بسم الله الرحمن الرحیم

تکنولوژی استخراج معدن (۲)

رشتهٔ معدن

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۲۵۸۵

۶۲۲ فیضی، محمّد
۰۲/ تکنولوژی استخراج معدن(۲) / مؤلف : محمّد فیضی، با همکاری حسین نخعی، محمّدعلی رضامند .
ت ۹۷۶ ف/ ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.
۱۳۹۵ ۲۶۵ص. : مصور. ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۲۵۸۵)
متون درسی رشتهٔ معدن، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ معدن دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. معدن و ذخایر معدنی ــ صنایع. الف. فیضی، محمّد . ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ معدن. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **تکنولوژی استخراج معدن (۲) ـ ۴۹۷/۳**

مؤلف : **محمّد فیضی**، با همکاری **حسین نخعی**، **محمّدعلی رضامند**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **هدیه بُندار**

صفحه‌آرا : **علی نجمی**

طراح جلد : **مریم کیوان**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ پنجم ۱۳۹۵**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۶-۱۱۲۲-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1122-6**

شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست مطالب

ــ پیش‌گفتار ۱

فصل اوّل : باز کردن معادن ۳

فصل دوم : چگونگی استخراج در معادن روباز ۲۱

فصل سوم : روش‌های استخراج معادن روباز ۴۵

فصل چهارم : ماشین‌آلات ویژهٔ معادن روباز ۶۹

فصل پنجم : استخراج معادن سنگ‌های تزئینی و نما ۱۰۶

فصل ششم : عملیات آماده‌سازی و احداث شبکه، در معادن زیرزمینی ۱۳۲

فصل هفتم : روش‌های استخراج کانسارهای فلزی ۱۴۷

فصل هشتم : روش‌های استخراج زغال سنگ و سایر کانسارهای رسوبی ۱۶۷

فصل نهم : ماشین‌های ویژه استخراج زغال سنگ در معادن زیرزمینی ۱۹۷

فصل دهم : ایمنی در معادن روباز ۲۱۳

فصل یازدهم : ایمنی درمعادن زیرزمینی ۲۳۷

فهرست منابع و مآخذ ۲۶۴

پیش‌گفتار

آشنایی با حوزهٔ وسیع و پیچیدگی مراحل مختلف احداث و بهره‌برداری از معادن، از مرحلهٔ اکتشاف تا استخراج کامل توده ماده معدنی بسیارمهم است و کلیه معدن‌کاران را به فراگیری علوم و فنون در ابعاد گسترده‌ای وادار می‌کند. هنرجویان رشتهٔ معدن هنرستان‌های فنی که برای تصدی مشاغل فن‌ورزی در معادن به تحصیل مشغول‌اند، ناگزیر هستند که با گذراندن درس‌های مختلف تخصصی همهٔ مراحل استخراج معدن را بیاموزند تا به سطح قابل قبول از دانش و مهارت معدن‌کاری ارتقا یابند.

کتابی که پیش روی شماست در سال سوم رشتهٔ معدن هنرستان‌ها و در ادامهٔ درس تکنولوژی استخراج معدن (۱) به هنرجویان ارائه می‌شود. در این کتاب مطالب علمی و فنی موردنیاز در زمینه عملیات مربوط به بازکردن و احداث شبکه ، روش‌های استخراج معادن روباز و زیرزمینی و ماشین‌آلات مورد استفاده در هریک از روش‌های مذکور همراه با طرح موضوعات ایمنی و حفاظت کار طی یازده فصل و مباحث گوناگون بیان شده و سعی شده است تا حدامکان دارای سادگی و روانی باشد، به‌طوری‌که مفاهیم آن برای هنرجویان قابل درک و فهم باشد. از آن‌جایی که انتقال مفاهیم مربوط به روش‌های استخراج به‌خصوص در بخش زیرزمینی، نیاز به قدرت تجسم فضایی بیشتری دارد، ممکن است فراگیران در ابتدای کار با مشکل مواجه شوند. بنابراین پیشنهاد می‌شود مباحث آن درصورت امکان به کمک ماکت‌های آموزشی تدریس شود. نمایش فیلم‌های ویدئویی آموزشی نیز در این زمینه مؤثر است. بازدیدهای علمی و کارآموزی‌های تابستانی نیز از اقدامات مفیدی است که باعث تکمیل معلومات هنرجویان خواهد شد.

امید است، با توجه به غنی‌شدن محتوای تخصصی رشتهٔ معدن در شیوه سالی‌واحدی و تلاش قابل‌تقدیر همکاران گرامی که در این زمینه عهده‌دار تدریس دروس مختلف هستند، به تعلیم و تربیت فارغ‌التحصیلان کارآمدی برای خدمت در صنعت معدن کشور منجر شود ؛ در این‌صورت همگی دست در دست یکدیگر می‌توانیم سهم کوچکی در پیش‌رفت و توسعهٔ معدن‌کاری کشور و آینده سازان این کشور به خود اختصاص دهیم.

در پایان اذعان می‌دارد، علی رغم تلاش‌های فراوانی که برای تألیف کتاب‌های جامع و کاربردی برای هنرجویان رشتهٔ معدن به‌عمل آمده و این کتاب را نیز شامل می‌شود. بی‌شک اساتید محترم و همکاران گرامی اشکالات و ایراداتی را در آن‌ها خواهند یافت که چنانچه موارد را از طریق دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش به مؤلفان اطلاع دهند، ان‌شاءالله در چاپ‌های بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت و اصلاحات لازم انجام می‌گیرد. قبلاً از توجهی که در این زمینه مبذول می‌فرمایید، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

مؤلف

هدف کلّی

آشنایی هنرجویان رشتهٔ معدن هنرستان‌های فنی با چگونگی باز کردن و روش‌های استخراج معادن مختلف روباز و زیرزمینی، ماشین‌آلات ویژه استخراج و جنبه‌های ایمنی در آن‌ها به منظور کسب توانمندی‌های علمی و عملی جهت کار در معادن.

فصل اوّل

باز کردن معادن

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلّیّاتی در مورد باز کردن معادن بیان کند.

۲ــ چگونگی باز کردن معادن روباز را توضیح دهد.

۳ــ باز کردن معادن زیر زمینی را شرح دهد.

۴ــ باز کردن با تونل در کانسارهای رگه‌ای و لایه‌ای را بیان کند.

۵ ــ باز کردن معدن با چاه شامل چاه قائم و چاه مورب و مایل را شرح دهد.

۶ــ باز کردن معدن با رمپ را توضیح دهد.

کلّیّات

پس از اتمام کارهای اکتشافی و تعیین ذخیرهٔ یک کانسار، برای استخراج بایستی به مادهٔ معدنی دست‌رسی پیدا کرد. هر عملی که برای دست‌یابی به ماده معدنی انجام گیرد، «**بازکردن**[1]» نامیده می‌شود. به‌طور کلی، باز کردن معدن، یعنی : ایجاد ارتباط بین سطح زمین و تودهٔ کانسار با حفاری‌های سطحی و زیرزمینی، اما حفاری‌هایی که برای استخراج ماده معدنی در داخل کانسار انجام می‌گیرد، «**آماده‌سازی معدن**» نامیده می‌شود. روش‌های بازکردن معادن بسیار متفاوت است و بستگی به شکل، نوع و عمق کانسار دارد. باز کردن معادنی که استخراج روباز آن‌ها از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است، با کنارزدن طبقه‌های سطح زمین و یا گودبرداری، امکان‌پذیر است و برای باز کردن معادن زیرزمینی با توجه به‌شکل و عمق کانسار می‌توان از تونل، چاه قائم یا مایل و حفریات دیگر، استفاده کرد. در این فصل به موضوع بازکردن معادن زیرزمینی و روباز می‌پردازیم. بدیهی است، در فصل‌های آینده عملیات آماده‌سازی نیز به‌طور کامل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

چگونگی بازکردن معادن روباز

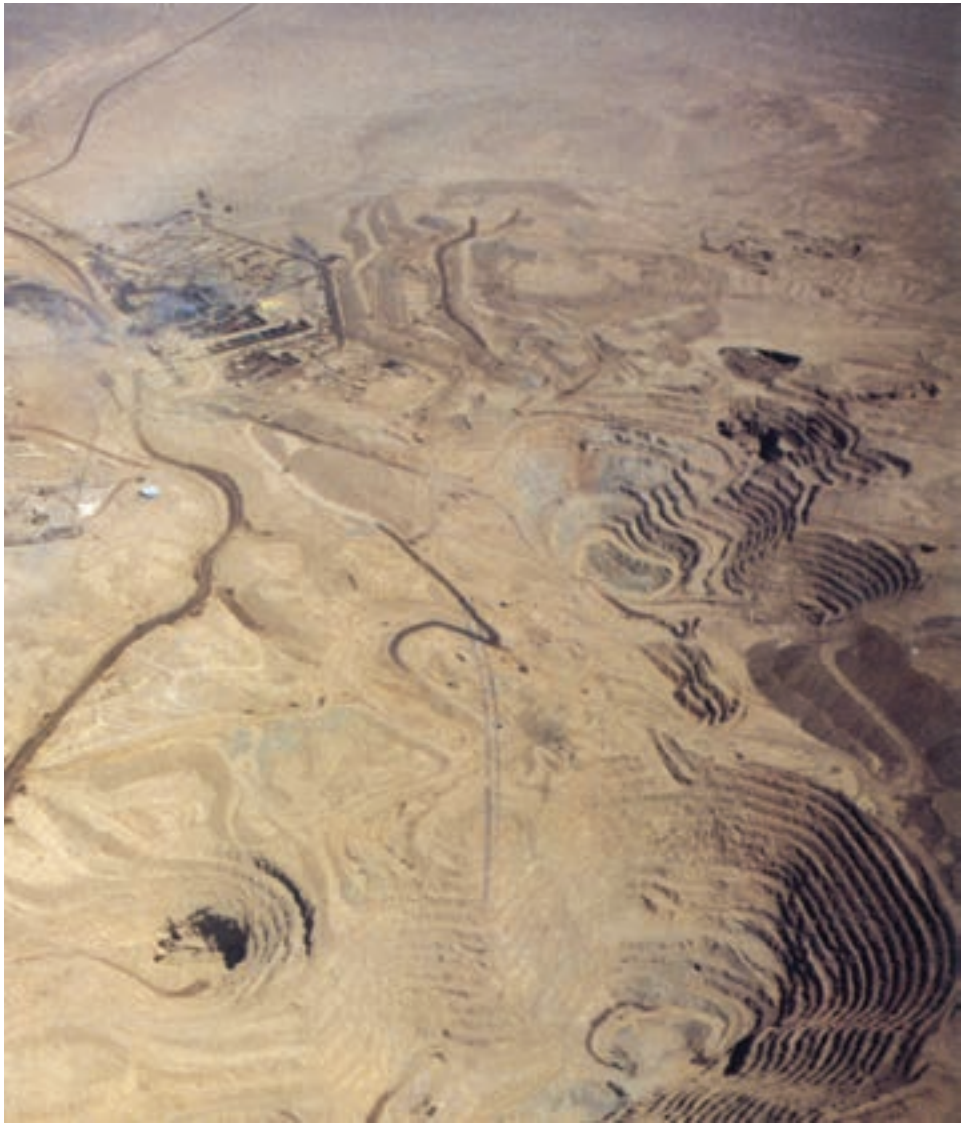
چون معادن روباز در روی سطح زمین و یا نزدیکی آن قرار دارند، بازکردن آن‌ها با برداشت لایه‌های سطحی روی ماده معدنی امکان‌پذیر است. گاهی بعضی کانسارها حتی نیاز به برداشتن مواد پوشاننده یا باطله‌برداری هم ندارند و کاملاً در سطح قرار گرفته‌اند ؛ اما در این‌صورت نیز، برای بازکردن معدن باید نکاتی رعایت شود. ابتدایی‌ترین کار برای باز کردن یک معدن روباز ایجاد راه برای دست‌رسی به تودهٔ ماده معدنی است. انتخاب محل راه نیاز به مطالعهٔ دقیق دربارهٔ توپوگرافی منطقه

۱ــ Opening

شکل ۱ــ۱ــ یک معدن روباز

دارد. مسیر جاده از روی نقشه توپوگرافی تعیین می‌شود و این جاده بایستی در جایی زده شود که به محل انباشت ماده معدنی نزدیک‌تر باشد. پس از احداث جاده عملیات باطله‌برداری و کنارزدن طبقات سطحی (روباره) از روی کانسار انجام می‌شود. باطله برداری می‌تواند با انفجار در سنگ‌های سخت و با استفاده از ماشین‌آلات مختلف از قبیل بولدوزر، لودر و غیره انجام شود.

برای استخراج مادهٔ معدنی نیز با توجه به طراحی انجام شده و با برداشت بخشی از طبقات پوششی و یا خود ماده معدنی، راه ورودی به معدن احداث شده و پیش‌روی صورت می‌گیرد. همزمان با پیش‌روی به عمق، عملیات باز کردن و آماده‌سازی نیز انجام می‌گیرد ؛ اصولاً استخراج معادن روباز به‌شکل پلّکانی است.



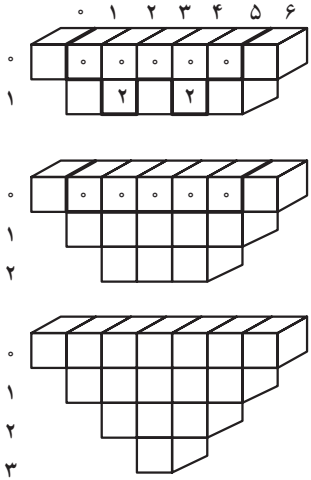
شکل ۲ــ۱ــ معدن روباز پلکانی

نحوه پیش‌روی و برداشت پله‌ها، نیاز به یک طراحی دقیق داشته، و به‌علت آن‌که طراحی آن بسیار وقت‌گیر است، امروزه به‌کمک کامپیوتر و برنامه‌های نرم‌افزاری مخصوص انجام می‌دهند.

بعضی از مواد معدنی در ارتفاعات بیشتری از سطح زمین قرار گرفته‌اند. برای نمونه سنگ‌های ساختمانی تزیینی و نما هستند که عمدتاً در داخل تپه‌هایی قرار گرفته و دست‌یابی به آن‌ها نیز، آسان است. برای بازکردن و آماده‌سازی این نوع معادن، ایجاد راه دست‌رسی در مرحلهٔ اول ضروری است. چون ارتفاع بسیار است، راه دست‌رسی به‌صورت طبقاتی همانند جاده‌های کوهستانی ایجاد

می‌شود ؛ قسمتی از جاده که دو طبقه را به‌هم متصل می‌کند و به‌صورت قوسی است «**رمپ**[1]» نامیده می‌شود. این شکل از راه در معادن روباز نیز هم‌زمان با پیش روی ایجاد می‌شود. طراحی رمپ به شرایط مختلفی ازجمله مقاومت کف جاده، شرایط آب و هوایی، شکل ماده معدنی، سیستم حمل و نقل و ... بستگی دارد.

