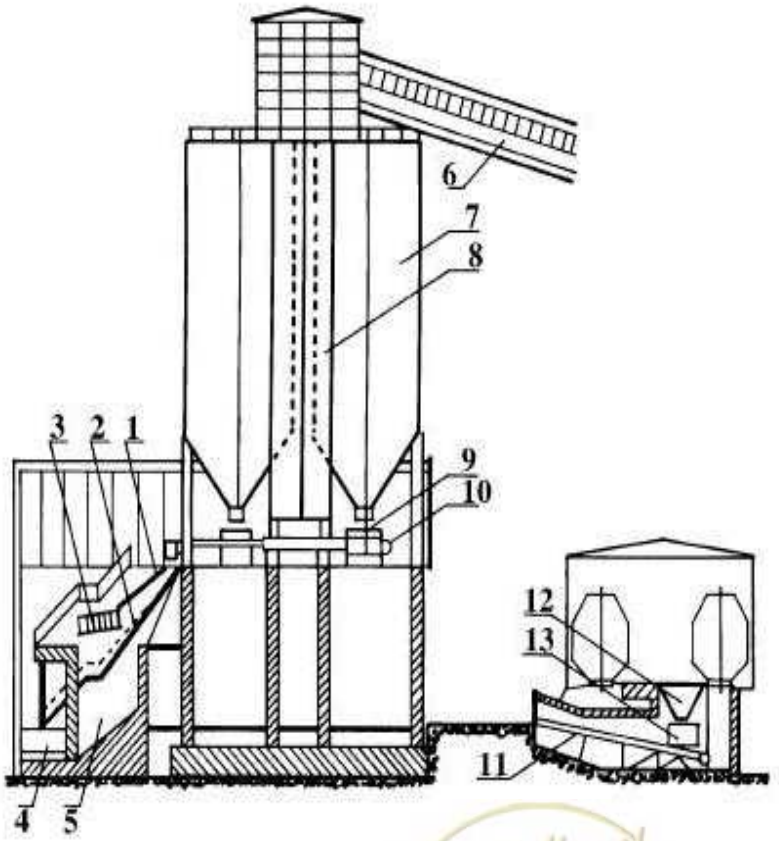


شکل ۷-۳- نمودار کارخانه تولید پرکننده خمیری در معدن طلای جیانت

omoorepeyman.ir



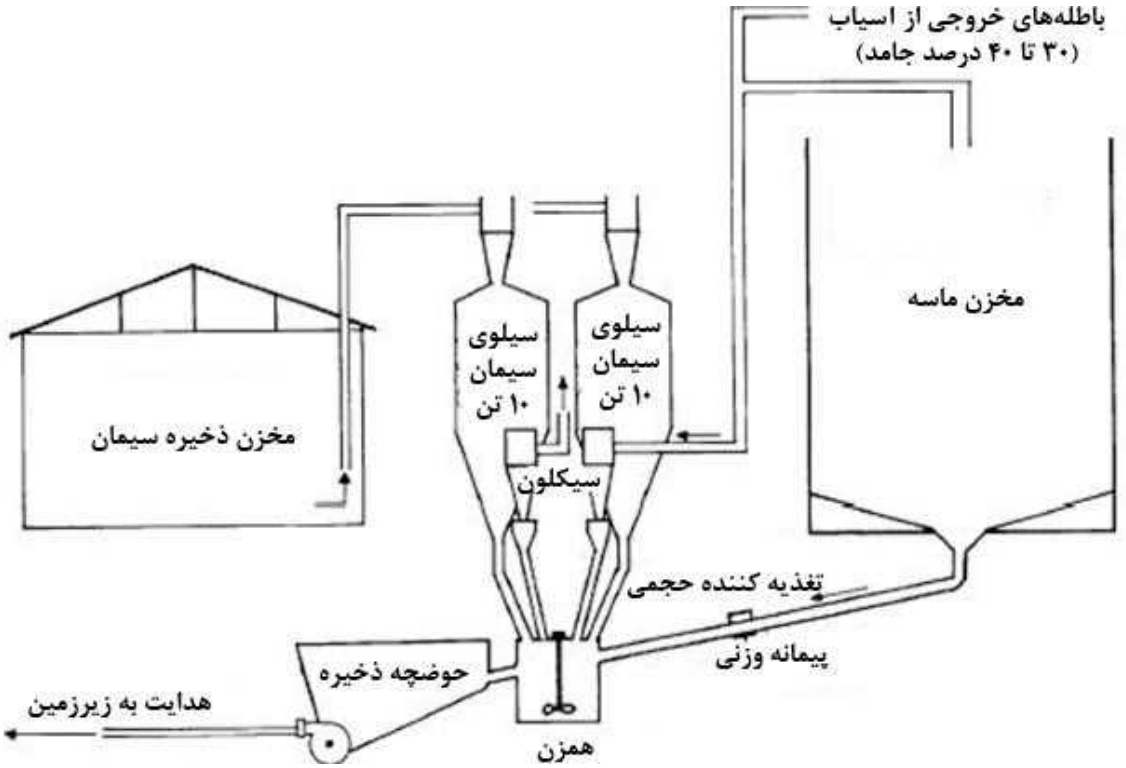
شکل ۷-٤- نمودار کارخانه تولید پرکننده خمیری در معدن ماکاسا



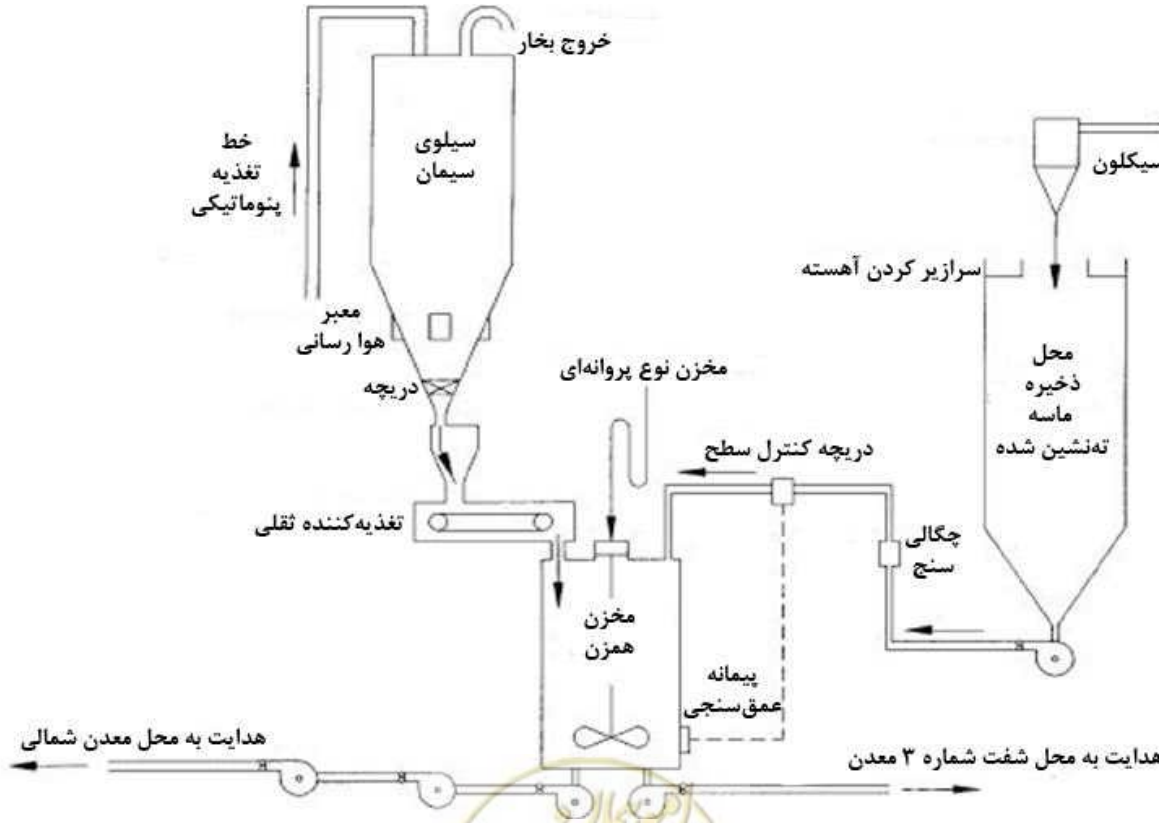
۱- سرند ثابت
۲- شوت
۳- سرند لرزان
۴- لوله
۵- قیف
۶- نوارنقاله
۷- سیلوی انبارداری شن وماسه
۸- مخزن اب
۹- ترازو
۱۰- فیدر
۱۱- نوار نقاله
۱۲- قیف تخلیه

شکل ۷-۵- نمودار کارخانه مکانیزه تولید پرکننده بدون سیمان با مصالح شن و ماسه رودخانه‌ای

omoorepeyman.ir



شکل ۷-٦- نمودار کارخانه آماده‌سازی پرکننده سیمانی در معدن کیلمبه



شکل ۷-۷- نمودار کارخانه آماده‌سازی پرکننده سیمانی در معدن جیانت

omoorepeyman.ir

فصل ۸

روش‌های حمل و اجرای پر کردن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۸-۱- آشنایی

منظور از فرآیند حمل، انتقال توده‌های پرکننده از سطح زمین به محل کارگاه استخراج است. انتخاب روش حمل مناسب برای هر معدن به عوامل زیر بستگی دارد:

- آهنگ استخراج مواد معدنی و به تبع آن آهنگ جایگذاری مورد نیاز توده‌های پرکننده
- ابعاد کارگاه‌های استخراج و تونل‌های دسترسی
- سطح مکانیزاسیون معدن
- شرایط کاری خاص معدن مانند تامین تجهیزات و لوازم یدکی، امکانات زیربنایی مثل آب و برق و نظایر آن‌ها

۸-۲- روش‌های حمل

مهم‌ترین روش‌های حمل مواد شامل دستی، به روش گرانشی، با استفاده از هوای فشرده، به وسیله پمپ و به وسیله ماشین‌آلات است.

۸-۲-۱- حمل دستی

در معادن کوچک و با تولید بسیار پایین، سرمایه‌گذاری برای خرید تجهیزات پر کردن (ساخت، حمل و جایگذاری) اقتصادی نیست. از این رو سعی می‌شود از حداقل امکانات برای انتقال مصالح پرکننده به داخل فضاهای زیرزمینی استفاده کرد. معمولا در این موارد استفاده از روش‌های مختلف پر کردن نیز مرسوم نیست و تنها از روش پر کردن خشک استفاده می‌شود و عمدتا مصالح حاصل از پیشروی تونل‌ها به وسیله کارگران با استفاده از واگن‌های معدنی یا فرغون و مانند آن به محل کارگاه استخراج، حمل می‌شود.

۸-۲-۲- حمل به روش ثقلی

استفاده از نیروی ثقل برای انتقال مصالح، یکی از مهم‌ترین روش‌های حمل توده‌های پرکننده به ویژه پر کردن خمیری است. مهم‌ترین مزیت این روش، حذف سیستم پمپاژ و هزینه‌های آن است. محدودیت‌های موجود در معادن مهم‌ترین عامل عملی نشدن چنین روشی است. در روش ثقلی، مصالح با استفاده از گمانه‌های حفر شده یا خطوط لوله‌ای که برای این کار تعبیه شده‌اند، به داخل فضاهای زیرزمینی منتقل می‌شود.

الف- گمانه‌ها

در صورتی که از گمانه‌ها برای انتقال مصالح استفاده شود، حفر حداقل دو گمانه برای این منظور الزامی است. یکی از این گمانه-ها نقش جایگزین دارد و در شرایطی که گمانه اول مسدود شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. قطر گمانه‌ها به نوع و روش پر کردن بستگی دارد. در پر کردن‌های هیدرولیکی و یا پر کردن خمیری، قطر این گمانه‌ها با آهنگ جریان این توده‌ها ارتباط مستقیم دارد و بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر تغییر می‌کند. در این حالت، اگر گمانه در بخش‌هایی با زمین نرم برخورد کند، استفاده از لوله‌های جداری الزامی است و در صورتی که در زمان حفاری در تمام طول گمانه، ریزش‌هایی ثبت شود باید طول کلی گمانه لوله‌گذاری شود. در انتهای گمانه‌ها باید فضایی تحت عنوان بونکر احداث کرد تا هم از شدت ضربه حاصل از انتقال ثقلی مواد کاسته شود و هم از محل

omoorepeyman.ir

یاد شده و با استفاده از وسایل حمل و نقل مناسب مانند لودر، واگن، نوار نقاله و نظایرآن‌ها) مصالح پرکننده در یک تراز خاص انتقال یابند.

ب- لوله‌ها

استفاده از لوله‌ها، رایج‌ترین روش انتقال توده‌های پرکننده به داخل فضاهای زیرزمینی است. مشابه گمانه‌ها، قطر لوله‌ها به آهنگ جریان و سیالیت توده‌های پرکننده بستگی دارد. برای آهنگ انتقال ۱۵۰ تن در ساعت و توده پرکننده با اسلامپ ۱۷۵ میلی‌متر (پر کردن خمیری یا پر کردن هیدرولیکی) قطر خطوط لوله در حد ۱۵۰ میلی‌متر مناسب است و اگر آهنگ جایگذاری به ۲۰۰ تن در ساعت برسد، قطر خطوط لوله باید حداقل ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۸-۲-۳- حمل با استفاده از هوای فشرده

در این روش مصالح مورد نیاز برای پر کردن، با استفاده از خطوط لوله و هوای فشرده منتقل می‌شوند. این روش به دلیل هزینه بالا و استفاده از هوای فشرده، برای حمل کلی مصالح به کار نمی‌رود و تنها برای جابه‌جایی موضعی مصالح، به صورت خشک، در داخل تونل‌ها استفاده می‌شود. این روش عمدتا در حد فاصل نقاط تخلیه مصالح پرکننده تا دهانه کارگاه استخراج به کار می‌رود.

۸-۲-٤- حمل به وسیله پمپ

ترکیب انواع پمپ‌ها و خطوط لوله، یکی از رایج‌ترین روش‌های انتقال مصالح پرکننده در پر کردن هیدرولیکی و خمیری است. پمپ‌های دیافراگمی و پیستونی مهم‌ترین پمپ‌هایی هستند که برای انتقال مواد پرکننده به صورت خمیری به کار می‌روند. از پمپ‌های پیستونی معمولا برای حجم کم و فاصله پمپاژ نسبتا کوتاه استفاده می‌شود. برای انتقال مواد در روش پر کردن هیدرولیکی عمدتا از پمپ‌های گریز از مرکز استفاده می‌شود. در انتقال مصالح به وسیله پمپ‌ها باید توجه داشت که سرعت انتقال مصالح بیشتر از سرعت بحرانی ته‌نشینی سیالات باشد.

۸-۲-۵- حمل به وسیله ماشین‌آلات

در فرآیند پر کردن در صورتی که ابعاد تونل‌ها و راهروهای معدن اجازه استفاده از ماشین‌آلات حمل مانند تراک میکسر، کامیون، نوار نقاله و نظایر آن‌ها را بدهد، استفاده از آن‌ها بسیار متداول است. مهم‌ترین تجهیزات و ماشین‌آلاتی که به این منظور استفاده می‌شوند شامل تراک میکسرها (معدنی- تونلی)، کامیون‌های معدنی، واگن‌های معدنی و نوار نقاله است.

کاربرد تراک میکسرها برای مواردی است که از مواد پرکننده سیمانی برای پر کردن فضاهای استخراجی استفاده می‌شود. مزیت استفاده از این تجهیزات، برهم نخوردن یکنواختی توده و عدم جدایش مصالح در مسیر حمل است. تراک میکسرها در انواع و ظرفیت‌های مختلفی ساخته می‌شوند و بسته به ابعاد تونل‌ها و راهروهای معدنی قابل تهیه‌اند. نکته بسیار مهم در تعداد تراک میکسر این است که نباید آن قدر زیاد باشد که در نقطه تخلیه چندین تراک برای تخلیه منتظر بمانند و نه آنقدر کم باشد که در فرآیند تخلیه، وقفه ایجاد شود. کامیون‌ها و واگن‌های معدنی عمدتا برای انتقال مصالح پرکننده خشک تا محل کارگاه استخراج استفاده می‌شوند.

omoorepeyman.ir

۸-۳- اجرای پر کردن

۸-۳-۱- پر کردن به روش دستی

این روش برای معادن کوچک با میزان تولید پایین استفاده می‌شود. در این روش کارگران، دیوارهای بدون ملات می‌سازند، با پیشرفت سنگ‌چینی‌ها، سنگ‌های کوچک را به وسیله بیل در پشت دیوارها می‌ریزند. مواد پرکننده از تخریب ناقص سقف بلاواسطه در منطقه تخریب به دست می‌آید. اگر مواد یاد شده کافی نباشد، مواد حاصل از آتشباری سقف نیز به آن افزوده می‌شود. در این روش پر کردن، چون فضای خالی بین مصالح پرکننده قابل توجه است، کیفیت پر کردن ضعیف است و معمولا فشار بسیار زیادی بر روی قوس‌های راهروهای ورودی کارگاه اعمال می‌شود. در این روش، راندمان هر کارگر در هر شیفت در لایه‌ای به ضخامت ۱ تا ۱٫۵ متر، حدود ۱۰ تا ۱۲ متر مکعب و تنها مزیت این روش، سهولت کار است.

۸-۳-۲- پر کردن به روش ثقلی

از روش پر کردن با نیروی ثقل در لایه‌هایی با شیب بیش از ۴۲ درجه که جبهه‌کار به صورت مورب یا روی خط بزرگترین شیب قرار دارد، استفاده می‌شود.

الف- مزایای پر کردن ثقلی

- سهولت عملیات
- انعطاف‌پذیری سیستم
- امکان استفاده از مواد با دانه‌بندی متغیر حتی تا ۱۲۰ میلی‌متر
- تحکیم خوب در لایه‌های قائم
- راندمان بالا در فضاهای بزرگ

ب- محدودیت‌های پر کردن ثقلی

- تعداد زیاد کارگران مورد نیاز
- نشت هوا از بین مواد پرکننده (امکان خودسوزی)
- مشکل شدن تنظیم تهویه معدن
- عدم کاربرد در لایه‌های کم شیب به دلیل تراکم کم مواد پرکننده
- جدا شدن مواد دانه ریز و درشت تحت نیروی ثقل
- مشکل بودن حمل مصالح مرطوب به وسیله نقاله یا واگن به محل تخلیه و داخل فضای کارگاه
- کاهش راندمان با افزایش فاصله تا محل تخلیه مواد

۸-۳-۳- پر کردن مکانیکی (نوار نقاله)

در این روش، مواد به وسیله نوار نقاله حمل و با نوار بسیار سریع دیگری به انتهای کارگاه پرتاب می‌شود. یک نوار سراسری، حمل مواد را انجام می‌دهد و پاروی موربی که روی آن قرار گرفته، باعث انتقال مواد به یک نوار کوچک در زیر می‌شود. این نوار با

omoorepeyman.ir

سرعت ۱۰ متر در ثانیه مواد را به انتهای کارگاه پرتاب می‌کند. با ادامه عملیات پر کردن، نوار پرتاب‌کننده به آرامی به بالا کشیده می‌شود. یک توری سیمی فضای پر شده را از خط جبهه‌کار جدا می‌کند. فضای خالی باقی‌مانده در این روش ده تا پانزده درصد است. این روش برای لایه‌های ضخیم و افقی مناسب است. بنابراین در جایی که محدودیت فضا وجود داشته باشد، سیستم پر کردن با هوای فشرده را کـــه به فضای بسیار کمتری نیاز دارد، جایگزین این سیستم می‌کنند. برای اطلاعات بیشتر به نشریه‌های "دستورالعمل ترابری در معادن" و "راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای فرآوری" مراجعه شود.

الف- مزایای پر کردن مکانیکی

- تراکم مناسب مواد پرکننده
- مصرف کم انرژی
- سهولت تجهیزات
- راندمان بالا در مقایسه با روش دستی
- توانایی در پر کردن تا زیر سقف و قسمت‌های بالایی کارگاه

ب- محدودیت‌های پر کردن مکانیکی

- فاصله پرتاب محدود است و به این منظور باید در نزدیکی محل مورد نظر قرار گیرد.
- به کارگیری ماشین‌آلات مکانیکی در کارگاه‌ها، محدودیت دارد.
- استهلاک و پاره شدن نوار زیاد است.
- ایجاد گرد و غبار باید با روش‌های خاص کنترل شود.
- مواد پرکننده باید با وسایل دیگر تا محل دستگاه حمل شوند.

۸-۳-٤- پر کردن با استفاده از هوای فشرده

در این روش مواد پرکننده در داخل لوله‌هایی حمل و به کمک هوای فشرده به انتهای کارگاه پرتاب می‌شوند. این روش به دلیل نیاز به کمترین تجهیزات، متداول‌ترین روش پر کردن است. معدن باید قادر به تامین شدت جریان قابل ملاحظه‌ای از هوای فشرده باشد زیرا مقدار هوای مصرفی به وسیله یک ماشین پرکننده تقریبا برابر تولید یک کمپرسور متوسط در سطح زمین است.

کاربرد عمده روش پر کردن با هوای فشرده در معادن زغال‌سنگ و فلزی است. لوله‌های راهروهای خروجی را با بازالت پوشش می‌دهند تا فرسودگی کم شود و برای حمل ۵۰۰,۰۰۰ تن مواد دوام داشته باشند. لوله‌های فولادی منگنزدار در کارگاه برای انتقال۳۰۰,۰۰۰ تن مواد و زانویی‌های ۹۰ درجه برای انتقال ۶۰۰۰ تن مواد دوام دارند. حجم هوای لازم ۵۰ تا ۱۲۰ برابر حجم ظاهری سنگ‌ها است. فشار هوای مورد نیاز ۲/۵ تا ۴ اتمسفر است. افت فشار در زانوها زیاد است به طوری که در یک زانو با زاویه ۹۰ درجه در یک لوله با قطر داخلی ۱۵۰ میلی‌متر به اندازه ۵۰ متر طول لوله مستقیم افت ایجاد می‌شود.