پس از ایجاد راه دست‌رسی، عملیات باطله برداری و استخراج ماده معدنی از بالاترین نقطه انجام می‌شود. در این حالت پله‌های استخراجی عکس حالت قبل را دارند. این روش استخراج رو باز **کواری**[2] نام دارد. کلیه روش‌های استخراج روباز در فصول بعدی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.



شکل ۳ــ۱ــ نمونه‌ای از مدل‌های استخراجی به‌روش کامپیوتری

شکل ۴ــ۱ــ استخراج در یک معدن سنگ ساختمانی

۱ــ Ramp ۲ــ Quarry

لازم به یادآوری است که همواره طراحی معادن روباز از پایین به بالا صورت می‌گیرد ؛ اما استخراج آن‌ها از بالا به پایین است. همچنین، عملیات آماده‌سازی در معادن روباز هم‌زمان با بهره‌برداری و ایجاد پله‌های استخراجی انجام می‌شود.

بازکردن معادن زیرزمینی

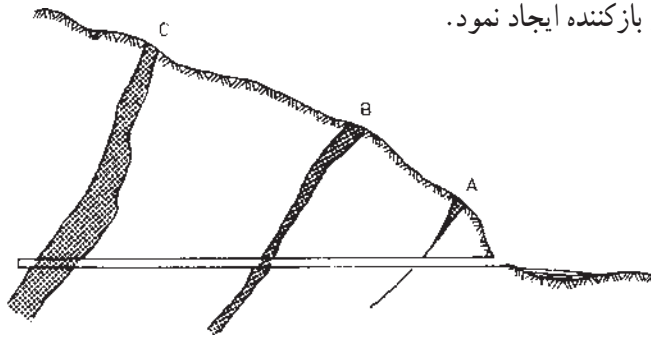
باز کردن معادن زیرزمینی به‌دلیل موقعیت ویژه آن‌ها در مقایسه با معادن روباز بسیار مشکل‌تر است. برای آن‌که بتوان مناسب‌ترین محل را برای بازکردن معدن انتخاب کرد، بایستی اطلاعات دقیقی

شکل ۵ ــ۱ــ دهانهٔ معدن زیرزمینی

از شکل و روش قرارگیری کانسار در زیرزمین دردست باشد. با توجه به ویژگی‌های خاص معادن زیرزمینی، ازجمله تهویهٔ هوا برای کارکنان، ایمنی حرکت در فضاهای زیرزمینی و حمل و نقل مناسب مواد، باز کردن این معادن ازطریق حداقل دو مجرا ضروری است. برحسب موقعیت و شرایط کانسار، باز کردن معادن زیرزمینی با تونل، چاه و رمپ صورت می‌گیرد که به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

باز کردن با تونل (درکانسارهای رگه‌ای و لایه‌ای)

بازکردن کانسارهای لایه‌ای و رگه‌ای، هنگامی که کانسار در منطقهٔ کوهستانی و تپه‌ای قرار گرفته است، با تونل صورت می‌گیرد (این کانسارها اغلب دارای رخنمون[1] هستند) با توجه به شرایط موجود و موقعیت کانسار، تونل بازکننده را می‌توان عمود بر لایه، دنبال لایه و یا با زاویه مشخص نسبت به امتداد لایه حفر کرد. اگر شرایط اجازه دهد، می‌توان معدن را به چند طبقه تقسیم کرد و برای هر طبقه تونل بازکننده ایجاد نمود.



شکل ۶ــ۱ــ باز کردن معدن به وسیله تونل

همان‌طور که گفته شد، برای بازکردن معادن زیرزمینی، حداقل دو مجرا لازم است ؛ در مواردی که کانسار با تونل باز می‌شود، این کار با حفر دو تونل در دو ارتفاع مختلف انجام می‌گیرد. یکی از این تونل‌ها، تونل اصلی است که اصولاً عمل باربری و خدمات‌رسانی به معدن در آن انجام می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین مسئله‌ها در کارهای معدنی، شرایط اقتصادی و هزینه‌های مصرفی است. بنابراین، محل حفر تونل بایستی در نقطه‌ای صورت گیرد که کمترین میزان حفاری و میزان احداث راه را دربر داشته باشد. به علت این‌که در نزدیکی تونل بایستی تأسیسات و ساختمان‌هایی به منظورهای مختلف احداث شود، محل تونل باید در منطقه‌ای باشد که بتوان به‌راحتی و با صرف حداقل هزینه، محوطهٔ مربوط به آن را ایجاد کرد.

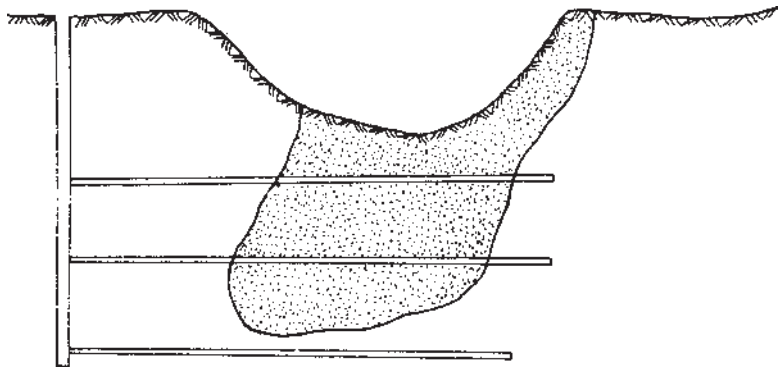
ازنظر ایمنی محل تونل بازکننده بایستی به‌گونه‌ای باشد که از ریزش کوه و ریزش برف در زمستان درامان باشد. همچنین، مسیر رودخانه‌ها و چشمه‌ها در انتخاب دهانهٔ تونل بایستی درنظر

۱ــ محلی که ماده معدنی در سطح زمین دارای بیرون‌زدگی است رخنمون گویند.

گرفته شود. تا حد امکان سعی می‌شود که تونل‌ها در بالای سطح سفره‌های آب زیرزمینی زده شوند. در این حالت داشتن اطلاعات از نحوهٔ قرارگیری و موقعیت آب‌های زیرزمینی ضروری است. مع‌الوصف می‌توان گفت بازکردن یک کانسار رگه‌ای و لایه‌ای که در بلندی قرار دارد، با تونل، با صرفه‌تر از بازکردن آن به روش‌های دیگر، مثل زدن چاه است.

باز کردن معدن به‌وسیلهٔ چاه

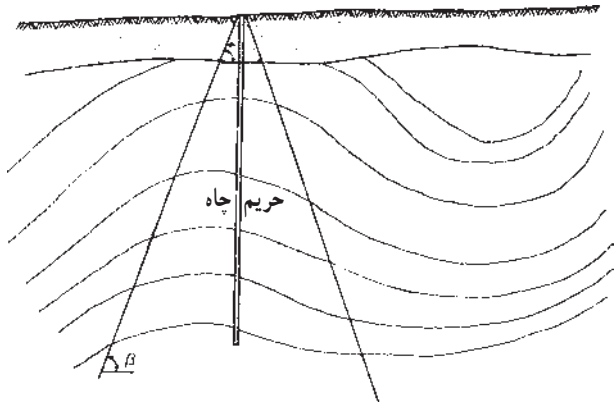
اگر تمام یا قسمتی از یک کانسار در عمق زیادی از سطح زمین قرار گرفته باشد و امکان بازکردن آن با تونل وجود نداشته باشد، بازکردن آن با چاه انجام می‌شود. در بسیاری از موارد به علت آن‌که چاه، نمی‌تواند تنها راه دست‌رسی به ماده معدنی باشد، از تونل نیز در کنار چاه استفاده می‌شود.



شکل ۷ــ۱ــ باز کردن معدن توسط چاه

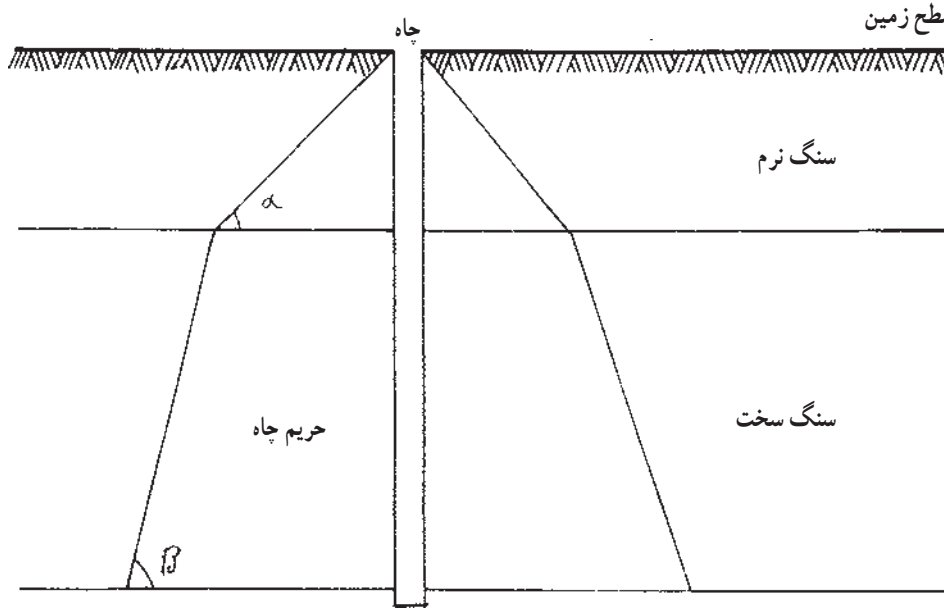
برحسب شرایط موجود چاه بازکننده می‌تواند مورب یا قائم باشد که در زیر به شرح هریک از آن‌ها می‌پردازیم.

الف ــ بازکردن معدن با چاه قائم: تقریباً در تمامی موارد، لایه‌های پرشیب و در بیشتر موارد لایه‌های کم‌شیب تا شیب متوسط با چاه قائم باز می‌شوند. انتخاب محل چاه برای بازکردن بسیار مهم است. قبل از حفر چاه برای تعیین محل دقیق آن بایستی از موقعیت کانسار و سنگ‌های اطراف آن، اطلاعات کاملی داشته باشیم. نکته‌ای که در حفر چاه همواره مد نظر قرار می‌گیرد، رعایت حریم مناسب برای آن است. حریم چاه یک محدودهٔ مشخص به‌شکل مخروط است که رأس آن در سطح زمین و قاعدهٔ آن در عمق واقع است و داخل این حریم برای حفظ ایمنی چاه عمل استخراج و حفاری انجام نمی‌گیرد. تعیین حریم چاه نیاز به محاسبه‌های به خصوصی دارد.



شکل ۸ــ۱ــ زاویه حریم چاه

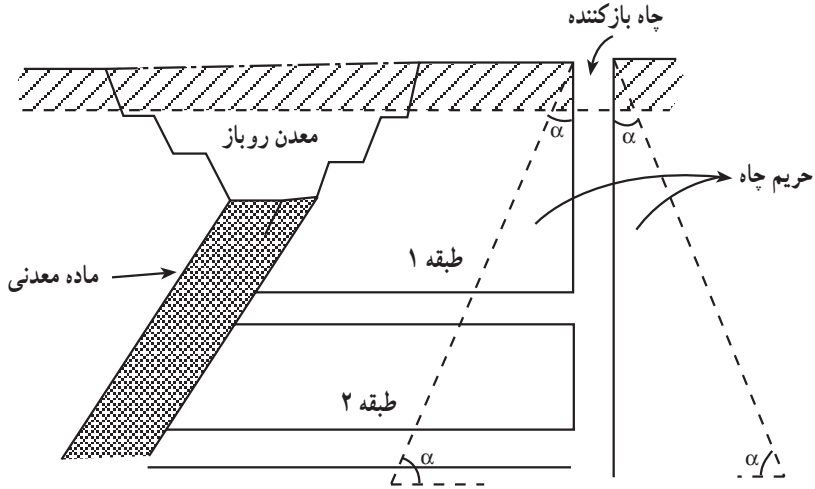
زاویه رأس این مخروط به مقاومت و سختی سنگ‌های اطراف بستگی دارد و هرچه این سنگ‌ها سخت‌تر باشند، زاویهٔ رأس مخروط کوچک‌ترخواهد بود.



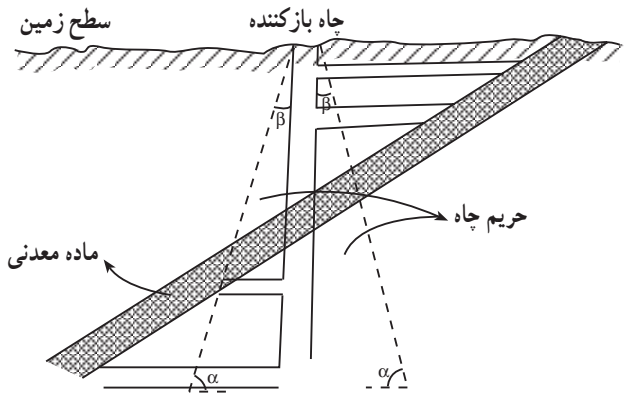
شکل ۹ــ۱ــ تغییر زاویه حریم چاه

بنابراین، در انتخاب محل چاه باید حریم آن را نیز در نظر گرفت. چاه بازکننده در نقطه‌ای حفر می‌گردد که کانسار از دو طرف چاه به یک اندازه گسترده شده باشد. سعی می‌شود تا حد امکان هر دو چاه بازکننده که یکی از آن‌ها **چاه اصلی** نامیده می‌شود، در نزدیکی هم قرار گیرند. (چاه اصلی برای باربری ماده معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد). تعداد چاه‌های بازکننده، بستگی به ابعاد کانسار و بزرگی آن دارد.

هرچه وسعت کانسار بیشتر باشد، چاه‌های بیشتری برای بازکردن لازم است. معمولاً بهتر است که برای گشایش معدن، چاه در کمر پایین ماده معدنی زده شود. این کار در کانسارهای پرشیب ضروری است. یکی از علت‌های آن واقع شدن مادهٔ معدنی خارج از حریم چاه است. در این‌شرایط احتیاجی به باقی‌گذاردن ماده معدنی برای حفظ چاه نخواهد بود. علت دیگر آن امکان روباز استخراج کردن بخش فوقانی کانسار است. تعیین عمق معدن روباز نیز، نیاز به محاسبات خاصی دارد که از حوصلهٔ این درس خارج است.



شکل ۱۰ــ۱ــ تفکیک استخراج یک کانسار به دو بخش روباز و زیرزمینی

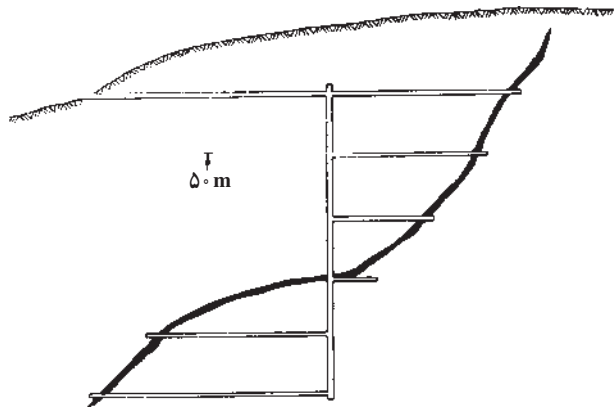


شکل ۱۱ــ۱ــ تعیین حریم چاه بازکننده

اما در کانسارهای کم‌شیب تا میان شیب و یا افقی چاه بازکننده را می‌توان طوری قرار داد که مقداری از آن در کمر بالا و مقداری از آن در کمر پایین واقع شود. برای آماده‌سازی و استخراج، از تونل‌های عمود بر لایه استفاده می‌شود. در این موقعیت مقدار کمی از مادهٔ معدنی در حریم چاه باقی می‌ماند و استخراج نمی‌شود ؛ اما در عوض میزان حفاری برای دست‌رسی به کانسار کمتر بوده و عمل استخراج سریع‌تر انجام می‌گیرد.