ماشین‌های پرکننده با هوای فشرده به دو نوع صندوقه‌ای و پروانه‌ای تقسیم می‌شوند. ماشین‌های پرکننده اغلب در کارگاه استخراج قرار ندارند، بلکه در تونل فرعی یا اصلی مستقرند. ماشین پروانه‌ای از نظر اقتصادی با صرفه‌تر و مصرف هوای فشرده آن کمتر است. محور پروانه‌ها ممکن است افقی یا قائم باشند.

omoorepeyman.ir

در روش بادی مهم‌ترین مساله بیشتر بودن سرعت ذرات در داخل لوله نسبت به سرعت ته‌نشینی مواد است. شرایط مناسب برای اجرای روش پر کردن با هوای فشرده به شرح زیر است:

- ماده پرکننده به طور منظم و یکنواخت تغذیه شود.
- در محل تحویل مواد به ماشین، مقدار افت فشار کم باشد.
- نشت هوا در شبکه وجود نداشته باشد.
- دانه‌بندی مناسب مواد به گونه‌ای باشد که بیش از قطر لوله نباشد و حداکثر قطر ذرات ۷ تا ۸ سانتی‌متر باشد.
- لوله‌ها با قطر مناسب انتخاب شود.
- ذرات مواد پرکننده باید ترجیحا از جنسی باشد که کمترین سایش را تولید کند.
- مواد چسبناک نباشند و رطوبت مواد پرکننده بیش از ۳۰ درصد نباشد. در غیر این صورت باعث چسبیدن ذرات به یکدیگر و گرفتگی لوله می‌شود.
- سرعت هوای لازم باید با سرعت مواد هماهنگ باشد.
- تعداد زانویی‌های شبکه حتی‌المقدور کم و اتصالات به گونه‌ای باشد که از گیر کردن مواد جلوگیری کند.
- هوا به طور خودکار کنترل شود.
- لوله‌ها در فواصل زمانی معین به اندازه ۶۰ درجه چرخانده شود.

الف- مزایای پر کردن با هوای فشرده

- راندمان بالا
- تراکم زیاد مواد پرکننده
- سهولت انجام عملیات
- سهولت حمل مواد
- امکان مکانیزه بودن
- خیس نشدن داخل کارگاه
- عدم نیاز به ایستگاه پمپاژ، مخزن آب و تصفیه

ب- محدودیت‌های پر کردن با هوای فشرده

- ضرورت ایجاد تاسیسات بزرگ تولید هوای فشرده و الکتریسیته
- قیمت بالای تجهیزات
- مصرف زیاد انرژی (حدود ۱۳ تا ۲۰ کیلو وات-ساعت برای هر متر مکعب خاک)
- استهلاک زیاد ماشین‌آلات و لوله‌ها
- احتمال گرفتگی لوله
- ایجاد گرد و غبار که باید با پاشیدن آب کنترل شود.
- انعطاف‌پذیری کم سیستم

omoorepeyman.ir

- ضرورت چرخاندن لوله در دوره‌های زمانی خاص

۸-۳-۵- پر کردن با استفاده از پمپ

استفاده از پمپ‌ها در جایگذاری توده‌های پرکننده سیمانی، خمیری و هیدرولیکی بسیار رایج است. مهم‌ترین پارامترهایی که باید در انتخاب پمپ‌ها مد نظر قرار گیرند عبارتند از:

- ماهیت سیالی که پمپ می‌شود.
- ظرفیت مورد نیاز
- فشار کلی مورد نیاز
- نوع منبع تامین انرژی پمپ
- محدودیت‌های وزنی، حجمی و جانمایی پمپ
- هزینه‌های خرید و نصب پمپ
- هزینه‌های عملیاتی پمپ
- استانداردها و دستورالعمل‌های قانونی موجود
- ملاحظات و شرایط مد نظر برای مکش و تخلیه پمپ

مهم‌ترین انواع پمپ‌هایی که برای پر کردن استفاده می‌شود، پمپ‌های گریز از مرکز و پمپ‌های رفت و برگشتی‌اند. از پمپ‌های اخیر در مواردی استفاده می‌شود که جرم مخصوص سیال بالا و مسیر حمل مواد پرکننده طولانی باشد در حالی که پمپ‌های گریز از مرکز برای انتقال انواع مختلفی از مواد پرکننده و با ابعاد تا حداکثر ۲۳ سانتی‌متر کاربرد دارند.

۸-۳-٦- پر کردن با استفاده از تراک میکسر

این روش پر کردن تنها در مورد پرکننده‌های سیمانی کاربرد دارد و در آن، توده‌های پرکننده سیمانی پس از حمل به داخل فضاهای زیرزمینی، به صورت مستقیم با تراک میکسر در داخل کارگاه تخلیه می‌شود. شرایط اصلی استفاده از این روش به شرح زیر است:

- ابعاد تونل‌ها و راهروهای دسترسی به کارگاه استخراج اجازه تردد به تراک میکسرها را بدهد.
- حجم جایگذاری توده‌های پرکننده قابل توجه باشد.
- امکان دسترسی به تراز بالاتر کارگاه استخراج فراهم باشد تا بتوان عملیات تخلیه را به راحتی انجام داد.

omoorepeyman.ir

فصل ۹

امکان‌سنجی پر کردن

omoorepeyman.ir

۹-۱- آشنایی

هزینه‌های پر کردن یا به صورت هزینه به ازای هر تن ماده پرکننده و یا به صورت هزینه به ازای هر تن ماده معدنی بیان می‌شود، ولی هزینه‌های پر کردن ممکن است تا ۱۷ درصد کل هزینه‌های استخراج برسد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی پر کردن در معادن تا حد بسیار زیادی به شرایط معدن و آهنگ پر کردن بستگی دارد. مهم‌ترین شرایط استخراج که بر هزینه‌های پر کردن تاثیر مستقیم یا غیرمستقیم دارد، عبارتند از:

- روش استخراج: هزینه‌های پر کردن در یک کارگاه روش کندن و آکندن با روش کارگاه باز قابل مقایسه نیست.
- سطح تکنولوژی معدن
- بازکننده‌های معدن: انتقال مصالح از طریق چاه‌های معدنی نسبت به رمپ‌ها (شیب‌راهه) و یا تونل‌هایی که در آن‌ها ماشین‌های چرخ لاستیکی تردد دارند، هزینه بیشتری دارد.
- هزینه نیروی انسانی: در بعضی از مناطق، هزینه دستمزد نیروی انسانی پایین است که این مساله ممکن است هزینه‌های اجرایی و یا حتی روش اجرایی پر کردن را به شدت تحت تاثیر قراردهد.
- هزینه حامل‌های انرژی: این عامل در هزینه‌های حمل مصالح تاثیر چشمگیری دارد.
- نحوه ارتباط حفریات زیرزمینی با یکدیگر و با سطح زمین: در صورتی که معدن قبلا به وسیله گمانه یا دویل‌هایی با سطح زمین ارتباط داشته باشد، هزینه‌های پر کردن نسبت به حالتی که این ارتباطات وجود نداشته باشد، به شدت تغییر می‌کند.

آهنگ پر کردن به میزان قابل توجهی به روش استخراج و آهنگ تولید معدن بستگی دارد. این آهنگ باید به نحوی کنترل شود که نیازهای اجرایی را با حداقل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و اجرایی تامین کند. آهنگ تولید بالا به هزینه سرمایه‌گذاری بیشتری نسبت به آهنگ تولید پایین نیاز دارد ولی هزینه کلی پر کردن با آهنگ بالا، معمولا کمتر از آهنگ پایین تولید مواد پرکننده است. مشابه سایر فعالیت‌های معدنی، هزینه‌های پر کردن به دو دسته هزینه‌های سرمایه‌گذاری و جاری یا عملیاتی تقسیم می‌شود.

۹-۲- هزینه‌های سرمایه‌گذاری

هزینه‌های سرمایه‌گذاری پر کردن تا حد بسیار زیادی به آهنگ پر کردن، روش پر کردن، شرایط محلی منطقه، روش‌های انتقال و جایگذاری بستگی دارد که در این میان تاثیر آهنگ و روش پر کردن بیشتر از سایر عوامل است. مهم‌ترین هزینه‌های سرمایه‌گذاری پر کردن عبارتند از:

- احداث کارگاه و یا کارخانه پر کردن
- احداث شبکه حمل و یا خرید تجهیزات حمل و نقل

که در این میان هزینه‌های احداث شبکه حمل و نقل و خرید تجهیزات به طور معمول از هزینه احداث کارگاه تولید مواد پرکننده کمتر است.

۹-۲-۱- هزینه احداث کارگاه و یا کارخانه پر کردن

یکی از پرهزینه‌ترین بخش‌ها و یا اجزای پر کردن معادن، کارخانه تولید مواد پرکننده است. به طور معمول این کارخانه شامل سه

omoorepeyman.ir

بخش اصلی، نگهداری مواد اولیه، تجهیزات مخلوط‌سازی و انتقال است. تجهیزات توزین دقیق مصالح نیز جزو لاینفک این کارگاه‌ها است. هزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای احداث یک کارگاه تولید مواد پرکننده با آهنگ استفاده از مواد پرکننده و یا آهنگ پر کردن ارتباط مستقیم دارد به نحوی که با افزایش آهنگ پر کردن، هزینه احداث کارخانه نه به صورت خطی بلکه به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد.

نکته بسیار مهم در احداث کارخانه تولید مواد پرکننده، جانمایی آن است. هر چقدر این جانمایی درست‌تر و اصولی‌تر انجام شده باشد، هزینه‌های بعدی پر کردن از قبیل حمل و نقل مصالح تا محل کارخانه، حمل و نقل توده پرکننده از محل کارخانه تا دهانه حفریات زیرزمینی و نظایر آن‌ها به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد.

نکته دیگری که باید در جانمایی کارخانه ساخت مواد پرکننده این است که کارخانه نباید در حریم معدن یا ماده معدنی و کارگاه‌های استخراج واقع شود. در غیر این صورت با استخراج ماده معدنی و نشست احتمالی کارگاه استخراج و به تبع آن سطح زمین، خسارت‌های جبران‌ناپذیری به کارخانه وارد می‌شود.

۹-۲-۲- هزینه خرید تجهیزات یا احداث شبکه حمل

حمل و نقل مصالح پرکننده به سه بخش انتقال سطحی، انتقال از سطح به زیرزمین و انتقال زیرزمینی تقسیم‌بندی می‌شود و منظور از احداث و یا خرید شبکه حمل، هر سه بخش است. برای استفاده از هر یک از روش‌های حمل مورد نظر لازم است تا زیرساخت‌ها و نیازهای آن سیستم (حفر گمانه در روش ثقلی و یا خرید پمپ در حمل و نقل با پمپ و نظایر آن‌ها) در محل تامین شود. مهم‌ترین هزینه‌های عملیات حمل و نقل به صورت زیر است:

الف- حفر گمانه‌های زیرزمینی
- حفر گمانه یا دویل
- پوشش داخلی گمانه یا دویل

ب- تجهیزات ایستگاه پمپاژ
- خرید پمپ
- خرید لوله‌های انتقال
- نصب و راه‌اندازی سیستم

پ- تجهیزات چرخ لاستیکی
- خرید تجهیزات مخصوص فضاهای سطحی
- خرید تجهیزات مخصوص فضاهای زیرزمینی

ت- تجهیزات پیوسته
- خرید نوار نقاله
- خرید ناو زنجیری
- نصب و راه‌اندازی

ث- تجهیزات هوای فشرده

omoorepeyman.ir

- خرید کمپرسورها
- خرید لوله، مخزن، اتصالات و نظایر آن‌ها
- نصب و راه‌اندازی

۹-۳- هزینه‌های عملیاتی

هزینه‌های عملیاتی پر کردن تا حد بسیار زیادی به آهنگ پر کردن، روش پر کردن، بود یا نبود مواد چسباننده، شرایط محلی منطقه، روش انتقال و روش جایگذاری بستگی دارد.