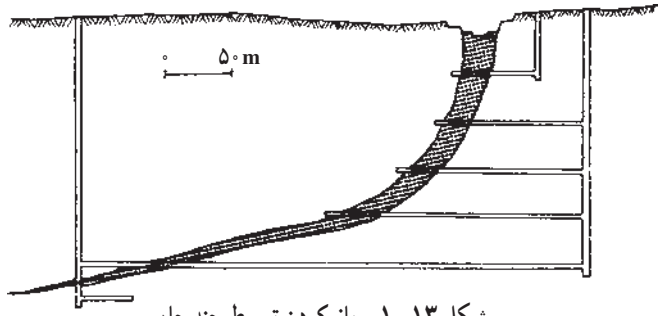
یکی دیگر از مسائلی که در حفر چاه بایستی رعایت شود، قرارگیری آن در محل مناسب، نسبت به تأسیسات سطحی بیرون چاه است ؛ به‌طوری‌که وجود این تأسیسات، خللی در روند استخراج وارد نکند. همچنین، محل چاه نباید در مسیر آب‌های جاری و نقاطی که امکان‌ریزش دارند، تعیین شود. دهانهٔ چاه تا حد امکان باید در یک نقطهٔ بلند و مرتفع واقع شود. در این‌صورت انتقال مواد معدنی به نقاط پایین آسان‌تر انجام می‌شود.

گاهی برای بازکردن معادن و دست‌رسی به ماده معدنی، از چاه کور نیز استفاده می‌شود. چاه کور یا کورچاه، چاهی است که به سطح زمین و فضای آزاد راهی نداشته باشد. برای بازکردن معدن ابتدا تونل یا تونل‌هایی به‌طرف کانسار زده می‌شود، سپس چاه کور از داخل تونل حفر می‌گردد.



شکل ۱۲ــ۱ــ باز کردن توسط چاه کور

بعضی از کانسارهای رگه‌ای هرچه به سمت عمق پیش‌رفت می‌کنند، شیب بیشتری پیدا می‌کنند. در این گونه موارد، برای ادامهٔ عملیات استخراج و برای اجتناب از حفاری‌های بیش از حد یک چاه دیگر در نقطهٔ مناسب برای بازکردن معدن حفر می‌شود.



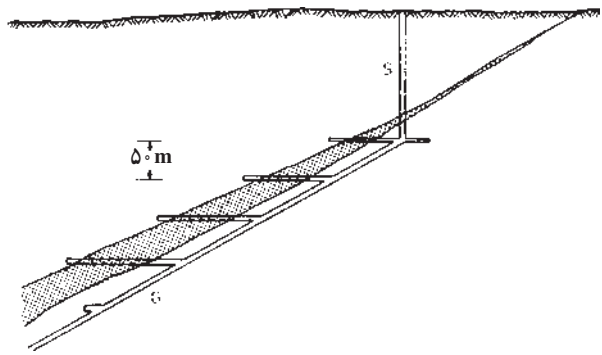
شکل ۱۳ــ۱ــ باز کردن توسط چند چاه

اصلی‌ترین وسیلهٔ حمل و نقل در چاه قائم آسانسور (اسکیپ و قفس[1]) است. در کلیّهٔ چاه‌های قائم معدنی برای ایمنی بیشتر، پله‌های آهنی اضطراری نیز تعبیه می‌شود.

شکل ۱۴ــ۱ــ تأسیسات بیرونی آسانسور چاه معدن

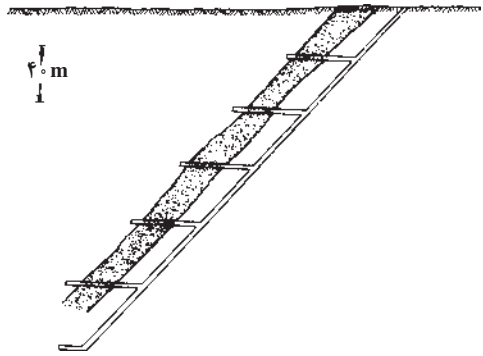
۱ــ Skip & Cage

ب ــ بازکردن معدن با چاه مورب و مایل: باز کردن و دست‌رسی به مادهٔ معدنی را از طریق حفر چاه مایل و مورب نیز می‌توان انجام داد. در کانسارهای لایه‌ای نازک با شیب متوسط که سنگ‌های کمر بالای آن‌ها دارای مقاومت کافی هستند ؛ حفر چاه مایل برای دست‌رسی به مادهٔ معدنی، یکی از روش‌های متداول است. بسته به شرایط موجود بازکردن معدن به‌کمک ترکیبی از چاه مایل و قائم نیز، می‌تواند انجام گیرد.



شکل ۱۵ــ۱ــ بازکردن معدن توسط چاه مورب

البته برای بازکردن معدن با چاه مورب بایستی شرایطی فراهم شود که آن‌ها را ذکر می‌کنیم. یکی از این شرایط عدم وجود چین‌خوردگی و شکستگی و تغییر شیب فراوان در لایه است.



شکل ۱۶ــ۱ــ باز کردن توسط چاه مورب

همان‌طور که گفته شد، بازکردن معدن بایستی از طریق حداقل دو مجرا صورت گیرد. در این‌جا هم یک چاه مایل برای باربری و خدمات‌رسانی و یک چاه مایل برای تهویه حفر می‌شود. اصولاً چاه تهویه هم مایل است ؛ اما در بعضی موارد قائم نیز حفر می‌شود.

چاه تهویه هم‌زمان با پیش‌روی چاه باربری و به‌اندازهٔ یک تراز (یا یک طبقه) بالاتر از آن،

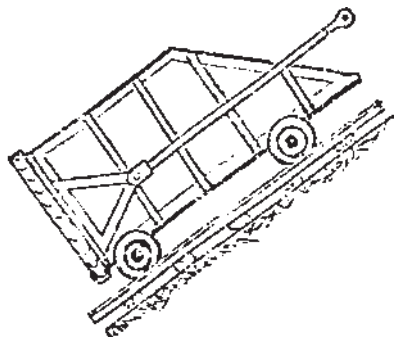
پیش‌روی می‌کند. امّا به‌علت سهولت در رفت و آمد افراد و همچنین استفادهٔ بیشتر، چاه تهویه معمولاً هم‌عمق چاه باربری حفر می‌گردد. برای حفظ ایمنی و اطمینان بیشتر از خطر ریزش دیوارهٔ چاه مایل، مانند آنچه درمورد چاه‌های قائم بیان شده، حریم چاه درنظر گرفته می‌شود، یعنی، در اطراف چاه و به‌زاویهٔ مشخص هیچ‌گونه عملیات حفاری یا بنا کردن تأسیسات سطحی انجام نمی‌گیرد.

برای حمل و نقل افراد و مادهٔ معدنی در چاه مایل، وسایل مختلفی هست که بسته به‌شرایط چاه و امکانات موجود باهم تفاوت دارند. اگر شیب چاه کم باشد (معمولاً کمتر از ۲۰°) از نوار نقاله برای باربری استفاده می‌شود.

شکل ۱۷ــ۱ــ نوار نقاله در حال انتقال مواد معدنی

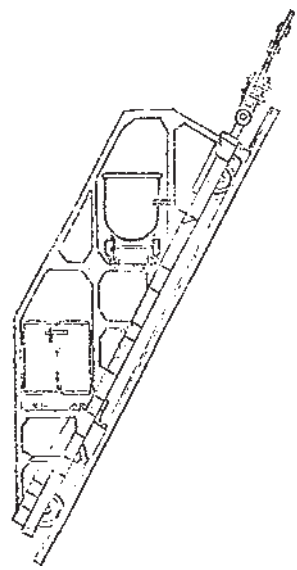
البته در شیب‌های کم واگن‌هایی که به‌طور مستقیم بر روی ریل حرکت می‌کنند نیز مورداستفاده قرار می‌گیرند. این واگن‌ها به‌کمک وینچ و کابل حرکت می‌کنند.

در شیب‌های زیادتر واگن‌های معدنی را می‌توان روی ارابه‌های مخصوص به شکل افقی قرار داد.



شکل ۱۸ــ۱ــ اسکیب مخصوص چاه مایل

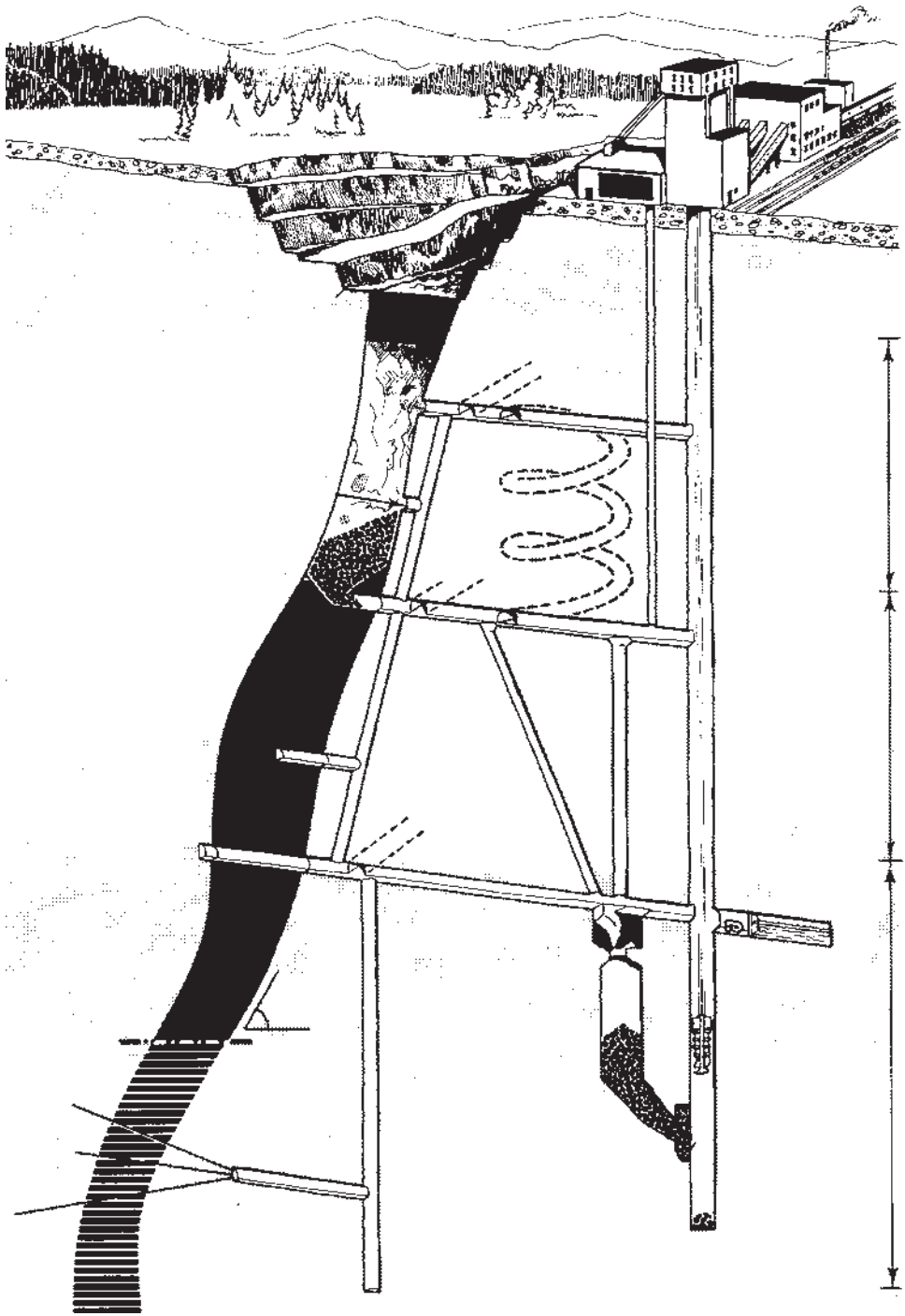
برای حمل و نقل افراد هم از پلکان مخصوص و تجهیزات مکانیکی دیگر استفاده می‌شود. انتخاب محل چاه مایل نیز دارای اهمیت ویژه‌ای است. در این‌جا هم دهانهٔ چاه باید در یک نقطهٔ مرتفع واقع شود و در مسیر آب‌های جاری و نقاطی که امکان ریزش دارد، قرار نگیرد. همچنین، باید هر دو چاه باز کننده تا حدامکان در نزدیکی هم قرار گیرند.



شکل ۱۹ــ۱ــ واگن درقفس مخصوص چاه مایل

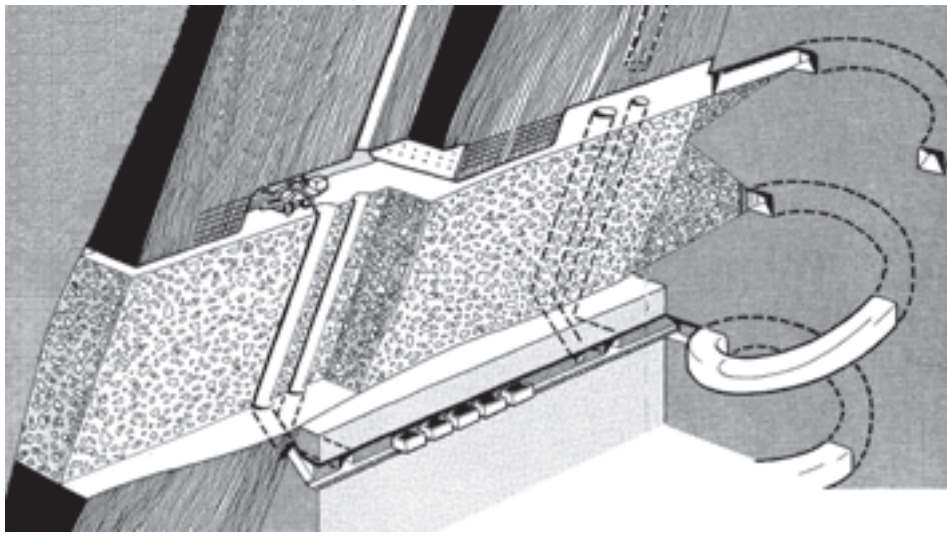
باز کردن معدن با رمپ: یکی از روش‌های دست‌رسی به مادهٔ معدنی و حمل و نقل آن که امروزه با استفاده از ماشین‌آلات مجهز و پیش‌رفته در معادن زیرزمینی صورت می‌گیرد، ایجاد رمپ است. این گذرگاه شیب‌دار که به شکل طبقه طبقه است، مشابه با راه‌های ایجاد شده در معادن روباز است که در آن حمل و نقل مادهٔ معدنی با ماشین‌آلات سنگین موتوری مانند کامیون‌ها و لودرهای موتور دیزلی انجام می‌گیرد.