۹-۳-۱- هزینه تهیه مصالح

از آنجا که معمولا از مصالح و باطله‌های خود معادن به منظور پر کردن استفاده می‌شود، بنابراین معادن برای تهیه مصالح سنگی مورد نیاز در توده‌های پرکننده هزینه‌ای نمی‌پردازند. در صورتی که از پرکننده‌های سیمانی استفاده شود، مهم‌ترین هزینه تهیه مصالح، تهیه مواد چسباننده به ویژه سیمان است. نکته بسیار مهم در مورد مواد چسباننده این است که به دلیل شرایط سخت نگهداری این مواد و نیز داشتن تاریخ مصرف (افزودنی‌هایی که به توده‌های سیمانی اضافه می‌شوند) عملا خریداری و نگهداری درازمدت آن‌ها ممکن نیست.

در بعضی از معادن از شن و ماسه برای پر کردن استفاده می‌شود که در این حالت هزینه‌های خرید مصالح باید در نظر گرفته شود. در پر کردن هیدرولیکی، هزینه تامین آب، بخش بزرگی از هزینه‌های عملیاتی را تشکیل می‌دهد. در صورتی که معدن از بابت منابع آب در مضیقه باشد، به دلیل بالا بودن هزینه‌های انتقال استفاده از پر کردن هیدرولیکی مجاز نیست و یا در صورت استفاده، تمهیدات لازم برای تصفیه آب و استفاده از آب برگشتی فراهم شود.

۹-۳-۲- هزینه‌های حمل و نقل

در میان هزینه‌های عملیاتی پر کردن، حمل و نقل مصالح بیشترین سهم را به خود اختصاص می‌دهد. حمل و نقل مصالح پرکننده به سه بخش سطحی، سطحی به زیرزمینی و زیرزمینی تقسیم می‌شود که هزینه‌های عملیاتی حمل و نقل زیرزمینی بسیار بیشتر از سایر هزینه‌ها است. اگر برای حمل مصالح از سطح به داخل فضاهای زیرزمینی از گمانه‌ها استفاده شود، هزینه حمل و نقل نسبت به حالتی که از ماشین‌آلات معدنی استفاده می‌شود، بسیار کمتر است. با توجه به سیستم‌های مختلف حمل و نقل، مهم‌ترین هزینه‌های آن را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

الف- گمانه‌های زیرزمینی
- هزینه بازگشایی انسدادهای احتمالی ناشی از گیر کردن مصالح
- هزینه نگهداری پوشش داخلی

ب- تجهیزات هیدرولیکی
- هزینه برق مصرفی
- سرویس و نگهداری دوره‌ای

omoorepeyman.ir

- هزینه تعویض اتصالات، لوله‌ها و نظایر آن‌ها

پ- انتقال به وسیله ماشین‌آلات چرخ‌لاستیکی

- هزینه سوخت
- هزینه لاستیک
- هزینه سایر اقلام مصرفی (فیلتر، روغن و نظایر آن‌ها)

ت- انتقال پیوسته

- هزینه خرید و تعویض نوار لاستیکی
- هزینه برق مصرفی
- هزینه سایر اقلام از قبیل غلتک‌ها و نظایر آن‌ها

ث- انتقال با هوای فشرده

- هزینه برق/سوخت
- هزینه سرویس و نگهداری تجهیزات

۹-۳-۳- هزینه‌های قالب‌بندی

در پرکننده‌های سیمانی، هزینه‌های قالب‌بندی بخش بزرگی از هزینه‌های عملیاتی را تشکیل می‌دهند. یکی از مهم‌ترین دلایل هزینه نسبتا بالای قالب‌بندی، این است که چون شرایط محل‌های مورد نیاز برای قالب‌بندی معمولا یکنواخت نیست، قالب‌ها به صورت موضعی ساخته می‌شوند و استفاده مجدد از آن‌ها در سایر نقاط امکان پذیر نیست.

۹-۳-٤- هزینه نیروی انسانی

در معادن ایران نقش نیروی انسانی به مراتب پررنگ‌تر از ماشین‌آلات و تجهیزات است و بر این اساس هزینه‌های نیروی انسانی بیشترین هزینه عملیاتی را تشکیل می‌دهند. در بسیاری از معادن ایران، از حمل و نقل دستی برای انتقال مصالح پرکننده استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱۰

مخاطرات و روش‌های کنترل

آن در پر کردن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۰-۱- آشنایی

یکی از راهکارهای عملی در کاهش مخاطرات معدنکاری، پر کردن فضاهای خالی ناشی از استخراج مواد معدنی است. پر کردن از جنبه‌های مختلفی شرایط معدنکاری و خطرات ناشی از آن را کاهش می‌دهد که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

- افزایش ایمنی کارگاه استخراج
- بهبود شرایط تهویه
- پیشگیری از احتمال انفجار گاز زغال‌سنگ
- کاهش احتمال بروز پدیده ترکش سنگ
- کاهش نشست سطح زمین

۱۰-۲- ایمنی کارگاه استخراج

از آنجا که در معادن، کارگاه‌های استخراج معمولا حالت پویا دارند و به طور مرتب در حال پیشروی هستند، نگهداری آن‌ها به صورت موقت است. در روش‌های استخراج متداول در لایه‌های شیب‌دار، از قبیل روش استخراج جبهه‌کار بلند و مانند آن اقتصادی‌ترین راه نگهداری قسمت انتهای کارگاه، تخریب سقف این ناحیه است. در این روش پس از تخریب سقف کارگاه با توجه به ازدیاد حجم به صورت نابرجا، فضای استخراج شده پر می‌شود. مهم‌ترین مزیت این روش سادگی و کم هزینه بودن آن است ولی مشکلاتی مانند اعمال فشارهای نامتعارف در صورت افزایش گام تخریب، غیرقابل پیش‌بینی بودن فرآیند تخریب سنگ، تخریب‌های نابهنگام و نظایر آن‌ها باعث می‌شود که این فعالیت مخاطرات بسیار زیادی داشته باشد به ویژه در شرایطی که سنگ سقف استحکام نسبی داشته باشد و طول گام‌های تخریب افزایش پیدا کند. در این وضعیت راه حل مناسب، پر کردن کارگاه استخراج است. در این حالت مواد پرکننده اجازه هرگونه حرکت، تخریب و مانند آن را به سنگ سقف نمی‌دهند که باعث می‌شود، ضریب ایمنی کارگاه استخراج افزایش یابد.

در لایه‌های قائم و روش‌های استخراجی از قبیل کندن و آکندن، مواد پرکننده علاوه بر اینکه نقش سکوی کار برای ماشین‌آلات و نیروی انسانی را فرآهم می‌آورد، در حد فاصل کمربالا و کمرپایین ماده معدنی قرار می‌گیرد و مانع از همگرایی و تخریب کمرهای ماده معدنی می‌شود. این امر بهبود قابل ملاحظه ایمنی معادن را در پی دارد.

۱۰-۳- بهبود شرایط تهویه

نشت هوا یکی از مهم‌ترین معضلات تهویه در معادن است و یکی از اصلی‌ترین محل‌های نشت هوا، قسمت‌های انتهای کارگاه‌های استخراجی است که برای نگهداری آن‌ها از تخریب استفاده شده است. فرآیند تخریب یک پدیده غیرقابل پیش‌بینی است و نمی‌توان انتظار داشت که در فرآیند تخریب، قسمت انتهای کارگاه به طور کامل مسدود شود. از این رو فضای خالی بین قطعات ریز و درشت سنگ‌های تخریب شده مسیر مناسبی برای نشت هوا است. در صورتی که از روش‌های پر کردن، به ویژه پر کردن‌های

omoorepeyman.ir

سیمانی و یکپارچه برای نگهداری قسمت انتهای کارگاه استفاده شود، به دلیل یکنواختی فضای پر شده عملا راه فرار اندکی برای خروج هوای عبوری از داخل کارگاه باقی می‌ماند و بدین ترتیب نشت به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند.

۱۰-٤- ترکش سنگ

یکی از دلایل بروز ترکش سنگ در معادن و کارگاه‌های استخراج، افزایش ناگهانی میزان تنش در سقف کارگاه استخراج و اعمال فشار به سنگ‌های سقف و یا ماده معدنی نمایان در جبهه‌کار است که این امر نهایتا منجر به شکست ناگهانی سنگ‌ها و هجوم همه جانبه آن‌ها به داخل کارگاه استخراج می‌شود. این مساله علاوه بر خسارت‌های مالی فراوان، بروز تلفات انسانی را به دنبال دارد.

پر کردن به عنوان یکی از راهکارهای مناسب کنترل توزیع و میزان تنش در کارگاه استخراج، نقش مهمی در کاهش مخاطرات ناشی از بروز پدیده ترکش سنگ در معادن دارد.

۱۰-۵- پیشگیری از احتمال انفجار گاز زغال‌سنگ

میزان گاز زغال‌سنگ موجود در لایه‌های زغال‌سنگی متنوع است. از این رو در معادن زغال‌سنگ تلاش‌ها و فعالیت‌های زیادی، در راستای کاهش غلظت این گاز در هوای معدن انجام می‌شود که یکی از این فعالیت‌ها پر کردن است. پر کردن باعث بهبود شرایط تهویه می‌شود. پر کردن با کاهش نشت هوا در کارگاه استخراج به جریان بهتر هوا در داخل کارگاه استخراج کمک می‌کند، از این‌رو هوای تازه باعث رقیق شدن گاز زغال‌سنگ می‌شود و خطر انفجار کاهش پیدا می‌یابد. مواد پرکننده، فضاهای خالی قسمت انتهای کارگاه استخراج را به خوبی پر می‌کنند به نحوی که فضایی برای انباشت گاز زغال‌سنگ در آن‌ها باقی نمی‌ماند.

۱۰-٦- نشست سطح زمین

مشکلات ناشی از نشست سطح زمین از قبیل تخریب محیط زیست، تخریب منازل مسکونی و یا حتی تاسیسات سطحی معدن، تخریب دریاچه‌ها و نظایر آن‌ها باعث شده است تا در معدنکاری نگاه ویژه‌ای به مقوله نشست سطح زمین شود.

برای کاهش نشست سطح زمین و یا به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن روش‌های متنوعی وجود دارد که در این بین پر کردن یکی از موثرترین روش‌ها است. در این روش با پر کردن حد فاصل سقف و کف کارگاه‌های استخراج عملا اجازه هیچ گونه حرکتی به سنگ سقف داده نمی‌شود، در نتیجه نشست به حداقل مقدار خود می‌رسد. در بین روش‌های مختلف، پر کردن‌های سیمانی یکپارچه بیشترین تاثیر را در کاهش نشست سطح زمین دارند. برای اطلاعات بیشتر به نشریه "دستورالعمل ارزیابی و کنترل نشست در معادن" مراجعه شود.

۱۰-۷- جنبه‌های مخاطره‌آمیز پر کردن

در کنار مزیت‌هایی که برای پر کردن ذکر شد، پر کردن به عنوان یک فرآیند و فعالیت در چرخه استخراج ممکن است باعث بروز مخاطراتی شود که شناخت آن‌ها و تلاش برای رفع آن‌ها باعث بهبود شرایط این فعالیت می‌شود.

omoorepeyman.ir

۱۰-۷-۱- انتشار گرد و غبار

در صورتی که از پر کردن خشک استفاده شود و یا برای انتقال مواد پرکننده هوای فشرده و یا نوار نقاله به کار رود و یا مواد پرکننده به صورت دستی و یا ثقلی در کارگاه انباشته شوند، عملیات پر کردن همراه با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای گرد و غبار در محیط معدن می‌شود که این امر مخاطرات جدی از بابت تنفس افراد ایجاد می‌کند.

۱۰-۷-۲- افزایش دما

در پر کردن سیمانی و پر کردن یکپارچه، با استفاده از مواد سولفیدی نظیر پیریت، از آنجا که فرآیند هیدراتاسیون یک فرآیند گرمازا است، دمای کارگاه استخراج به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این امر ممکن است در توده‌های سیمانی باعث القای تنش‌های حرارتی شود و مخاطراتی برای کارگران شاغل در کارگاه ایجاد کند.

۱۰-۷-۳- افزایش رطوبت

از آنجا که در روش پر کردن هیدرولیکی از آب به عنوان سیال انتقال دهنده مواد پرکننده استفاده می‌شود و تمام آب ارسالی به کارگاه قابل استحصال نیست بنابراین در این روش، رطوبت کارگاه استخراج افزایش می‌یابد و این امر باعث کاهش بازده کارگران در کارگاه استخراج می‌شود. زهکشی مناسب یک راهکار موثر و مفید برای کاهش رطوبت کارگاه‌های استخراج است.

۱۰-۷-٤- آلودگی آب‌های زیرزمینی

امروزه پر کردن در دنیا به یک علم تبدیل شده است و استفاده از انواع مواد شیمیایی به منظور تثبیت توده‌های پرکننده، انطباق آن‌ها با شرایط محیطی، بهبود فرآیندها و نظایر آن‌ها امری رایج و متداول است. علاوه بر این، استفاده از سیمان و یا سایر مواد چسباننده نیز در توده‌های پرکننده باعث بهبود مقاومت توده پرکننده می‌شود. در کنار تمام مزیت‌ها، واکنش‌پذیری این قبیل مواد شیمیایی به ویژه انواع مواد چسباننده با آب‌های زیرزمینی نگرانی جدی از بابت آلودگی آب‌های زیرزمینی را که به کارگاه‌های استخراج پر شده نفوذ می‌کنند، در پی دارد.

۱۰-۷-۵- آلودگی ناشی از کار ماشین‌آلات در فضاهای زیرزمینی

یکی از روش‌های انتقال مواد پرکننده به داخل کارگاه‌های استخراج به ویژه روش‌های کارگاه باز، استفاده از کامیون‌ها و تراک میکسرهاست. از آنجا که نیروی محرکه اکثر این ماشین‌آلات موتور دیزل است و استفاده از سایر ماشین‌آلات نظیر ماشین‌آلات برقی در این زمینه چندان متداول نیست، بنابراین این شیوه پر کردن باعث آلودگی هوای معادن زیرزمینی می‌شود.

۱۰-۷-٦- افزایش تردد ماشین‌آلات در داخل معادن زیرزمینی

به منظور حفظ بازده کار ماشین‌آلات درگیر در امر استخراج، تجهیزات پر کردن باید حداقل همپوشانی را با سایر تجهیزات معدنکاری داشته باشند از این رو در معادن زیرزمینی که کارگاه‌های آن‌ها پر می‌شوند نسبت به معادن زیرزمینی که کارگاه‌های آن‌ها پر نمی‌شوند، تردد ماشین‌آلات و پرسنل افزایش چشمگیری پیدا می‌کند.

omoorepeyman.ir

۱۰-۷-۷- ترکیدن خطوط لوله

یکی از راه‌های رایج برای انتقال مواد پرکننده از سطح زمین یا از ترازهای مختلف معادن به داخل کارگاه‌های استخراج، به ویژه در پر کردن هیدرولیکی، استفاده از پمپ و خطوط لوله است. در این موارد یکی از مشکلات رایج و در عین حال خطرناک که فرآیند پر کردن را با خطراتی مواجه می‌سازد، ترکیدن خطوط لوله انتقال مواد است که دلیل اصلی آن گیرکردن مواد در خطوط انتقال و افزایش فشار ناگهانی در خطوط لوله است.

۱۰-۷-۸- مسدود شدن گمانه‌ها/لوله‌ها

انتقال مصالح از طریق گمانه و یا خطوط لوله باعث کاهش مصرف انرژی و نیز باعث دانه‌بندی و خردایش بهتر مصالح می‌شود ولی ممکن است بنا به هر دلیلی مصالح در مسیر انتقال گیر کنند و باعث مسدود شدن مسیر انتقال شود. این مساله در عین حال که باعث قطع فرآیند انتقال مواد می‌شود، مخاطرات جدی در فرآیند باز کردن گمانه‌های مسدود شده برای کارگران را در پی دارد.

۱۰-۷-۹- جریان یافتن ناگهانی توده‌های پرکننده

در کارگاه‌های باز و در توده‌های پرکننده هیدرولیکی و یا سیمانی به دلایلی مانند قالب‌بندی نامناسب و یا انتخاب مقدار آب نامناسب و یا مانند آن، امکان جریان یافتن توده جایگذاری شده وجود دارد که این امر موجب بروز آسیب جدی به تاسیسات و نیروی انسانی مستقر در کارگاه می‌شود.

۱۰-۷-۱۰- تخریب ستون‌های پر شده

در مواردی که از مواد پرکننده به عنوان ستون‌های نگهدارنده و یا حایل استفاده می‌شود، در صورت طراحی نامناسب و نظارت ناکافی در هر یک از فرآیندهای ساخت، حمل و اجرا، توده جایگذاری شده به مقاومت مد نظر طراحی، نخواهد رسید. در این هنگام و در صورت اعمال بار بیشتر به پایه نگهدارنده، ستون پرکننده شکسته خواهد شد.

۱۰-۷-۱۱- گسیختگی قالب

یکی از مهم‌ترین موارد در طراحی توده‌های پرکننده که جایگذاری آن‌ها احتیاج به قالب‌بندی دارد، طراحی مناسب قالب و اجرای درست آن است. در صورتی که بنا به هر دلیلی قالب‌بندی به درستی انجام نشود، با اعمال فشار از جانب توده پرکننده، قالب دچار اعوجاج و گسیختگی خواهد شد که مهم‌ترین و شدیدترین نتیجه این امر، روان‌شدگی و جاری شدن توده پرکننده جایگذاری شده است.

omoorepeyman.ir

فصل ۱۱

پایش عملیات پر کردن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۱-۱- آشنایی

مهم‌ترین اهدافی که برنامه پایش توده‌های پرکننده باید تامین کند عبارتند از:

الف- ارزیابی و تایید صحت پارامترهای طراحی

معمولا در زمان طراحی، اطلاعات دقیقی از وضعیت کارگاه استخراج، بارهای وارده بر توده پرکننده، شرایط واقعی کمرهای ماده معدنی و پارامترهای لازم در اختیار مهندس طراح نیست. از این رو پایش، روش مناسبی برای تایید پارامترهای طراحی است.

ب- کنترل و بهینه‌سازی مراحل اجرا

کنترل مراحل اجرا از قبیل روش اجرا، نوع و آهنگ جایگذاری و مانند آن به کمک پایش، بهتر انجام می‌گیرد.

پ- بهبود شرایط ایمنی اجرای طرح

ایمنی در اجرای هر فعالیت زیرزمینی از جمله پر کردن کارگاه‌های استخراج از ضروریات اساسی است. وضعیت ایمنی کارگاه را می‌توان در شرایط با یا بدون مواد پرکننده بررسی کرد. با بررسی به موقع نتایج می‌توان از بروز حوادث ناگوار مانند جریان یافتن توده‌های پرکننده یا شکستن قالب‌های نصب شده و نظایر آن‌ها جلوگیری کرد.

ت- علت‌یابی مسایل

در صورتی که بنا به هر دلیلی، حوادث غیرمترقبه‌ای رخ دهد، با بررسی نتایج و داده‌های حاصل از پایش کارگاه و یا توده پرکننده، می‌توان به علت آن پی برد.

ث- کاهش هزینه‌های اجرا

درک درست از وظیفه‌ای که به توده پرکننده محول شده است در کنار آگاهی از نوع و میزان بارهای وارده، نحوه توزیع تنش در کارگاه استخراج و مانند آن به کمک پایش و به تبع آن بروزرسانی کلیه فعالیت‌های مرتبط با پر کردن، باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های کلی پر کردن می‌شود.

ج- ارزیابی روش‌های نوین اجرا

لزوم پذیرش و به کارگیری روش‌های جدید، مستلزم تایید صحت آن در محل کارگاه است که این ارزیابی بدون پایش و کنترل بسیار دشوار است. این مساله به ویژه در معادن ایران که پر کردن، فرآیند چندان متداولی نیست، بسیار تاثیرگذار است.

چ- پیشبرد دانش و فناوری پر کردن

از آنجا که فرآیند (طراحی، ساخت و اجرا) پر کردن، بیشتر جنبه محلی دارد و یافته‌های تحقیقاتی منتشر شده در این زمینه، بیشتر نتایج کارهای حاصل در معادن خاصی بوده است، بنابراین ثبت دقیق داده‌های حاصل از پایش کلیه مراحل پر کردن کمک چشمگیری به توسعه این فناوری در کشورها و سرزمین‌های دیگر می‌کند.

ح- تکمیل مدارک برای مستندسازی

معمولا رفتار، خواص و مشخصات توده‌های پرکننده در کارگاه‌های مختلف یکسان نیست ولی در صورت وجود شرایط مشابه، نتایج ثبت شده برای یک کارگاه را می‌توان در موارد مشابه مورد استفاده قرار داد.

omoorepeyman.ir

خ- تامین حمایت قانونی

پایش مناسب و مستندسازی رفتار عملی توده پرکننده در کارگاه استخراج، می‌تواند حمایت‌های قانونی را در موارد ضروری فراهم کند.

د- بالا بردن درک متقابل بین دست‌اندرکاران طرح و سایر اشخاص

ایجاد روابط مناسب و درک متقابل بین دست‌اندرکاران طرح و سایر اشخاص حقیقی و حقوقی برای پیشبرد کار بسیار مهم و گاه ضروری است. با پایش مناسب و ارایه به موقع نتایج می‌توان درک متقابل را بالا برد و بسیاری از نگرانی‌های جامعه و کارگران شاغل را که ناشی از ناآگاهی آن‌ها نسبت به ماهیت و اثرات کار است، کاهش داد.

ذ- توجیه پایش

در توجیه برنامه پایش ابتدا باید مسایل علمی- فنی، اقتصادی و اجرایی در چارچوب کلی طرح و برای پایش مد نظر قرار گیرد و سپس این برنامه به طور صحیح و دقیق طراحی شود. در توجیه اقتصادی برنامه پایش اگر چه افزایش ایمنی و سرعت اجرا و کاهش هزینه مورد نظر است ولی حتی در مواردی که پایش ظاهرا هزینه‌های اجرایی را افزایش می‌دهد، باید توجه داشت که این افزایش در ازای بالا بردن درجه ایمنی در طول اجـــرا و بهره‌برداری، به دلیل جلوگیری از رویدادهای پیش‌بینی نشده و تاخیرهای اجرایی، در نهایت طرح را اقتصادی‌تر می‌سازد.

۱۱-۲- خصوصیات مورد پایش

در فرآیند پایش توده‌های پرکننده، پارامترهای مختلفی را می‌توان مد نظر قرار داد ولی مهم‌ترین عواملی که باید مورد ارزیابی قرارگیرند عبارتند از:

- وزن مخصوص برجای توده‌های پرکننده
- مقاومت فشاری توده‌های پرکننده
- تنش‌های اعمال شده بر توده‌های پرکننده
- ساختارهای ایجاد شده در توده‌ها

۱۱-۲-۱- وزن مخصوص توده برجا

از مهم‌ترین پارامترهایی که باید همواره مورد پایش قرارگیرد، وزن مخصوص برجای توده‌های پرکننده است. در این میان اندازه‌گیری برجای وزن مخصوص یکی از مهم‌ترین روش‌ها تعیین وزن مخصوص واقعی توده پر شده است. برای اندازه‌گیری وزن مخصوص برجا استفاده از روش جایگزینی ماسه متداول است.