مع‌الوصف باید گفت که مهم‌ترین شرایط ایجاد رمپ در معادن زیرزمینی، این است که کانسار استخراجی دارای تودهٔ بسیار بزرگ و ظرفیت استخراج سالیانهٔ آن نیز زیاد باشد. همچنین، سنگ‌های اطراف و طبقه‌های مجاور بایستی دارای مقاومت کافی باشند. چون یک سطح وسیع برای ایجاد رمپ حفر می‌گردد، شکل رمپ‌ها می‌تواند قوس‌دار یا به‌صورت شکسته یا مستقیم باشد. رمپ‌ها معمولاً در مجاورت چاه قائم با رعایت حریم چاه ایجاد می‌شوند و در هر طبقه با تونل‌هایی به محل استخراج ماده معدنی متصل می‌شوند. عرض این رمپ‌ها با توجه به شرایط موجود و ظرفیت استخراجی، بین ۱۰ تا ۱۵ و گاه تا ۲۰ متر هم می‌رسد ؛ به‌طوری‌که ماشین‌آلات حمل و نقل به‌راحتی در آن‌ها حرکت کنند.



شکل ۲۰ــ۱ــ باز کردن معدن به‌وسیلهٔ رمپ

به‌علت حرکت ماشین‌آلات حمل و نقل موتوری سنگین که اصولاً به‌کمک سوخت‌های فسیلی به‌حرکت درمی‌آیند، مسئلهٔ تهویه در این معادن اهمیت بسیاری دارد ؛ استفاده از بادبزن‌های بسیار قوی که به‌راحتی بتوانند فضای معدن را تهویه کنند، مستلزم صرف هزینه‌های بالایی است. همچنین، به‌منظور ایجاد فضای کافی برای حرکت ماشین‌آلات و تجهیزات، نیاز به حفاری‌های بسیار زیادی در عمق زمین است که این نیز با صرف هزینه‌های هنگفت امکان‌پذیر می‌باشد. بنابراین، همان‌گونه که از قبل به آن اشاره شد، مهم‌ترین شرایط برای ایجاد رمپ در معادن زیرزمینی، وسعت و بزرگی تودهٔ کانسار، برخورداری از ماشین‌آلات و تجهیزات پیش‌رفته و سنگین و صرف مبالغ فراوانی برای به‌انجام‌رساندن آن است.



شکل ۲۱ــ۱ــ باز کردن معدن به‌وسیله رمپ

خودآزمایی

۱ــ باز کردن معادن روباز را توضیح دهید.

۲ــ در مورد نحوهٔ بازکردن کانسارهای رگه‌ای و لایه‌ای به‌طور کامل توضیح دهید.

۳ــ نکته‌هایی که در انتخاب محل چاه بازکننده بایستی رعایت شود، چیست؟

۴ــ حریم چاه را با رسم شکل شرح دهید.

۵ ــ روش باز کردن معدن با چاه مایل چگونه است؟

۶ــ شرایط باز کردن معدن با رمپ چیست؟

فصل دوم

چگونگی استخراج در معادن روباز

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلّیّاتی درمورد روش استخراج در معادن روباز را بیان کند.

۲ــ مطالعات اوّلیّه درمورد معادن روباز را تشریح کند.

۳ــ عملیات آماده‌سازی در معادن روباز را توضیح دهد.

۴ــ شیب معدن و عوامل مؤثر در انتخاب شیب مناسب را تشریح کند.

۵ ــ پله معدن و مشخصات آن را شرح دهد.

۶ــ پله و عوامل مؤثر در ارتفاع آن را توضیح دهد.

۷ــ شیب پله را تشریح کند.

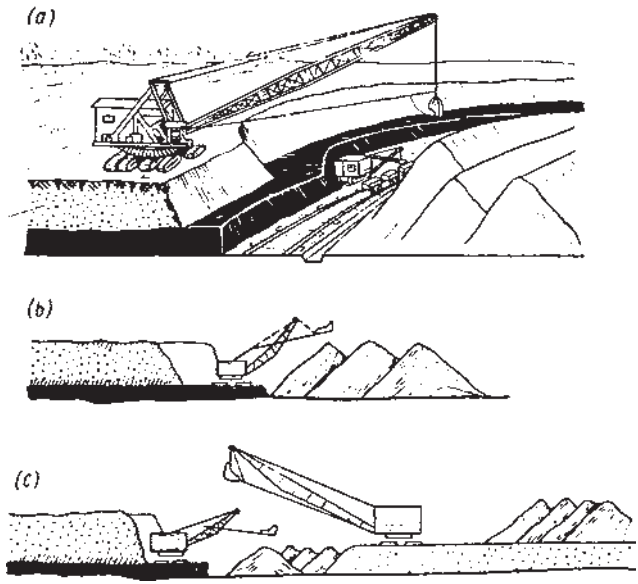
۸ ــ سایر مشخصات پله معدن را بیان کند.

۹ــ انبار کردن مواد معدنی در معادن روباز را تشریح کند.

۱۰ــ بازسازی معدن روباز را شرح دهد.

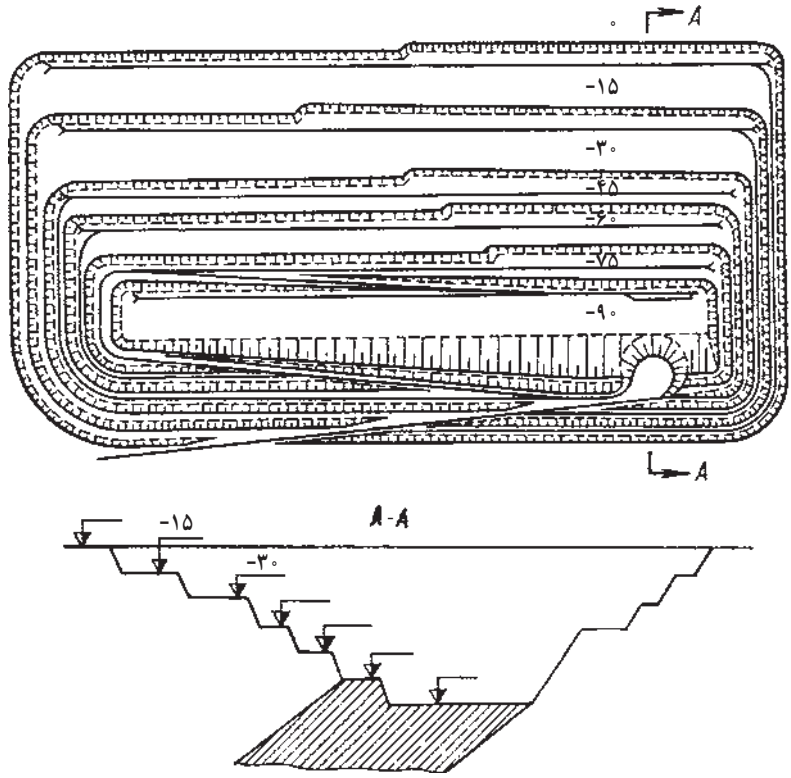
کلّیّات

یکی از متداول‌ترین روش استخراج معادن در ایران و بیشتر نقاط جهان استخراج به طریقهٔ روباز است. هنگامی‌که یک ذخیره معدنی در عمق نسبتاً کمی از سطح زمین قرار گرفته باشد، می‌توان با کنارزدن مواد پوشش‌دهنده، به مادهٔ معدنی دست‌رسی یافت و آن را استخراج کرد.



شکل ۱ــ۲ــ نوعی از استخراج ماده معدنی به شکل روباز

اهمیت بهره‌برداری معادن به‌روش روباز و این‌که بشر از دیرباز تمایل بیشتری به استخراج سطحی معادن نشان داده است، به‌علت آن است که این روش‌ها از نظر اقتصادی به‌صرفه‌تر از روش‌های زیرزمینی است. در معادن روباز، فضای مناسب برای به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات سنگین بارگیری و حمل و نقل وجود دارد ؛ درصورتی‌که در معادن زیرزمینی همواره فضای محدودی در اختیار ماست. همچنین، در معادن روباز نیاز به روشنایی، تهویه و آبکشی به‌جز در موارد استثنایی وجود ندارد. شکل استخراج معادن در روش روباز بیشتر مخروطی پلکانی[1] است.



شکل ۲ــ۲ــ شکل یک معدن روباز درحالت کلی

بسیاری از معادنی که در گذشته به‌روش زیرزمینی استخراج می‌شده، امروزه با پیش‌رفت علم و استفاده از فناوری جدایشِ باطله، به‌شکل روباز استخراج می‌شوند. اما به‌این معنا نیست که اگر تمام معادن به‌صورت روباز استخراج شوند، با صرفه‌تر خواهد بود ؛ بلکه محدودیت‌هایی برای انتخاب روش وجود دارد که در این فصل به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

۱ــ Open Pit

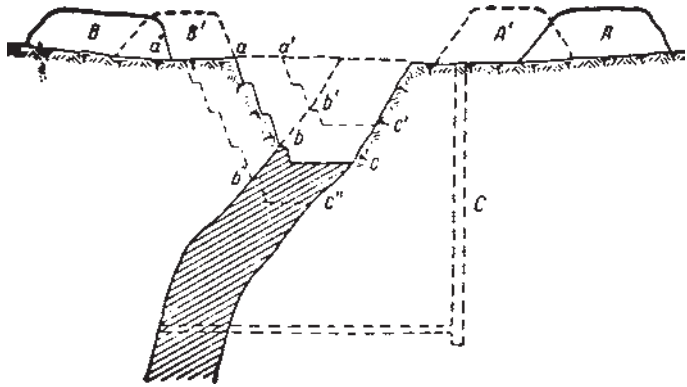
شکل ۳ــ۲ــ یک معدن روباز

مطالعات اولیه در مورد معادن روباز

به طور کلی برای آن‌که بتوان یک معدن را به‌طور روباز استخراج کرد، باید شرایطی برقرار شود و درمورد هریک از آن‌ها اطلاعات دقیقی در اختیار باشد. برای دست‌رسی به مادهٔ معدنی باتوجه به‌عمقی که کانسار از سطح زمین دارد، مواد باطله برداشت می‌شود. بنابراین، یکی از فاکتورهای مهم که نشان‌دهندهٔ اقتصادی بودن استخراج روباز یک کانسار است و در مرحلهٔ طراحی باید آن را در نظر گرفت، نسبت برداشت باطله به برداشت ماده معدنی $(\frac{W}{O})$[1] می‌باشد که برابر است با مقدار تناژ برداشت باطله به‌ازای برداشت یک تن ماده معدنی و به‌آن **نسبت باطله‌برداری** گفته می‌شود.

هرچه مادهٔ معدنی، عمق بیشتری نسبت به سطح زمین داشته باشد، میزان باطله‌برداری و نسبت باطله‌برداری نیز بیشتر خواهد بود. افزایش نسبت باطله‌برداری تا حدی مجاز است که هزینه‌های استخراجی به‌روش روباز مقرون به صرفه باشد ؛ در غیر این‌صورت کانسار باید به شکل زیرزمینی استخراج شود.

۱ــ Waste و باطله Ore = ماده معدنی



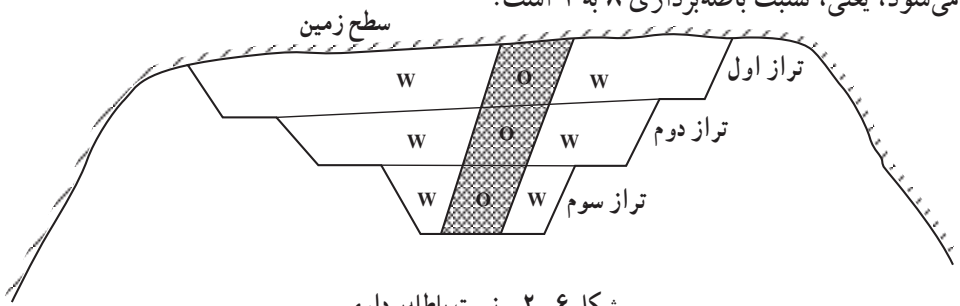
شکل ۴ــ۲ــ افزایش نسبت باطله‌برداری با افزایش عمق

اما در بعضی موارد که کانسار افقی بوده و به‌طور یک‌نواخت گسترش یافته است، می‌توان گفت که نسبت باطله‌برداری تقریباً ثابت خواهد بود.

شکل ۵ ــ۲ــ یک لایه افقی که نسبت باطله‌برداری در آن تقریباً ثابت است.

هنگامی که نسبت باطله برداری از یک حد معین فراتر رود، دیگر استخراج کانسار اقتصادی نخواهد بود. این حد برداشت باطله به ماده معدنی را نسبت **باطله‌برداری اقتصادی** ($\frac{W}{O}$) می‌گویند.

باید توجه داشت که در مرحلهٔ طراحی استخراج معدن نسبت باطله‌برداری در هر تراز یا طبقه معدن به‌طور مجزا مشخص می‌شود. میزان باطله‌برداری بایستی به ازای یک تن ماده معدنی مشخص شود، یعنی، مخرج کسر ($\frac{W}{O}$) باید یک باشد مثلاً اگر در یک تراز، ۵ تن مادهٔ معدنی هست و نیاز به‌برداشت ۴۰ تن باطله باشد، در این‌صورت به ازای برداشت یک تن مادهٔ معدنی، ۸ تن باطله برداشت می‌شود، یعنی، نسبت باطله‌برداری ۸ به ۱ است.



شکل ۶ــ۲ــ نسبت باطله‌برداری

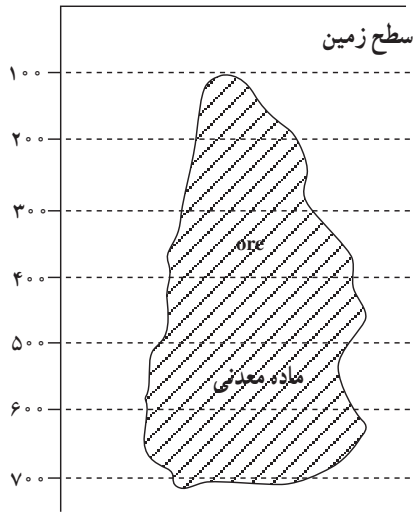
مثال

$$\frac{w}{o} = \frac{\text{۴۰ تن باطله}}{\text{۵ تن ماده معدنی}} = \frac{۸}{۱}$$

$$\frac{w}{o} = \frac{\text{۳۸ تن باطله}}{\text{۴ تن ماده معدنی}} = \frac{۹/۵}{۱}$$

به یک مثال دیگر توجه کنید.