۱۱-۲-۲- مقاومت فشاری برجای توده پرکننده (خواص مکانیکی توده پر شده)

یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که باید به صورت برجا تعیین شود، خواص مکانیکی توده پر شده است. این مساله در مورد توده‌های سیمانی، اهمیت بیشتری دارد. به علاوه این خواص در مواردی که قرار است توده پرکننده به صورت نمایان باشد، مشابه

omoorepeyman.ir

روش‌های استخراج اتاق و پایه و کارگاه و پایه، بسیار مهم است. در بسیاری از موارد، برای تعیین این پارامترها از توده‌های پر شده، مغزه‌هایی گرفته می‌شود و در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از این مغزه‌ها مقاومت نمونه‌های دست خورده است و معرف کل توده نیست.

۱۱-۲-۳- بارهای اعمال شده بر توده‌های پرکننده

اندازه‌گیری بارهای وارد بر توده‌های پرکننده و اطلاع یافتن از نوع و میزان بارهای اعمال شده، کمک قابل توجهی به کاهش هزینه‌های پر کردن می‌کند. به عنوان مثال در یک کارگاه روش استخراج کندن و آکندن، مقاومت توده پرکننده در پایین، وسط و بالای کارگاه می‌تواند متغیر باشد به شرطی که درک درستی از میزان بار وارد بر کارگاه وجود داشته باشد.

۱۱-۲-٤- برداشت ساختارهای ایجاد شده

برداشت‌های حین اجرای توده‌های پرکننده در هر مرحله بعد از جایگذاری و بررسی ساختارهایی که در توده‌های پرکننده شکل گرفته است، یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های تعیین صحت عملکرد توده‌های پرکننده است. این فعالیت باید بعد از هر مرحله جایگذاری توده‌های پرکننده انجام شود.

۱۱-۲-۵- دمای توده پرکننده

در مواردی که از توده‌های پرکننده سیمانی استفاده می‌شود و آهنگ جایگذاری مواد پرکننده در کارگاه استخراج بالاست، به دلیل هیدراته شدن سیمان، دمای مخلوط افزایش چشمگیری پیدا می‌کند و در صورتی که دما، کنترل نشود و از حد مشخصی بیشتر شود، تنش‌های حرارتی در توده برجا القا می‌شود و پایداری آن با مشکلات و مخاطرات زیادی روبه‌رو خواهد شد.

۱۱-۳- محل پایش

یکی از مواردی که در مورد اندازه‌گیری و پایش این پارامترها باید مد نظر قرار گیرد، محل اندازه‌گیری این پارامترهاست. با در نظر گرفتن کلیه موارد، محل‌هایی که باید در آن‌ها پایش انجام گیرد عبارتند از:

- محل تولید توده‌های پرکننده
- مسیر حمل و نقل توده‌های پرکننده
- داخل کارگاه استخراج

۱۱-۳-۱- محل تولید توده‌های پرکننده

عمده‌ترین پارامترهایی که در این محل اندازه‌گیری می‌شوند در ارتباط با کیفیت و کمیت مصالح به کار برده شده در توده‌های پرکننده است. مهم‌ترین پارامترهایی که به طور مستمر باید اندازه‌گیری شوند و مورد ارزیابی قرارگیرند عبارتند از:

- کمیت مصالح (آب، مصالح سنگی، مواد چسباننده و سایر افزودنی‌ها) به کار رفته برای ساخت واحد حجم توده پرکننده
- کیفیت مصالح به کار برده شده از نظر تامین حداقل نیازهای طراحی

omoorepeyman.ir

- دانه‌بندی مصالح سنگی
- وزن مخصوص مصالح سنگی
- وزن مخصوص پالپ یا سیال و یا توده پرکننده تولید شده

۱۱-۳-۲- مسیر حمل

در مسیر حمل به ویژه در شرایطی که از روش ثقلی و گمانه‌ها برای انتقال مصالح استفاده می‌کنند، تغییراتی در کیفیت مصالح پرکننده داده می‌شود. از این رو لازم است تا در مسیر حمل نیز خواص توده‌های پرکننده مورد پایش و اندازه‌گیری قرار گیرند. مهم‌ترین پارامترهایی که در مسیر حمل و نقل مصالح به صورت مجزا باید مورد اندازه‌گیری مستمر قرار گیرند عبارتند از:

- دانه‌بندی مصالح به ویژه در انتقال مصالح سنگی به طریقه ثقلی و از طریق گمانه
- سرعت عبور مصالح در خطوط لوله
- وزن حجمی پالپ یا سیال
- گرفتگی یا مسدود شدن خطوط انتقال

۱۱-۳-۳- داخل کارگاه استخراج

یکی از مهم‌ترین نقاطی که باید پارامترهای توده‌های پرکننده در آن به طور مستمر اندازه‌گیری شود، محل تخلیه این توده‌ها یعنی کارگاه استخراج است. اهمیت این سنجش از آنجاست که اجرای صحیح پر کردن در کارگاه استخراج به همراه کنترل صحت پارامترهای طراحی، ایمنی کارگاه را تضمین می‌کند و خطرات ناشی از عملیات استخراج و پر کردن را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. علاوه بر پارامترهایی که در سایر نقاط اندازه‌گیری می‌شوند، پارامترهای دیگری نیز وجود دارد که باید به طور مستمر در داخل کارگاه استخراج مورد ارزیابی قرار گیرد. مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- همگرایی کارگاه استخراج
- فشار وارد بر قالب‌های نصب شده به ویژه در پر کردن سیمانی
- ابعاد و حجم کارگاه استخراج
- ارتفاع سطح توده پرکننده در داخل کارگاه استخراج
- شرایط زهکشی کارگاه به ویژه در پر کردن هیدرولیکی
- کیفیت توده پرکننده اجرا شده

۱۱-٤- روش‌های رایج برای پایش پارامترهای مد نظر

به دلیل تعدد پارامترهایی که باید مورد پایش قرار گیرند و نیز تفاوت در ماهیت آن‌ها، انجام عملیات پایش پارامترهای موثر بر رفتار مواد پرکننده، فعالیتی است که به ابزارها و روش‌های متنوعی نیاز دارد. به عنوان مثال برای تعیین کانی‌شناسی مصالح حتما باید آزمایش‌های پیچیده و تجزیه عنصری و مانند آن انجام شود در حالی که برای پایش کمیت آن‌ها، می‌توان از یک باسکول یا ترازوی

omoorepeyman.ir

دیجیتال استفاده کرد. آنچه مشخص است برای کلیه پارامترهای یاد شده، انجام پایش نیازمند تجهیزات مکانیکی و یا الکترومکانیکی است.

روش‌های پایش پارامترها را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- روش‌های دستی
- روش‌های نیمه‌اتوماتیک
- روش‌های اتوماتیک

در روش‌های دستی، پارامترها به وسیله تجهیزات مکانیکی و یا الکترومکانیکی سنجیده می‌شوند ولی به صورت دستی به وسیله انسان ثبت، منتقل و پردازش می‌شوند. در این روش حتی بعضی از پارامترها به صورت دستی اندازه‌گیری می‌شوند.

در روش‌های نیمه‌اتوماتیک، پارامترها با دستگاه‌های اندازه‌گیری، ثبت و منتقل می‌شوند اما در نهایت پردازش اطلاعات را کارشناس مربوطه انجام می‌دهد.

در روش‌های کاملا اتوماتیک، انسان صرفا نقش نظارتی دارد، کلیه پارامترها به وسیله دستگاه‌های الکترومکانیکی اندازه‌گیری، ثبت، منتقل و در نهایت پردازش می‌شوند.

به دلیل ماهیت خشن فعالیت‌های معدنی و سطح پایین دانش پرسنل شاغل در معـــادن، روش‌های پایش حتی‌المقدور باید ساده و قابل فهم باشد.

در کنار روش‌های یاد شده، پرسنل فعال در امر پر کردن باید به طور مرتب، دوره‌های آموزشی لازم را بگذرانند تا در صورت وجود هر گونه عدم همخوانی در پارامترهای توده‌های پرکننده با نیازهای طراحی، مراتب سریعا اعلام شود.

۱۱-۵- تجهیزات موجود برای پایش پارامترهای مد نظر

تنوع پارامترها و تفاوت ماهیت آن‌ها باعث می‌شود تا از ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای پایش پارامترها استفاده شود. تعدادی از مهم‌ترین تجهیزات و کاربرد هر یک از آن‌ها به این شرح است:

- پین‌ها و متر همگرایی: برای سنجش میزان همگرایی کارگاه استخراج استفاده می‌شود.
- فشارسنج: از این ابزار برای قرائت میزان بار وارد بر قالب‌هایی که به منظور پر کردن در کارگاه‌های استخراج نصب شده‌اند، استفاده می‌شود.
- دماسنج بتن: برای تعیین دمای توده‌های پرکننده سیمانی در فرآیند جایگذاری استفاده می‌شود.
- ترازو یا باسکول: از این ابزار برای اندازه‌گیری کمیت مصالح استفاده می‌شود. در معادن بزرگ و در کارگاه‌های صنعتی تولید مواد پرکننده انواع مختلف این ابزار کاربرد فراوانی دارد.
- سری کامل سرندها: برای تعیین دانه‌بندی مصالح سنگی استفاده می‌شود.
- مجموعه کامل هیدرومتری: برای سنجش دانه‌بندی باطله‌های کارخانه‌های کانه‌آرایی و به طور کلی تعیین درصد ذرات ریز در مصالح پرکننده استفاده می‌شود.
- ست کامل تعیین اسلامپ: که برای تعیین اسلامپ و یا روانی توده‌های پرکننده سیمانی استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

- سلول‌های اندازه‌گیری تنش: این ابزار در کارگاه‌های استخراج، میزان بار وارد بر توده‌های پرکننده را در نقاط مختلف اندازه‌گیری می‌کند.
- سیستم‌های پایش ویدیویی: به منظور کنترل دقیق روش اجرا و ارزیابی صحت عملکرد، این تجهیزات در نقاط مختلف از جمله، واحد تولید، مسیرهای حمل و در محل‌های جایگذاری نصب می‌شوند و عملکرد کلیه اجزای سیستم به وسیله آن‌ها رصد می‌شود.

omoorepeyman.ir

پیوست

پاره‌ای از مقررات ایمنی

توزیع برق در معادن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

برای رعایت مسایل ایمنی به هنگام توزیع برق در معادن بر اساس مقررات موجود و اسناد بالادستی گزیده‌ای از مقررات ایمنی ارایه می‌شود.

۱- اجرای آیین‌نامه حفاظتی تاسیسات و وسایل الکتریکی در کارگاه‌ها در کلیه معادن الزامی است و به علاوه، در معادنی که خطر وقوع انفجار گازهای معدنی و گرد زغال‌سنگ وجود دارد، مقررات ویژه این آیین‌نامه نیز لازم‌الاجر است.

۲- در هر یک از مدارهای جریان برق باید کلیدهای قطع و وصل بر روی تمام سیم‌های مربوط به وسایل مصرف‌کننده برق تعبیه شود (به استثنای مدار روشنایی در محل‌های خشک که در این مورد می‌توان کلید قطع و وصل را فقط روی سیم فاز قرار داد). کلیدهای مذکور را باید در محلی قرار داد که به خوبی دیده شوند و در دسترس نباشند.