عمق m	$\frac{w}{o}$ عملیاتی
۱۰۰	∞/۱
۲۰۰	۸/۱
۳۰۰	۶/۵/۱
۴۰۰	۵/۱
۵۰۰	۴/۱
۶۰۰	۷/۱
۷۰۰	۹/۱

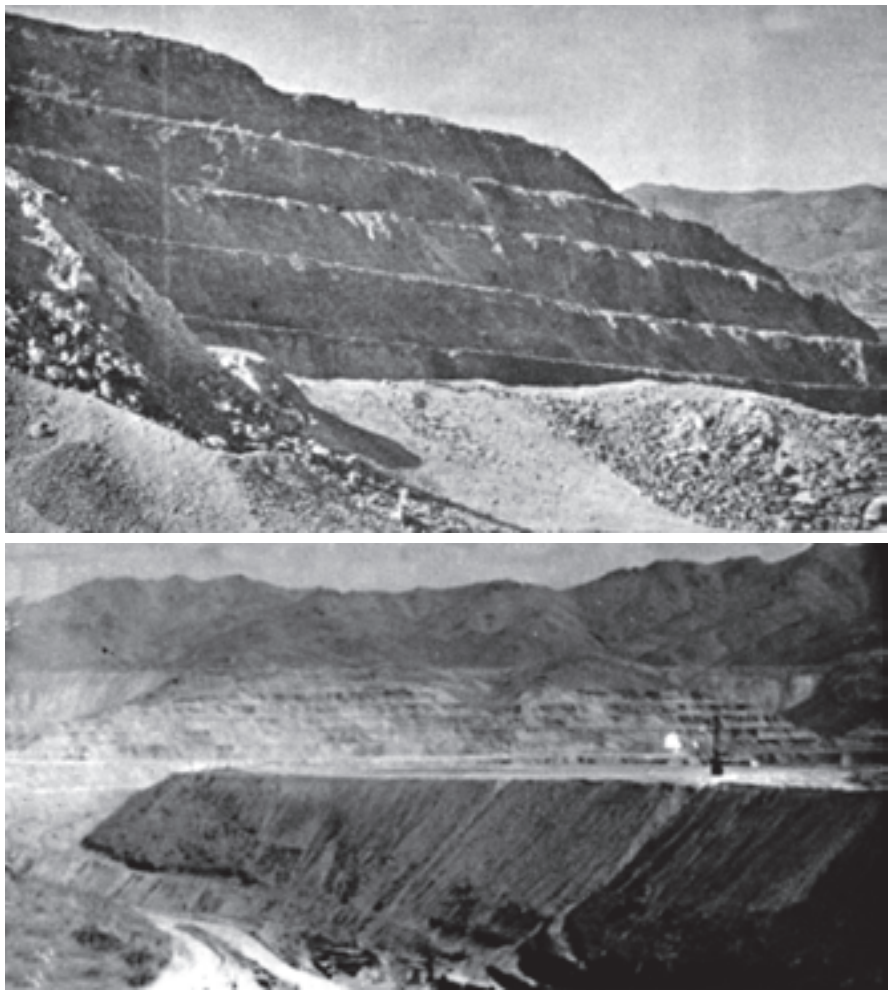


شکل ۷ــ۲ــ نحوهٔ قرارگیری ماده معدنی در عمق زمین و تعیین نسبت باطله‌برداری

در شکل بالا مقطع قائمی از کانسار مشخص شده است و در جدول میزان باطله‌برداری در هرعمق نگارش شده است تا عمق ۱۰۰متری چون ماده معدنی وجود ندارد، $\frac{w}{o} = \infty$ است. در عمق‌های دیگر میزان باطله‌برداری به‌ازای واحد مادهٔ معدنی مشخص شده است ($\frac{w}{o}$ عملیاتی). با توجه به قیمت مادهٔ معدنی و هزینه‌هایی که برای دست‌یابی به مادهٔ معدنی مصرف می‌شود، مشخص می‌شود که تا چه عمقی می‌توان استخراج این ماده معدنی را ادامه داد ($\frac{w}{o}$ اقتصادی).

عاملی که می‌تواند در میزان باطله‌برداری نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد، ارزش مادهٔ معدنی و مقدار ذخیرهٔ کانسار است. بعضی اوقات یک مادهٔ معدنی باارزش هرچند در عمق نسبتاً زیادی قرار داشته باشد، چون ارزش فروش بالایی دارد، استخراج آن به‌شکل روباز حتی با باطله‌برداری فراوان مقرون به‌صرفه است یا این‌که ضخامت مادهٔ معدنی به‌اندازه‌ای است که برداشت باطله با حجم بالا هم برای استخراج روباز آن اقتصادی است. اما بعضی اوقات نیز ممکن است یک مادهٔ معدنی به‌نسبت

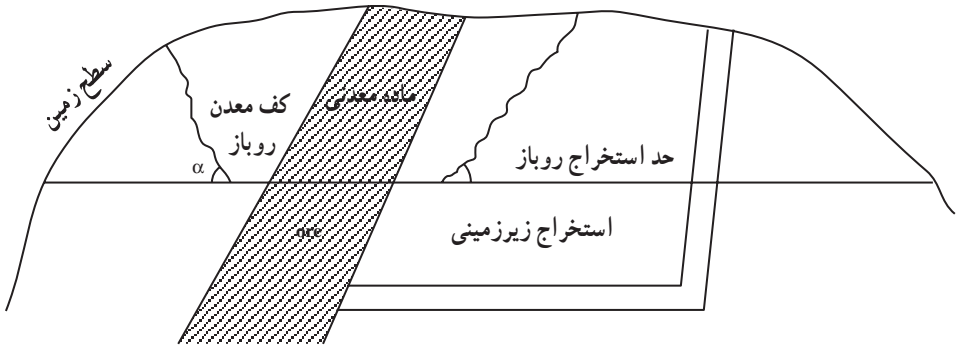
درعمق کمتری از سطح زمین قرار گرفته باشد، اما ارزش یا میزان ذخیره آن آن‌قدر بالانیست که متحمل هزینه‌های باطله‌برداری فراوان شویم. برای مثال معدن مس سرچشمه که یکی از بزرگ‌ترین معادن روباز ایران به‌شمار می‌رود، دارای ۳۹ میلیون تن باطله بوده است و حدود ۴ سال برای باطله‌برداری زمان صرف شده است تا به مادهٔ معدنی دست‌رسی پیدا کنند.



شکل ۸ ــ۲ــ معدن مس سرچشمه

بنابراین، با توجه به ارزش مادهٔ معدنی، میزان ذخیره و شرایط محیطی و اقتصادی حد استخراج روباز و زیرزمینی یک کانسار مشخص می‌شود. هدف از تعیین حد معدن، مشخص کردن عمق یا حدی است که کانسار می‌تواند به‌روش روباز استخراج شود. تعیین حد استخراج روباز و زیرزمینی

در کانسارهای مختلف با هم تفاوت دارد و برای مشخص کردن آن، معیارها و فرمول‌های متفاوتی مطرح شده است که ذکر آن در این‌جا ضروری نیست.



شکل ۹ــ۲ــ دست‌رسی به ماده معدنی به روش زیرزمینی

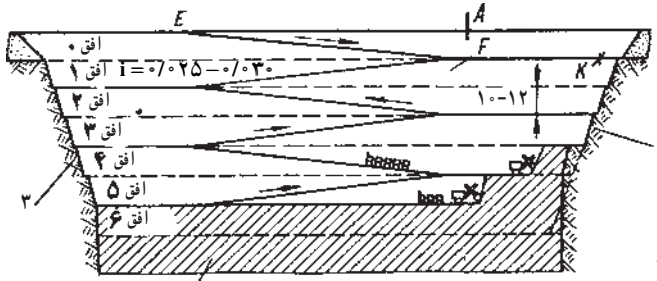
عملیات آماده‌سازی درمعادن روباز

برای آماده‌سازی معدن و شروع به‌کار استخراج بایستی تأسیسات سطحی مورد نیاز دریک محل مناسب که جزء محدوده معدن نیست و زیر آن ماده معدنی وجود ندارد، ایجاد شوند. تأسیسات سطحی از قبیل ساختمان رفاهی و خدماتی نبایستی در محل عبور و مرور ماشین‌آلات یا دپوی مواد معدنی و باطله قرار گیرد.

شکل ۱۰ــ۲ــ تأسیسات سطحی یک معدن روباز

پس از ایجاد تأسیسات، برای آماده‌سازی و شروع به‌کار عملیات استخراج، ابتدا باطله‌های روی ماده معدنی برداشته می‌شود این عملیات طبق طراحی گروه مهندسین که از قبل انجام گرفته است، با حفر یک ترانشه مورب آغاز می‌شود. حفر این ترانشه امکان قرارگیری ماشین‌آلات بارگیری و حمل و نقل را در داخل مواد باطله می‌دهد و در صورت لزوم به آتش‌کاری، سطح آزاد برای انفجار ایجاد شده است. همان‌طور که می‌دانید عملیات استخراجی در معادن روباز اصولاً به‌صورت پلکانی و در طبقاتی صورت می‌گیرد که ارتفاع آن‌ها با هم برابر است. پس از حفر اولین ترانشه و ایجاد اولین پله، پله‌های بعدی نیز بر طبق طراحی ایجاد شده تا به‌مادهٔ معدنی دست‌رسی پیدا شود و به‌همین ترتیب از بالا به پایین عملیات استخراج انجام می‌گیرد ؛ به‌طوری‌که جبهه کار پله‌های فوقانی همیشه از جبهه کار پله‌های تحتانی حداقل به اندازهٔ یک عرض پله جلوتر هستند.

همان‌طور که قبلاً یادآوری شد، در معادن روباز هم‌زمان با پیش‌روی پله‌ها و برای عبور و مرور یا قرارگیری ماشین‌آلات بارگیری و حمل و نقل بین طبقات مختلف معدن در یک یا چند نقطه راه ارتباطی ایجاد می‌شود. شیب راه‌های ارتباطی، بستگی به نوع ماشین‌آلات مورداستفاده، شرایط آب و هوایی و جنس سنگ کف دارد.



۱ــ ماده معدنی
۲ــ سنگ‌های پوشاننده
۳ــ سنگ‌های درون‌گیر

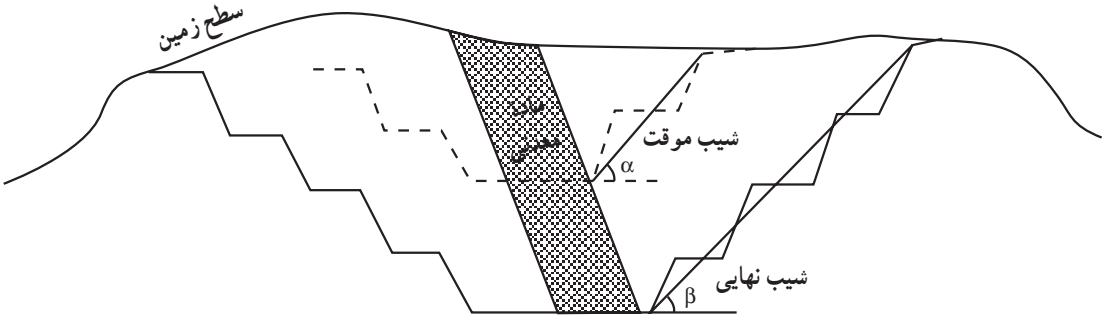
شکل ۱۱ــ۲ــ طبقات یک معدن روباز

شکل ۱۲ــ۲ــ کامیون در حال بارگیری شدن در معدن روباز

برای آشنایی بیشتر و به‌علت اهمیتی که شیب معدن در کاهش میزان باطله‌برداری دارد، در این قسمت ابتدا به بررسی شیب معدن می‌پردازیم و سپس اصلی‌ترین جزء یک معدن روباز که پله آن است، بررسی می‌شود.

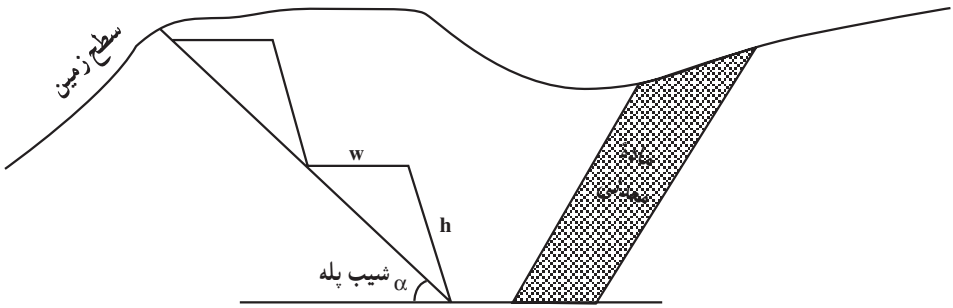
شیب معدن

برای معدن روباز دو نوع شیب تعریف می‌شود، یکی شیب موقت و دیگر شیب نهایی. طبق تعریف، زاویه‌ای را که دیواره نهایی معدن با سطح افقی تشکیل می‌دهد، **شیب نهایی** گویند و این زاویه بین سطح افق و پاره‌خطی است که پای آخرین پله را به لب اولین پله متصل می‌کند و زاویهٔ بین دیوارهٔ معدن در هر مرحله از عملیات استخراج قبل از رسیدن به حد نهایی کف معدن با سطح افق شیب موقت را تشکیل می‌دهد. عموماً شیب موقت معدن از شیب نهایی کمتر است.



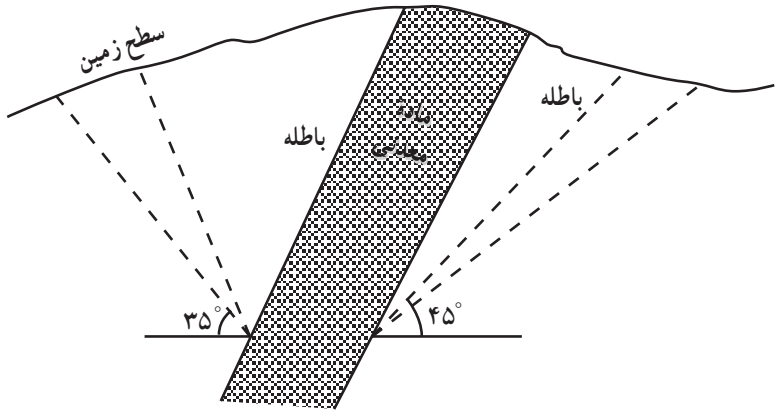
شکل ۱۳ــ۲ــ نمایش شیب نهایی و موقت معدن

گاهی مشاهده می‌شود که شیب معدن با شیب پلهٔ استخراجی اشتباه شده است ؛ در صورتی که شیب پله به زاویه‌ای اطلاق می‌شود که بین سطح افق و خطی است که پای پله‌ها را به پای پله بالایی متصل می‌کند. شیب پله در قسمت مشخصات پله‌ها به‌طور کامل بررسی می‌شود.



شکل ۱۴ــ۲

همان‌طور که می‌دانید در استخراج روباز، هزینهٔ باطله‌برداری یکی از اقلام عمدهٔ هزینه است و از معدن‌کاران همواره خواسته شده است که استخراج ماده معدنی با کمترین میزان باطله‌برداری انجام شود. میزان باطله‌برداری ارتباط معکوس با زاویه شیب نهایی معدن دارد. هرچه زاویهٔ شیب بیشتر باشد، میزان باطله‌برداری کمتر و هرچه شیب کوچک‌تر باشد، میزان باطله‌برداری افزایش می‌یابد.