۳- تاسیسات برق باید دارای وسیله محدودکننده ولتاژ و رله‌های ایمنی باشند تا در صورت افزایش ولتاژ (از حدی که برای دستگاه‌ها تعیین شده است) جریان خود به خود قطع شود.

۴- استفاده از مقاومت‌های الکتریکی برای به دست آوردن جریان با ولتاژ کمتر از ۳۰ ولت ممنوع است و مدارهای این قبیل جریان باید از سایر مدارهای برقی به کلی جدا باشد، به استثنای سیم‌های فرمان (پیلوت) و روپوش محافظ (اکران) که در کابل‌های مخصوص جریان برق مستقیم ۳۰ تا ۶۰۰ ولت و با برق متناوب ۳۰ تا ۴۰۰ ولت قرار دارد.

۵- استفاده از زمین به عنوان قسمتی از شبکه ممنوع است به استثنای سیمی که برای اتصال زمین قسمت‌های خنثی و یا برای رله اتصال به زمین به کار می‌رود.

۶- از دو رشته ریل راه آهن به عنوان برگشت جریان برق می‌توان استفاده کرد. در این صورت باید قطعات هر رشته ریل از نظر عبور جریان برق به هم متصل باشند و لااقل در هر یک صد متر بین دو رشته ریل نیز این ارتباط برقرار شود.

تبصره: اختلاف ولتاژ بین ریل و زمین نباید از ۱۵ ولت تجاوز کند.

۷- در شبکه سه فاز ستاره‌ای اگر اختلاف فشار جریان برق بین فاز و نول از ۱۵۰ ولت بیشتر نباشد و نقطه خنثی و سیم نول وجود داشته باشد، نقطه خنثی باید به طور دایم به زمین متصل شده و یا اینکه وسیله‌ای به کار برده شود که اگر فشار جریان برق هر یک از فازها نسبت به زمین از حد ولتاژ ستاره تجاوز کند، نقطه خنثی از طریق سیم نول به زمین متصل شود.

۸- در تاسیساتی که جریان برق متناوب از ۱۵۰ ولت و مستقیم از ۶۰۰ ولت بالاتر باشد، قسمت‌های زیر باید به استناد آیین‌نامه تاسیسات الکتریکی با اتصال به زمین، به زمین وصل شود:

الف- بدنه و قسمت‌های هادی ماشین‌آلات و ترانسفورماتورها که در حالت عادی کار فاقد جریان برق است.

ب- زره و روپوش فلزی کابل‌ها به استثنای روپوش محافظ (اکران)

ج- دستگیره و توری و سرپیچ چراغ‌ها، اگر عایق نباشند.

د- پایه‌های فلزی و یا بتون مسلح و کلیه لوله‌ها، آرماتورها، مفتول‌های فلزی و تجهیزات مکانیکی و به طور کلی هر وسیله غیرعایقی که احتمال اتصال به برق داشته باشد.

۹- هر ساختمان باید به طور جداگانه دارای سیم اتصال به زمین باشد که تمام قسمت‌های نامبرده در ماده ۸ به آن متصل شود.

۱۰- سیم‌های اتصال به زمین باید به گونه‌ای نصب شوند که پوسیده نشده و اتصالی‌های آن‌ها باز نشود.

۱۱- شبکه‌های مختلف اتصال به زمین باید از نظر عبور جریان برق از یکدیگر مجزا و بدون فیوز و کلید قطع‌کننده باشند.

omoorepeyman.ir

۱۲- انتخاب حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی بستگی به سطح مقطع هادی فاز مربوطه دارد و مطابق آیین‌نامه تاسیسات الکتریکی با زمین تعیین می‌شود.

۱۳- در صورتی که قسمت‌هایی از تاسیسات برق مستقیم کمتر از ۶۰۰ ولت و متناوب کمتر از ۲۵۰ ولت بدون روپوش عایق در محل عمومی نصب شده باشند، باید به وسیله نرده یا توری و یا وسایل مشابه محفوظ و با علامت واضحی مشخص شود.

۱۴- در تاسیسات برق مستقیم بیش از ۶۰۰ ولت و متناوب بیش از ۲۵۰ ولت باید قسمت‌های بدون عایق شبکه را خارج از دسترس و روی مقره‌های مناسب قرار داد به طوری که سیم‌ها با اشیا دیگر فلزی تماس حاصل نکنند و سیم‌های هوایی مخصوص لکوموتیوهای الکتریکی نیز بر روی مقره‌های مناسب نصب شود.

۱۵- فاصله سیم‌های لخت تاسیسات برق مستقیم بیش از ۶۰۰ ولت و متناوب بیش از ۲۵۰ ولت با زمین نباید کمتر از ۲/۵ متر باشد. در غیر این صورت مسیر شبکه باید به وسیله حایلی مناسب از محل عبور افراد مجزا شود.

۱۶- کابل‌ها باید دور از لوله‌های آب و هوای فشرده و گاز در محل خشک قرار گیرند. ضمنا کابل‌های زیرزمین باید دارای روپوش سربی و بدون درز باشد.

۱۷- تابلوهای تقسیم با ولتاژهای مختلف مذکور در ماده ۱۵ و نیز تابلوهای دارای جریان کمتر باید به وسیله رنگ‌های مختلف مشخص و متمایز شود.

۱۸- ماشین‌ها، ترانسفورماتورها، تابلوها و سایر وسایل مربوط به شبکه برق مستقیم بیش از ۶۰۰ ولت و متناوب بیش از ۳۰۰ ولت باید به طور کامل محفوظ و به وسیله حایل‌های مناسب مجزا شده باشند. راه ورود به محل این قبیل وسایل باید لااقل ۲/۵ متر ارتفاع و ۲ مترعرض داشته باشد و محل ورود به محوطه پشت تابلوها باید دارای دری به ارتفاع حداقل ۲/۵ متر باشد.

۱۹- هر گاه تابلوهای شبکه‌های مذکور در ماده ۱۷ دارای قسمت‌های فلزی باشد باید زمین قسمت جلوی تابلوها با فرش عایق مفروش شود و فواصل اجسام هادی متصل به زمین با تابلو به اندازه‌ای باشد که تماس با اجسام هادی و تابلو در آن واحد مقدور نباشد.

۲۰- قرار دادن و یا نزدیک کردن اشیایی که ممکن است اتصالی و یا جرقه تولید کنند به سیم‌های برق ممنوع است (حتی اشیا شخصی نظیر انگشتر، ساعت مچی و غیره).

۲۱- در محل پست‌های ترانسفورماتور و مولد برق و به طور کلی در محل‌هایی که در صورت خاموشی برق احتمال بروز خطر موجود است، باید منبع روشنایی جداگانه وجود داشته باشد.

۲۲- دستگاه‌ها و وسایل برقی (حتی چراغ‌های دوره‌گر) که توسط اشخاص حمل و نقل می‌شود، باید فقط با جریان مستقیم کمتر از ۶۰۰ ولت و متناوب تا ۲۵۰ ولت کار کند به استثنای پرفراتورهای الکتریکی پایه‌دار که می‌توان آن‌ها را با جریان متناوب تا ۴۰۰ ولت به کار انداخت مشروط بر این که در مقابل خطر برق‌گرفتگی افراد نکات ایمنی در آن‌ها مراعات شده باشد به هر حال رعایت ماده ۸ در مورد این قبیل دستگاه‌ها الزامی است.

۲۳- برای تغذیه وسایل و ماشین‌های برقی موضوع ماده ۲۲ باید کابل‌های نرمی که دارای روپوش لاستیکی و یا مواد مشابه آن باشد به کار رود.

۲۴- شبکه‌های تلفنی و یا شبکه‌های مخصوص علامت دادن باید با شبکه برق موضوع ماده ۱۵ فاصله کافی داشته باشند.

۲۵- ترانسفورماتور و مولدهای برق و وسایل مربوط را باید در مکان‌هایی که با مصالح غیراشتعال وجود داشته باشد.

omoorepeyman.ir

۲۶- در محل‌های مذکور در ماده ۲۵ باید وسایل آتش‌نشانی مناسب وجود داشته و در صورت استفاده از وسایلی که در داخل روغن کار می‌کنند، کیسه یا سطل‌های پر از ماسه نیز باید در دسترس باشد.

۲۷- زیر دستگاه‌های برقی که داخل روغن کار می‌کنند، باید به مقدار کافی ماسه ریخته شود، تا در موقع بروز نقص تمام روغن ریخته شده از دستگاه جذب شود.

۲۸- ترانسفورماتورهای کوچک و وسایل راه‌اندازی و امثال آن‌ها که در داخل روغن کار می‌کنند، باید مجهز به وسیله‌ای باشند که هر گاه دمای روغن از حدی تجاوز کند، قبلا علامت دهد و در صورت ادامه ازدیاد دما، جریان برق را قطع کند.

۲۹- در محل‌هایی که برای نگهداری و شارژ اکومولاتور اختصاص داده شده است باید:

الف- لامپ‌های روشنایی دارای حباب‌های مضاعف باشد و از به کار بردن هر شیئی که به حرارت قرمز برده شده و یا دارای شعله آزاد باشد خودداری شود.

ب- اکومولاتور نسبت به بدنه قفسه‌های شارژ و خود قفسه‌ها نسبت به زمین عایق‌بندی شده باشد.

پ- دستگاه‌ها به گونه‌ای نصب شوند که در آن واحد، دست زدن به دو محل که اختلاف ولتاژشان از ۱۵۰ ولت بیشتر است امکان‌پذیر نباشد. در مورد اکومولاتورهایی که اختلاف ولتاژشان بیش از ۱۵۰ ولت باشد ماده ۱۹ لازم‌الاجرا است.

ت- گازهای حاصله در این محل‌ها باید به وسیله هواکش‌های مناسب خارج شود.

۳۰- در چراغ‌خانه‌های مخصوص چراغ‌های الکتریکی باید بندهای ج و د ماده ۲۹ رعایت شود.

۳۱- در مناطقی که احتمال تولید گاز قابل اشتعال وجود دارد، تاسیسات الکتریکی باید مجهز به وسایل ایمنی در مقابل انفجار گاز باشند و در غیر این صورت، این تاسیسات باید در مکان مجزایی مصون از نفوذ گاز نصب شود.

۳۲- در داخل مخزن‌های فلزی و یا در محل‌های که کارگر با قطعات بزرگ فلزی تماس دارد، چراغ دوره‌گرد باید با جریانی با ولتاژ کمتر از ۳۰ ولت روشن شود.

۳۳- برای انجام هر گونه تغییر و یا تعمیر و حتی تعویض لامپ باید جریا برق قسمت مربوطه قطع شود.

۳۴- در شبکه برق مستقیم بیش از ۶۰۰ ولت و متناوب بیش از ۲۵۰ ولت، تعمیرات باید با اجازه مخصوص متصدی و تحت نظر مسوول تعمیرات با تجربه و با وسایل مخصوص انجام شود.

۳۵- هر گاه عیب شبکه ناشی از وجود اتصال کوتاه و یا اتصال به زمین باشد، باید برابر مفاد ماده ۳۳ عمل شود.

۳۶- برای انجام تعمیرات و یا تغییرات هر قسمت از شبکه، باید آن قسمت از هر دو طرف قطع شود و تمام فازها را به یکدیگر و به زمین نیز اتصال دهند و متصدی مربوطه باید از قطع برق در آن قسمت اطمینان حاصل که ترتیبی دهد که برقرار کردن جریان برق در قسمت تحت تعمیر و تغییر به وسیله اشخاص دیگر امکان‌پذیر نباشد. ضمنا تابلوهای هشدار دهنده نیز باید نصب شود و متصدی مذکور پس از اتمام کارهای مربوطه و حصول اطمینان از اینکه خطری متوجه کسی نمی‌شود، می‌تواند جریان برق را برقرار کند.

۳۷- به هنگام تعمیر کابل مخصوص تغذیه و وسایل قابل حمل و نیمه ثابت، باید ضمن قطع جریان برق، فیش‌های کابل را از پریزهای مربوط نیز خارج ساخت و اتصال‌های نر و ماده را به طریق صحیح و مطمئن از یکدیگر جدا کرد.

۳۸- متصدیان هر یک از ماشین‌ها و قسمت‌های شبکه باید اتصال‌های زمین و بدنه ماشین‌ها و کابل‌های نرم ودو شاخه‌های مربوط را به شرح زیر بازرسی کنند:

omoorepeyman.ir

الف- در شبکه برق مستقیم ۶۰۰ ولت به بالا و یا متناوب ۲۵۰ ولت به بالا که نقطه نول آن به زمین متصل نباشد، همه روزه باید به وسیله دستگاه‌های کنترل مخصوص، اختلاف ولتاژ و زمین را اندازه‌گیری کنند و مطمئن شوند که اختلاف غیرعادی نباشد.

ب- لااقل هر سال یک مرتبه باید وضع سیم‌های اتصال به زمین را بررسی کنند.

پ- میزان عایق بودن شبکه نسبت به زمین را لااقل هر شش ماه یک مرتبه بررسی کنند.

ت- نتیجه تمام بررسی‌ها و بازدیدهای انجام شده باید در دفتر مخصوص ثبت شود.

۳۹- در هر یک از نقاطی که تاسیسات برق وجود دارد، باید یک نقشه و دستورالعمل ایمنی مختصری در محل دید افراد نصب شود. در این دستورالعمل باید به طور صریح نوشته شود که دخالت اشخاص غیر از متصدیان برق در امر تعمیر و یا به کار بردن وسایل ممنوع است و در مورد تاسیسات برق موضوع ماده ۱۹ باید قید شود که دست زدن به قسمت‌های فلزی شبکه خطرناک و اکیدا ممنوع است و همچنین دستورالعملی برای نجات اشخاص برق گرفته تهیه و به دیوار نصب کنند.

۴۰- هر یک از پذیرگاه‌های داخل معدن باید به وسیله تلفن و یا وسایل ارتباطی دیگر به مرکز نیرو یا پست مرکزی ترانسفورماتور خارج معدن در ارتباط باشد.

۴۱- کابل‌های مسلح و کابل‌های با روپوش فلزی باید به گونه‌ای به دیواره گالری‌ها نصب شود که در اثر وزن خود پاره شوند و به وسایل دیگر برخورد نکنند.

۴۲- در آخر هر نوبت کار، تمام قسمت‌های شبکه غیر ثابت باید، به طور مطمئنی از برق جدا شود.

۴۳- کلیه تعمیرات مربوط به کابل‌ها باید در خارج معدن انجام گیرد.

۴۴- در چاه‌ها وگالری‌های خروج هوا و محل‌های مرطوب باید از کابل زره دار مخصوص که روپوش نسوز و مقاوم دارد، استفاده شود.

۴۵- تابلوهای تقسیم برق باید از مواد نسوز و مقاوم در مقابل رطوبت ساخته شده و به گونه‌ای نصب شوند که در معرض چکیدن آب نباشد.

۴۶- برای راه‌اندازی لوکوموتیو الکتریکی در معادن نباید از ولتاژ بیشتر از ۶۰۰ ولت استفاده کرد.

۴۷- سیم یا سیم‌های تغذیه به لوکوموتیوهای برقی باید به گونه‌ای نصب شوند که احتمال پاره شدن و یا تولید حریق در چوب‌بست‌ها و یا برق‌گرفتگی اشخاص وجود نداشته باشد.

۴۸- هر گاه ارتفاع سیم برق‌رسانی به لوکوموتیو از زمین کمتر از ۲/۵ متر باشد، باید به هنگام عبور و مرور اشخاص جریان برق قطع شود.

۴۹- در لوکوموتیوهای الکتریکی که از سیم لخت برق می‌گیرد اتاقک راننده باید مسقف بوده و طرق گیرنده عایق‌بندی شده باشد تا احتمال برق‌گرفتگی راننده وجود نداشته باشد.

۵۰- تمام قسمت‌های لوکوموتیو که جریان برق از آن عبور می‌کند، باید به وسیله پوشش محکم و عایقی محفوظ شده باشد.

۵۱- برای انجام هر گونه تعمیر در شبکه انتقال برق به لوکوموتیو یا در لوکوموتیو اعم از تعمیر قسمت‌های الکتریکی و یا مکانیکی، باید قبلا جریان برق قطع شود.

۵۲- شبکه مخصوص علایم برقی باید با جریان برق با ولتاژ کمتر از ۳۰ ولت کار کند.

omoorepeyman.ir

۵۳- سیم‌های شبکه علایم باید به گونه‌ای نصب شود که اتصال کوتاه ایجاد نشود. در شبکه علایم فقط برای قسمت‌های خنثی می‌توان از سیم‌های بدون روپوش استفاده کرد.

۵۴- کلیه تجهیزات الکتریکی واقع در یک بخش معدن باید به منزله یک قسمت مستقل تلقی شده و برای اتصال به زمین باید برابر ماده ۸ عمل شود.

۵۵- برای استفاده از برق با فشار الکتریکی ۳۰ تا ۶۰۰ ولت در درون معدن باید کابل‌های با پوشش لاستیکی و عایق و مقاوم قابل انحنا به کار برده شود.

۵۶- در چاه، برای استفاده از برق با فشار الکتریکی بیش از ۶۰۰ ولت و همچنین انتقال برق حتی با فشار الکتریکی کمتر از ۶۰۰ ولت، باید از کابل درزه‌دار و با مشخصات موضوع ماده ۵۵ استفاده شود، به استثنای سیم‌های برق رسانی لوکوموتیوهای برقی که تابع مقررات خاصی هستند.

۵۷- در معادن دارای گاز زغال و یا گرد زغال‌سنگ فقط تاسیسات زیر را می‌توان به طور ثابت برقرار کرد:

الف- کابل‌های درزه دار در راه‌های که دارای وسیله نگهداری مطمئن و سالم باشند و جریان کافی هوا برقرار و عیار گاز زغال در آن‌ها از یک درصد تجاوز نکند.

ب- سیم‌های ساده روپوش‌داری که در لوله های فلزی با عایق داخلی قرار داشته باشد مشروط بر آن که هوای کافی و منظم در اطراف لوله در جریان بوده و عیار گاز زغال بسیار کم باشد.

ج- دستگاه‌ها و موتورهایی که در مقابل گاز زغال بی‌خطر تشخیص داده شده مشروط بر اینکه در محل استقرار آن‌ها هوا به طور منظم عبور کند و عیار گاز زغال کم باشد.

۵۸- هوای معدن باید طوری جریان داشته باشد که تمام تاسیسات برق به خوبی تهویه شود.

۵۹- هر گاه تمام و یا قسمتی از تاسیسات برق در مسیر راه‌های عمومی واقع شده باشد، باید همه روزه کیفیت هوای ورودی به آن راه را از حیث مقدار گاز زغال بررسی کرد به طوری که عیار گاز زغال از نیم درصد تجاوز نکند و به علاوه ترتیبی داده شود که ورود ناگهانی مقدار زیادی گاز زغال امکان‌پذیر نباشد.

۶۰- کلیه وسایل و تجهیزات الکتریکی که در قسمت‌های دارای گاز و گرد قابل انفجار به کاربرده می‌شوند باید ضد انفجار باشند.

۶۱- در معادنی که احتمال تصاعد آنی گاز زغال وجود دارد، تاسیسات برقی باید به طور کامل ضد انفجار باشد. در این قبیل معادن می‌توان از چراغ ایمنی و در آتشباری از آتشکن برقی ایمن استفاده کرد.

۶۲- متصدیان مربوط باید دستگاه‌های ضد انفجار برقی را حداقل روزی یک بار بازدید و بررسی کنند و هر هفته یک بار نیز متخصص برق آن‌ها را بازدید و در صورت لزوم تعمیر کند.

۶۳- تعمیر یا بازکردن درپوش وسایل برقی ضد انفجار باید فقط توسط متخصص مربوطه انجام گیرد. این وسایل باید به گونه‌ای بسته شده باشند که به وسیله آچار و یا ابزار معمولی نتوان آن‌ها را باز کرد.

۶۴- هوای محل‌ها و راه‌ها و گالری‌ها و کارگاه‌های استخراج که در آن تاسیسات برق وجود دارد، باید لااقل در هر نوبت کار دو بار بازرسی شده و در موارد زیر باید فورا جریان برق قطع شود:

الف- هر گاه عیار گاز زغال یک درصد و یا بیشتر باشد.

omoorepeyman.ir

ب- در ناحیه‌ای که در اثر ریزش، احتمال معیوب شدن تاسیسات الکتریکی و یا رسیدن گاز زغال به تاسیسات الکتریکی وجود داشته باشد.

پ- در هر قسمتی که یکی از شرایط استفاده از برق که در این فصل ذکر شده از بین رفته باشد.

۶۵- متصدی برق باید قبل از روشن کردن تاسیسات برقی، اطمینان حاصل کند که غلظت گاز از حد مجاز پایین‌تر باشد.

۶۶- برقرار کردن مجدد برق باید منحصرا به وسیله متصدی مربوطه انجام گیرد.

۶۷- هر گونه تعمیرات و تغییرات در تاسیسات برق باید توسط مسوول مربوطه در دفتر مخصوصی ثبت شود.

۶۸- بهره‌بردار موظف است همیشه نقشه تکمیل شده تاسیسات را در دفتر معدن نگاهداری کند.

۶۹- در جاهایی که آتش‌سوزی رخ می‌دهد جریان برق باید فورا قطع شود.

۷۰- برای تعیین و کنترل برق نباید از تست‌کننده‌هایی که هرگز به کار نرفته‌اند استفاده کرد بلکه باید از دستگاه‌های اندازه‌گیری مناسب استفاده شود.

۷۱- به هنگام کار بر روی خازن‌ها باید آن‌ها را به سیستم زمین متصل کرد و سپس حداقل به مدت یک دقیقه با آن‌ها تماس نگرفت و اتصال به زمین از خازن‌ها باز نکرد.

۷۲- به هنگام تعویض یا جابه‌جایی روغن ترانسفورماتورها، کشیدن سیگار و انداختن شعله روشن کبریت ممنوع است.

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر ششصد عنوان ضابطه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست ضوابط منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی**nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

امور نظام فنی و اجرایی

Islamic Republic of Iran
Management and Planning Organization

Instruction of Mine Backfilling

No. 283

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical and Executive Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Industry, Mine and Trade
Deputy of Mine Affairs and Mineral Industries
Office for Mining Supervision and Exploitation
http://mimt.gov.ir

2015

omoorepeyman.ir

این نشریه

اطلاعـات، راهنمـایی‌هـا و دسـتورالعمل‌هـای لازم را برای انتخـاب و طراحـی روش پـر کـردن معـادن ارایـه می‌کند. در ابتدا به روش‌های مختلف پر کردن و کـاربرد هر یک از آن‌ها، ویژگی‌هـا و مراحـل آمـاده‌سـازی مـواد پرکننده و نقش توده‌های پرکننده اشاره شـده و در ادامـه به امکان‌سنجی پر کردن، ایمنی و پایش عملیات پرداخته شده است.

omoorepeyman.ir