شکل ۱۵ــ۲ــ ارتباط زاویه شیب نهایی معدن و میزان باطله‌برداری

افزایش بیش از حد شیب معدن باعث ناپایداری دیواره‌ها و ریزش آن‌ها می‌گردد و موجب وارد شدن خسارات جزیی و کلی می‌شود ؛ درواقع افزایش شیب تا جایی امکان دارد که پایداری دیواره‌های معدن را در طول عمر آن و در هنگام بهره‌برداری تضمین کرده و با ریزش مواجه نکند.

عوامل مؤثر در انتخاب شیب مناسب برای معدن

مهم‌ترین عواملی که در انتخاب شیب مناسب برای معدن می‌توانند مؤثر باشند، عبارت‌اند از :

۱ــ نوع مواد تشکیل‌دهندهٔ پله از نظر پایداری و مقاومت: شیب معدن را برحسب نوع و جنس طبقات و پایداری و مقاومت آن‌ها می‌توان بین ۲۰ تا ۷۰ درجه تغییر داد. هرچه طبقات، سُست و دارای مقاومت کم و یا دارای درزه و شکاف باشند، شیب کمتر است و هرچه طبقات محکم و مقاوم و بدون درزه و شکاف باشند، شیب بیشتری درنظر گرفته می‌شود.

۲ــ وضعیت آب‌های سطحی و زیرزمینی: آب‌های جاری سطحی و آب‌های زیرزمینی که درحین عملیات استخراج وارد فضای معدن می‌شوند، باعث سُست شدن پله‌های معدن می‌شوند. بنابراین، شیب پله‌ها را با وجود آب در معدن کمتر درنظر می‌گیرند. برای کنترل آب‌های سطحی و عدم

نفوذ آن‌ها بر روی پله‌ها احداث نهر و زهکشی الزامی است و برای خارج کردن آب‌های زیرزمینی از روش‌های مختلف پمپاژ استفاده می‌شود.

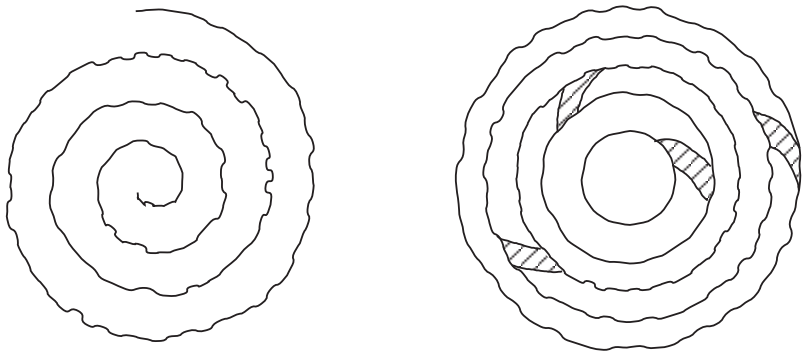
شکل ۱۶ــ۲ــ پمپ آبکشی درحال پمپاژ آب سطحی

۳ــ ارزش مادهٔ معدنی و نسبت باطله‌برداری ($\frac{W}{O}$) اقتصادی: در انتخاب شیب معدن فاکتور نسبت باطله‌برداری ($\frac{W}{O}$) و ارزش ماده معدنی تأثیر به‌سزایی دارند هرچه ارزش ماده معدنی بیشتر باشد، می‌توان نسبت باطله‌برداری بیشتری درنظر گرفت تا شیب کمتر شود و هرچه ارزش ماده‌معدنی کمتر باشد، شیب معدنی را می‌توان طوری طراحی کرد که تا حد نسبت باطله‌برداری اقتصادی افزایش یابد.

۴ــ زمان اجرای عملیات استخراج: عامل زمان نیز در طراحی شیب معدن و شیب پله بایستی مورد توجه قرار گیرد ؛ زیرا در بعضی موارد طبقات معدن شیب فراوان را فقط برای مدت محدودی می‌توانند، تحمل کنند. پارامتر زمان مخصوصاً در مراحل پایانی عملیات استخراج و اواخر عمر معدن مهم است ؛ چون مدت زیادی تا پایان عمر معدن باقی نمانده است و شیب موقت به شیب نهایی که بیشتر می‌باشد، نزدیک شده است.

پله معدن

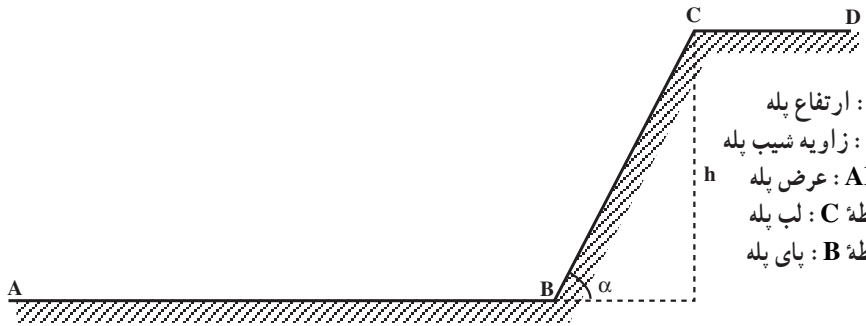
در متدهای مکانیکی استخراج سطحی برای استخراج مواد معدنی و یا انتقال سنگ‌های پوششی و باطله و یا هر دو از پله استفاده می‌شود. برای آن دسته از کانسارهایی که در ارتفاع کمی از سطح زمین قرار دارند (در حدود ۲۰ متر) با یک شیب و یا یک پله می‌توان باطله را برداشت کرده و ماده معدنی را استخراج نمود. آن دسته از ذخایر معدنی که در عمق‌های بیشتر قرار دارند، به‌جای یک دیوار مستقیم از یک دیوار شکسته یا چندپله‌ای برای استخراج استفاده می‌شود. این پله‌ها یا به‌شکل حلزونی از سطح زمین تا عمق استخراج ادامه دارد و مواد معدنی استخراج شده از این‌طریق به سطح منتقل می‌شوند و یا آن‌که پله‌های افقی با راه‌های ارتباطی که قبلاً هم به آن اشاره شد (رَمپ)، برای مرتبط ساختن پله‌ها در مکان‌های مناسب به‌وجود می‌آیند و بستگی به نوع سیستم انتقال مواد دارند.



الف ــ پله‌های افقی که توسط پله‌ها مرتبط شده‌اند. **ب ــ پله‌های حلزونی که با شیب معینی پایین می‌روند.**

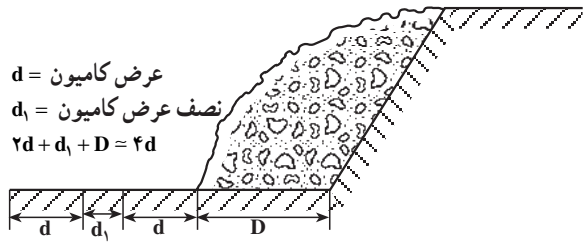
شکل ۱۷ــ۲

چون تعیین مشخصه‌های پله معدن از نظر ایمنی و اقتصادی بسیار مهم است و همچنین تعیین آن‌ها نیاز به بررسی و طراحی دقیق دارد، بنابراین، در این قسمت عوامل تأثیرگذار در طراحی مشخصات پله‌ها را شرح می‌دهیم : اجزای اصلی پله در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱۸ــ۲ــ اجزای اصلی پله

عرض پله: یکی از معمول‌ترین سیستم‌های حمل و نقل و بارگیری در معادن روباز، استفاده از شاول و کامیون است که با توجه به میزان مانور شاول و عرض کامیون عرض پله مشخص می‌شود. همچنین، اضافه حجم مواد، پس از آتش‌کاری هم در تعیین عرض پله تأثیر دارد. معمولاً عرض پله را طوری در نظر می‌گیرند که پس از انفجار دیواره‌ها و ریزش مواد روی پله، عرض آن به اندازهٔ دو برابر و نیم عرض کامیون‌های مورد استفاده در معدن فاصله داشته باشد. عرض پله به طور تجربی و تقریبی در حدود چهار برابر عرض کامیون در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱۹ــ۲ــ نمایش عرض پله

شکل ۲۰ــ۲ــ یک شاول در حال بارگیری در روی پله معدن

پله و عوامل مؤثر در تعیین ارتفاع آن

یکی از اجزایی که در مورد پله معدن باید تعیین شود، ارتفاع آن است. ارتفاع پله با توجه به

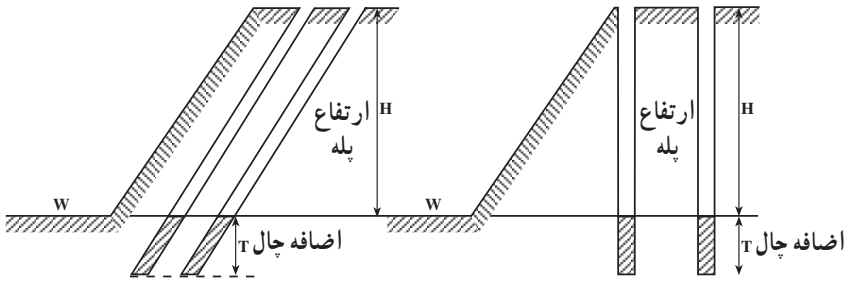
ماشین‌آلات مورد استفاده، شرایط مادهٔ معدنی و جنس آن مشخص می‌شود. مهم‌ترین عواملی که در ارتفاع پله مؤثراند به شرح زیر است.

۱ــ پایداری و مقاومت سنگ‌ها و مواد تشکیل‌دهنده‌ی پله‌ها: هر چه پایداری و مقاومت سنگ‌ها بیشتر باشد، می‌توان ارتفاع پله را بیشتر در نظر گرفت. این ارتفاع در سنگ‌های نرم بین ۶ ــ۴ متر، برای سنگ‌های متوسط بین ۸ ــ۶ متر و برای سنگ‌های سخت بین ۲۰ــ ۸ متر متغیر است.

شکل ۲۱ــ۲ــ تصویری از پله‌های معدن

۲ــ عمق عملکرد سیستم حفاری: چون در بیشتر موارد برای استخراج مواد داخل پله‌ها از انفجار استفاده می‌شود، به همین منظور و برای ثابت کردن ارتفاع پله و هموار نمودن عرض پله و نیز جبران نقص عملیات حفاری و انفجار، همواره بایستی عمق چال آتش‌کاری بیشتر ازارتفاع پله طراحی شود که به آن اضافه چال گویند. این عمل با ماشین‌آلات ویژه حفاری در معادن روباز انجام

می‌شود. در معادن روباز معمولاً برای به‌دست آوردن راندمان بیشتر از چال‌های شیب‌دار برای آتش‌کاری استفاده می‌شود.



شکل ۲۲ــ۲

شکل ۲۳ــ۲ــ واگن دریل در حال چال زدن

۳ــ ارتفاع دسترسی سیستم بارگیری: همان‌طور که می‌دانید، هر یک از ماشین‌آلات بارگیری تا ارتفاع معینی، قادر به بار کردن ماده معدنی یا باطله در داخل ماشین‌های حمل و نقل هستند. بنابراین، در طراحی ارتفاع پله‌ها، بایستی نوع دستگاه‌های بارکننده را هم تعیین کرد. مثلاً بعضی لودرها فقط تا ارتفاع ۵ متری، قادر به بارگیری هستند ؛ اما شاول‌هایی وجود دارند که تا ارتفاع ۲۰ متری عمل بارگیری را انجام می‌دهند.

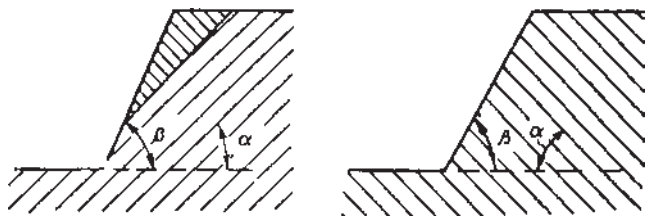
شکل ۲۴ــ۲ــ لودر در حال بارگیری

شکل ۲۵ــ۲ــ یک نوع شاول ویژه معدن

۴ــ شرایط آب و هوایی: یکی دیگر از مواردی که در طراحی ارتفاع پله نقش مؤثری دارد، شرایط آب و هوایی منطقه است. در نواحی مرطوب و همچنین مناطقی که برف و یخبندان فراوان و شدید است، معمولاً ارتفاع پله کمتر از حد معمول در نظر گرفته می‌شود، زیرا رطوبت و یخبندان باعث تورم خاک شده، حجم آن و در نتیجه ارتفاع پله افزایش یافته و امکان ریزش را بالا می‌برد.

شیب پله: شیب پله زاویه‌ای است بین خط افقی و یک خط فرضی که پای پله‌ها را به پای پله بالایی متصل می‌کند، یا زاویه‌ای است که رخساره پله با سطح افق می‌سازد. بیشتر اوقات، شیب پله از شیب نهایی معدن بیشتر است ؛ زیرا در ارتفاع کمتر، مواد بهتر می‌توانند خود را به حالت قائم نگه دارند. اما این مسئله عمومیت نداشته و در بعضی موارد شیب پله از شیب نهایی معدن کمتر می‌شود. عواملی که در انتخاب شیب پله مؤثراند عبارت‌اند از : مقاومت و پایداری مواد تشکیل‌دهنده‌ی پله، وضعیت لایه‌بندی و چگونگی قرار گرفتن طبقات مواد، وجود رمپ در پله‌ها و وضعیت آب‌ها در دیواره پله‌ها.

هر چه مقاومت سنگ‌های تشکیل‌دهندهٔ پله‌ها بیشتر باشد، شیب بیشتری می‌توان برای پله در نظر گرفت. در صورتی‌که شیب پله و شیب لایه‌بندی طبقات در یک جهت باشد، احتمال ریزش پله بیشتر بوده و باید شیب کمتری برای پله ایجاد کرد و اگر شیب پله و شیب لایه‌بندی در جهت عکس یکدیگر باشند، پله پایدارتری خواهیم داشت.

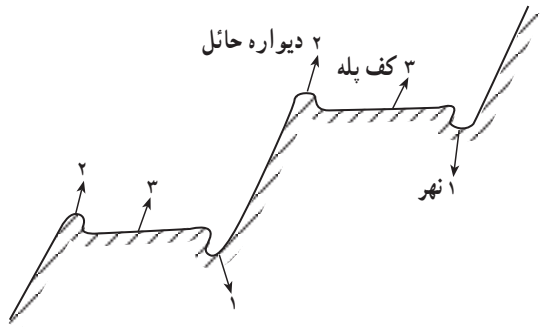


شکل ۲۶ــ۲ــ تأثیر شیب لایه‌بندی در شیب پله

همچنین، در صورت وجود رمپ و وجود آب در دیوارهٔ پله باید شیب کمتری برای آن طراحی کرد. طول و شیب رمپ مقدار معینی است و به سیستم و ماشین‌آلات باربری بستگی دارد. شیب رمپ با توجه به حد مجاز شیب پله و نیز طول آن معمولاً برای هر سیستمی از باربری‌ها در کاتالوگ مخصوص به آن و با توجه به ضریب اصطکاک زمین آورده شده است. به‌طورکلی شیب پله به صورت تجربی برای سنگ‌های نرم مثل شیل، زغال و سنگ‌های آهکی بین ۵۵ــ۳۵ درجه، برای سنگ‌های متوسط بین ۷۰ــ۵۵ درجه و برای سنگ‌های سخت بیش از ۷۰ درجه در نظر گرفته می‌شود.

سایر مشخصات پله معدن

علاوه بر مشخصات اصلی پله‌ها که هر یک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت، پله‌های معدن، دارای چند مشخصهٔ دیگر است که عبارت‌اند از : ۱ــ گودی کنار دیواره یا نهر ۲ــ دیوارهٔ حائل یا برِم[1] ۳ــ کف یا سطح افق پله



شکل ۲۷ــ۲

۱ــ گودی کنار دیواره یا نهر: گودالی است به عمق چند سانتی‌متر تا یک متر در منتهی‌الیه رخساره یا پای پله و به منظور جلوگیری از ریزش و سقوط سنگ‌های ریز پله‌های فوقانی به پله‌های تحتانی حفر می‌شود. همچنین این نهر برای هدایت آب‌های زیرزمینی و روی کف پله نیز استفاده می‌شود.

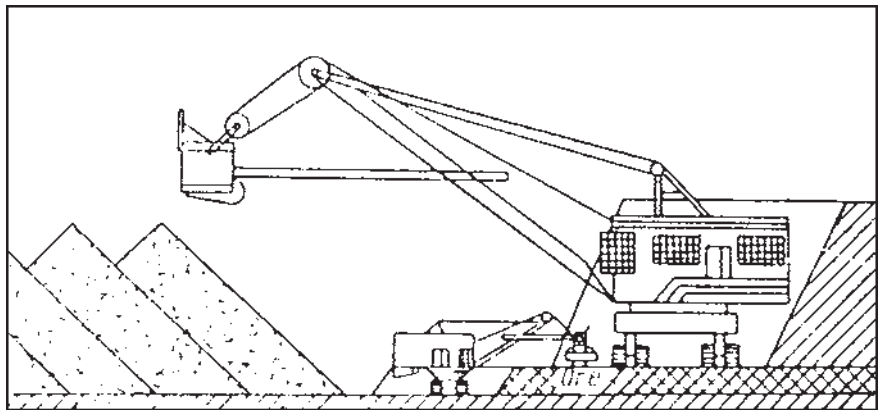
۲ــ دیوارهٔ حائل یا برِم: برآمدگی به ارتفاع یک تا دو متر است که معمولاً بر روی لبهٔ پله ایجاد می‌شود تا از سقوط وسایل حمل و نقل جلوگیری شود. همچنین، این دیواره به مانند سدی در مقابل ریزش احتمالی سنگ‌های درشت و سقوط آن‌ها به پله‌های تحتانی خصوصاً در مواقع آتش‌باری و انفجار استفاده می‌شود.

۳ــ کف یا سطح افق پله: در طی عملیات حفاری و انفجار، همواره بایستی سعی شود که کف پله صاف و یک‌نواخت باشد و از ایجاد پستی و بلندی در کف پله جلوگیری شود تا ماشین‌آلات حمل‌و نقل به راحتی روی آن حرکت کرده و دیرتر مستهلک شوند. کف پله باید شیب ملایمی به طرف نهر داشته باشد تا آب‌های روی کف پله را به داخل نهر هدایت کرده و با توجه به نیروی گریز از مرکز، از انحراف و سقوط وسایل حمل و نقل جلوگیری کند.

۱ــ Burm

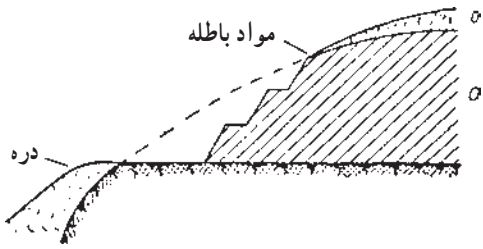
انبار کردن مواد معدنی و باطله در معادن روباز

یکی از مواردی که هم در معادن روباز و هم در معادن زیرزمینی با آن روبرو هستیم، انبار کردن و دپوی مواد معدنی و باطله‌هاست که برای آن همیشه مکانی را در نظر می‌گیرند. در معادن روباز باطله‌های پوشش‌دهنده ماده معدنی در یک مکان مناسب جمع‌آوری می‌شوند. معمولاً این مواد پس از استخراج مادهٔ معدنی به محل استخراج شده انتقال پیدا می‌کنند. بارگیری و انتقال مواد با بیل مکانیکی، دراگلین، بولدوزر، لودر و کامیون انجام می‌شود. مکانی که برای دپوی باطله انتخاب می‌شود بایستی جایی قرار داشته باشد که در زیر آن مادهٔ معدنی موجود نباشد، تاحد امکان به محل معدن نزدیک بوده و طوری باشد که باعث ایجاد اختلال در عملیات معدن‌کاری نشود. یعنی، در جایی انبار شوند که نیازی به جابه‌جایی مجدد آن‌ها نداشته باشیم.



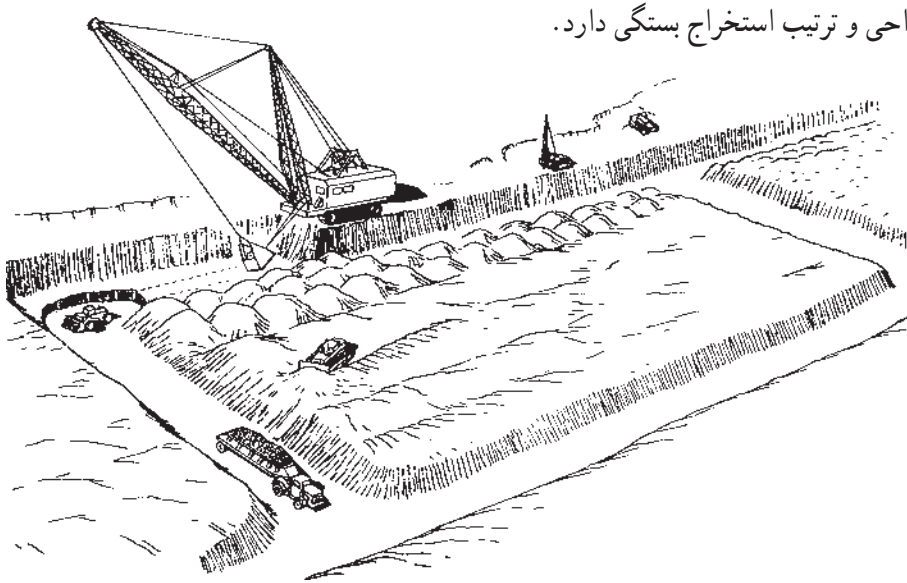
شکل ۲۸ــ۲ــ جابه‌جایی مواد باطله به‌وسیلهٔ بیل مکانیکی

تا حد امکان سعی می‌شود که مواد باطله در نزدیک‌ترین محل خارج از محدودهٔ معدن، دپو شوند تا استخراج مادهٔ معدنی بدون وقفه انجام گیرد. چون باطله‌برداری و انبار کردن آن مستلزم صرف هزینه‌های بسیاری است، در انتخاب محل دپو و ماشین‌آلات مورد استفاده، باید کاملاً دقت کرد و این هزینه‌ها را به حداقل ممکن رساند. در مناطق کوهستانی که مادهٔ معدنی به صورت برآمدگی است، گودی‌های طبیعی و دره‌ها برای ریزش باطله محل مناسبی است که پس از بهره‌برداری، منطقه حالت تقریباً مسطحی به خود می‌گیرد.



شکل ۲۹ــ۲ــ ریختن باطله‌ها در دره‌ها و گودی‌ها

اگر منطقهٔ معدنی شکل تقریباً مسطحی داشته باشد، باطله‌ها را به شکل کپه در کنار هم انبار می‌کنند. معمولاً این کپه‌ها هر چند وقت یک‌بار با بولدوزر صاف شده و یک‌سری باطله دیگر روی آن‌ها ریخته می‌شود. در بعضی از معادن بزرگ که فضای مناسب برای انجام عملیات معدن‌کاری موجود است، می‌توان مواد باطله را در گوشه‌ای از معدن دپو کرد و پس از استخراج بخشی از معدن، باطله‌ها را به محل استخراج شده بازگرداند. انتخاب مکان انبار کردن مواد باطله در داخل معدن به طراحی و ترتیب استخراج بستگی دارد.



شکل ۳۰ــ۲ــ دپوی باطله‌ها به‌وسیلهٔ دراگلین

شکل ۳۱ــ۲ــ جابه‌جایی باطله توسط نوار نقاله

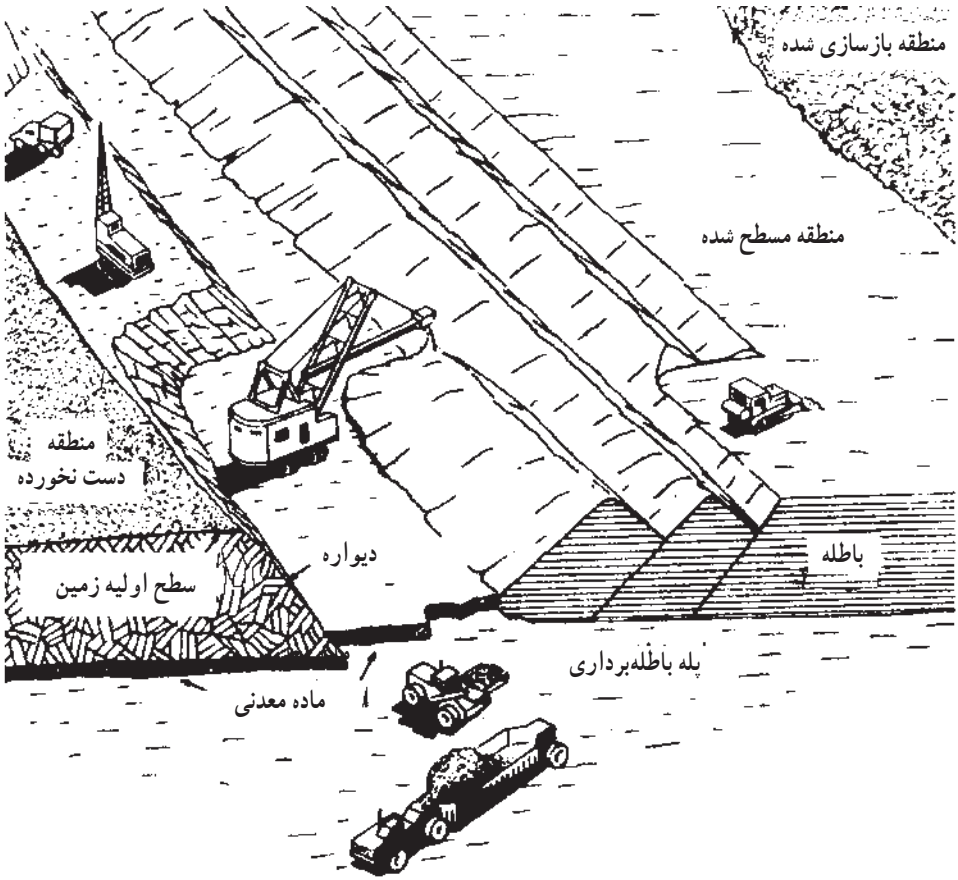
در بسیاری از موارد در معادن (هم روباز و هم زیرزمینی) به علت‌های مختلف، به انبار کردن مواد معدنی هم نیاز هست. اصولاً میزان تولید روزانه در معادن، به گونه‌ای است که علاوه بر فروش ماده معدنی همیشه مقداری از آن به صورت آماده و دپو شده در معدن موجود باشد. چون عیار ماده معدنی در نقاط مختلف کانسار متفاوت است، برای یک‌نواخت‌سازی عیار ماده معدنی برای فرستادن به کارخانه فرآوری، دپوی مواد با عیارهای مختلف و مخلوط‌سازی و همگن کردن عیار آن ضروری است. محل دپوی مواد معدنی باید دور از محل دپوی باطله‌ها باشد.

شکل ۳۲ــ۲ــ دپوی مواد معدنی در یک معدن روباز

بازسازی معدن روباز

طبق قانونی که تقریباً در تمام کشورهای دنیا اجرا می‌شود، معدن‌کاران موظفند، پس از پایان بهره‌برداری از منابع معدنی منطقهٔ معدن را مانند روز اول بازسازی کنند. در بسیاری از کشورها پس از آن که همهٔ ذخیرهٔ یک کانسار استخراج شد، محل خالی شده به طور کامل بازسازی شده و یا به یک مرکز تفریحی فرهنگی، موزه و یا فضای سبز تبدیل می‌گردد. بنابراین، در هنگام طراحی معدن بایستی برای بازسازی آن برنامه‌ریزی کرد. هر چند که ممکن است منطقهٔ معدنی در یک ناحیهٔ دور افتاده قرار داشته باشد. اهمیت بازسازی معدن برای نگه‌داری حیات وحش و گیاهانی است که قبل از استخراج وجود داشته‌اند.

هنگامی که یک کانسار توده‌ای حجیم استخراج شود، یک حفره بزرگ پس از برداشت ماده معدنی باقی می‌ماند. اگر معدن در یک تپه واقع شده باشد، ریختن باطله‌های پوششی در محل اولیه امکان‌پذیر نیست و باید برای بازسازی معدن تدبیری اندیشید. محل استخراج شده بایستی به گونه‌ای پر شود که سطح آب‌های زیرزمینی و جاری سطحی در ناحیه موردنظر محفوظ بماند. برای تثبیت مواد پرکننده از پوشش گیاهی و ریختن کاه و برگ در سطح آن‌ها استفاده می‌کنند.



شکل ۳۳ــ۲ــ بازسازی محل استخراج شده

خودآزمایی

۱ــ علت تمایل بیشتر معدن‌کاران برای استخراج روباز معادن چیست؟

۲ــ منظور از نسبت باطله‌برداری چیست و اهمیت آن به چه دلیل است؟ با ذکر مثال توضیح دهید.

۳ــ عملیات آماده‌سازی در معادن روباز شامل چه بخش‌هایی است؟

۴ــ عوامل مؤثر در انتخاب شیب مناسب برای معادن روباز چیست؟

۵ ــ عملکرد سیستم‌ها و ماشین‌های حفاری در ارتفاع پله باید به چه صورت باشد؟

۶ ــ علت ایجاد نهر و دیوارهٔ حائل در پله چیست؟

۷ــ در مورد انبار کردن مواد معدنی و باطله چه نکاتی را باید رعایت کرد؟

۸ ــ تفاوت شیب دائم معدن با شیب موقت را با رسم شکل بیان کنید.

۹ــ اهمیت بازسازی معدن پس از استخراج چیست؟

فصل سوم

روش‌های استخراج معادن روباز

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلیّاتی در مورد روش‌های استخراج روباز ارائه کند.

۲ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز را شرح دهد.

۳ــ روش استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنتوری) را تشریح کند.

۴ــ روش استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی) را تشریح کند.

۵ ــ روش استخراج کلاسیک روباز را تشریح کند.

۶ ــ دیدگاه‌های موجود در طراحی معدن و ترتیب استخراج کلاسیک را بیان کند.

۷ــ روش استخراج کواری را توضیح دهد.

۸ ــ روش‌های استخراج هیدرولیکی را که شامل روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاسری است، تشریح کند.

۹ــ روش‌های استخراج انحلالی شامل روش‌های گمانه‌ای و تجزیه شیمیایی را تشریح کند.

۱۰ــ سایر روش‌های استخراج شامل استخراج هیدرولیکی، استخراج به روش آتشباری با تزریق آب و استخراج از طریق تبدیل زغال به گاز را شرح دهد.

کلیات

پس از اینکه عمق و مشخصات ذخیره معدنی تعیین شد، با توجه به شرایط اقتصادی و امکانات فنی موجود، عملیات آماده‌سازی و استخراج به روش روباز یا زیرزمینی انجام می‌شود. همان‌طور که گفته شد، بسیاری از ذخایر معدنی هستند که در سطح یا نزدیکی سطح زمین قرار گرفته‌اند. هنگامی‌که یک کانسار در نزدیکی سطح زمین قرار گیرد، به‌صورت روباز بهره‌برداری می‌شود.

به‌طورکلی، مجموعهٔ عملیاتی که برای دست‌یابی و استخراج از یک کانسار در فضای باز و زیر آسمان انجام می‌گیرد، استخراج **روباز یا سطحی** می‌نامند. اهمیت معادن روباز از چند جهت بررسی می‌شود، به علت افزایش جمعیت و پیش‌رفت روزافزون فناوری، نیاز به مواد اولیه نیز بیشتر شده و معادن روباز راندمان تولید بالاتری نسبت به معادن زیرزمینی دارند. همچنین، بازیابی مادهٔ معدنی در روش روباز بیشتر بوده و کنترل بهتری می‌توان روی عیار ماده معدنی صورت داد. به همین منظور همواره تلاش بر این بوده تا کانسارهای معدنی به شکل روباز استخراج شوند.

روش‌های مختلف دست‌رسی، آماده‌سازی و بهره‌برداری منابع معدنی سطحی گستردگی بسیار

کمتری در مقایسه با روش‌های زیرزمینی دارند. چون در معادن سطحی عملیات استخراج در فضای باز انجام می‌گیرد، مسائل مربوط به نگه‌داری، آبکشی و تهویه در این معادن به راحتی قابل حل بوده و به شکلی که در معادن زیرزمینی با آن‌ها روبرو هستیم، نخواهند بود. بنابراین، معادن روباز از نظر ایمنی ضریب اطمینان بالاتری نسبت به معادن زیرزمینی دارند، اما در همین معادن نیز در صورت عدم رعایت نکات ایمنی با خطرات جبران‌ناپذیری روبرو خواهیم شد.

تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز

همان‌طور که گفته شد، روش‌های استخراج کانسارهای سطحی در مقایسه با کانسارهایی که در عمق زمین قرار دارند، بسیار کمتر و ساده‌تر بوده و از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه‌تر از روش‌های زیرزمینی است. روش‌های استخراج روباز را می‌توان به‌شکل زیر دسته‌بندی کرد.

روش‌های استخراج مکانیکی:

۱ــ استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنتوری[۱])

۲ــ استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی)

۳ــ استخراج کلاسیک روباز[۲]

۴ــ استخراج کواری[۳]

روش‌های استخراج هیدرولیکی[۴]:

۱ــ روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاسری

الف ــ استفاده از فشار آب

ب ــ لایروبی

۲ــ روش‌های استخراج انحلالی

الف ــ روش گمانه‌ای

ب ــ روش تجزیهٔ شیمیایی[۵]

حال به شرح هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم :

روش‌های استخراج مکانیکی

روش استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنتوری): این روش برای استخراج

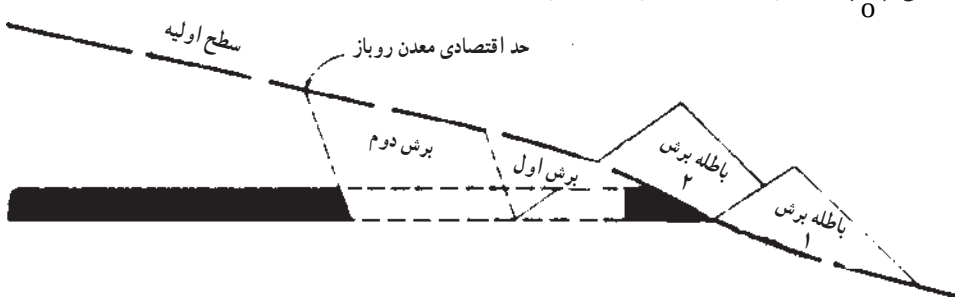
۱ــ Countour mining ۲ــ Open Pit mining ۳ــ Quarry mining

۴ــ Hydrolic mining ۵ــ Leaching

کانسارهای لایه‌ای افقی تا شیب‌دار با شیب بسیار کم که عموماً در مناطق کوهستانی واقع‌اند، به کار می‌رود. در این روش شیب لایه‌ها باید حداکثر ۵ درجه باشد. هر چه شیب کمتر و ضخامت بیشتر بوده و لایه نیز در یک قسمت از کوه رخنمون داشته باشد، شرایط استخراج مطلوب‌تر خواهد بود. عمده‌ترین مادهٔ معدنی که با این روش استخراج می‌شود، زغال سنگ است.

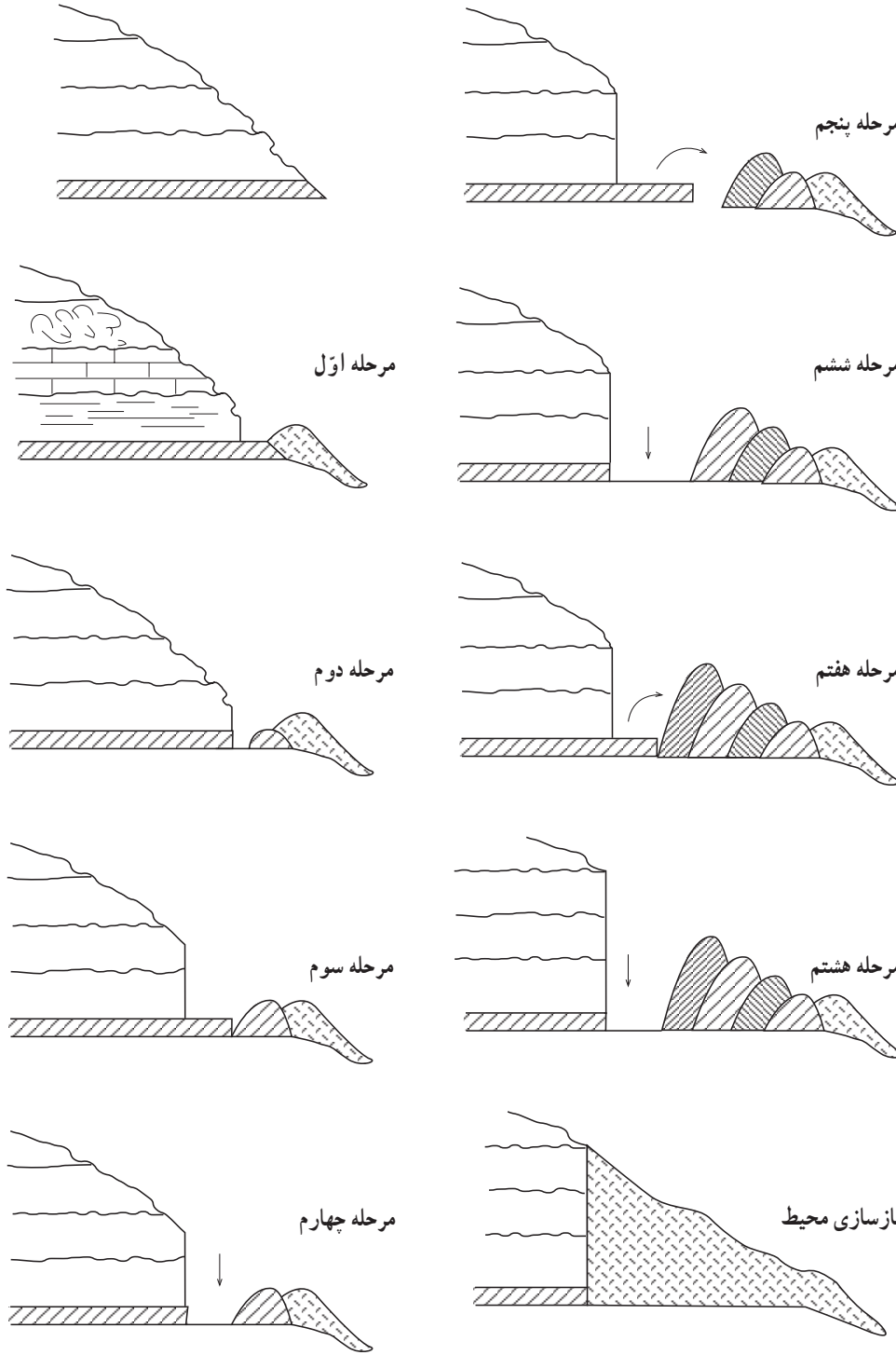
شکل ۱ــ۳ــ شکل کلی لایه برای استخراج لایه‌های افقی

پایداری و استحکام سنگ‌های باطله موجب می‌شود که پله‌های استخراجی نیز دارای پایداری بیشتری باشند. بنابراین، می‌توان شیب آن‌ها را بیشتر در نظر گرفت؛ اما در صورت استحکام مواد باطله، نیاز به عملیات حفاری بیشتر و انفجار قوی‌تر است که این خود باعث بالا رفتن هزینه‌های استخراجی می‌شود. در این روش با پیشروی جبهه کار استخراجی در امتداد لایه بر حجم مواد باطله افزوده می‌شود و استخراج تا جایی ادامه پیدا می‌کند که نسبت حجم باطله برداری به حجم برداشت ماده معدنی $(\frac{W}{O})$ از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.



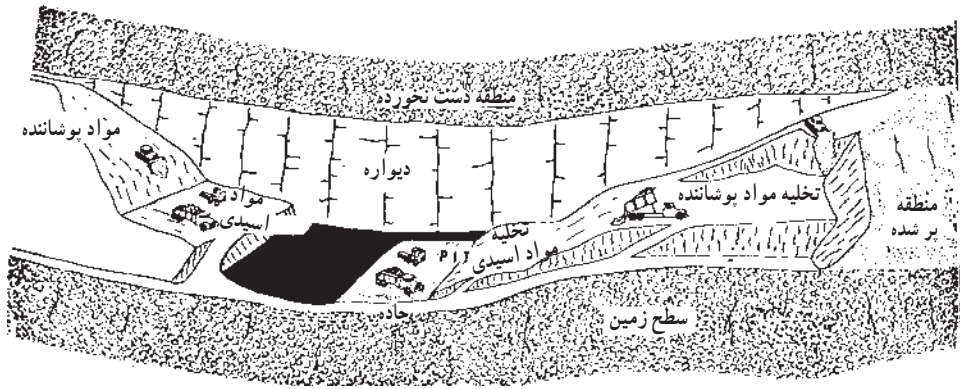
شکل ۲ــ۳ــ نحوهٔ باطله برداری در روش استخراج کنتوری

چگونگی و مراحل استخراج: پس از آماده‌سازی جبهه کار پیشروی، مواد باطله به‌صورت نوارهایی برداشته شده و به کناری ریخته می‌شوند. سپس مادهٔ معدنی استخراج شده و باطلهٔ هر نوار، در محل استخراج و خالی شده ریخته می‌شود. ماشین‌آلاتی که در این روش برای استخراج به کار می‌روند، معمولاً دراگلین یا بیل مکانیکی هستند، اما به‌طورکلی از همهٔ ماشین‌آلات مخصوص معادن روباز می‌توان استفاده کرد. مراحل استخراج به این روش در شکل صفحهٔبعد آمده است.



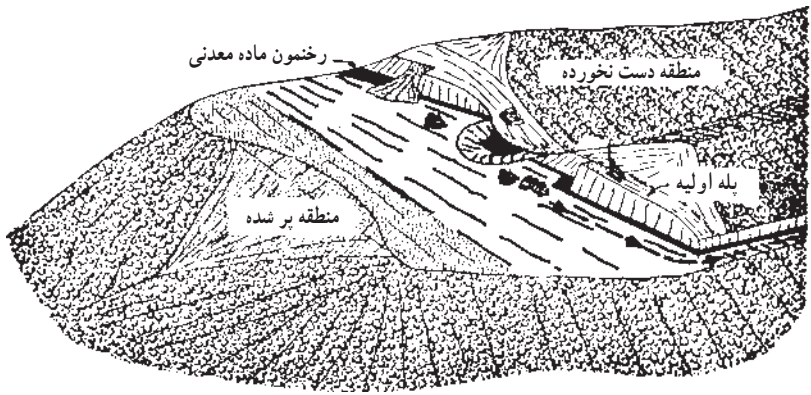
شکل ۳ــ۳ــ روش استخراج کنتوری برای یک لایه زغالی

روش استخراج کنتوری را به شکل‌های دیگر نیز می‌توان انجام داد. مواد باطله پوشاننده ماده معدنی را می‌توان با فاصلهٔ بیشتری نسبت به محل استخراج انبار کرد. برای این‌کار یک دره یا زمین هموار در اطراف معدن انتخاب می‌شود، باطله‌های اولین برش در آن انبار می‌گردد و پس از استخراج ماده معدنی، باطله‌های بعدی در محل استخراج و خالی شده ریخته می‌شود. در صورتی‌که در بین باطله، مواد اسیدی باشد، برای پر کردن محل استخراج ابتدا مواد اسیدی را ریخته و سپس باطله‌های سطحی را می‌ریزند.



شکل ۴ــ۳ــ شکل دیگر از اجرای روش کنتوری

شکل دیگر اجرای این روش بدین صورت است که ابتدا همهٔ باطله پوشش‌دهنده ماده معدنی را برداشته و آن را در دره‌های اطراف معدن پر کرد. در این حالت اولین برش به شکل یک ترانشه برداشت می‌شود و پس از آن مواد معدنی و باطله‌های دیگر به صورت برش‌های متوالی استخراج می‌شود. باطله‌های همراه ماده معدنی پس از استخراج هر برش به محل استخراج شده ریخته می‌شود. محدودهٔ معدن معمولاً پس از پایان بهره‌برداری تقریباً به شکل مسطح درمی‌آید.



شکل ۵ ــ۳ــ نوع دیگر اجرای روش کنتوری

مزایا و معایب استفاده از روش کنتوری: مزایای استفاده از روش کنتوری عبارت‌اند از :

۱ــ از تیم‌های متعددی می‌توان برای استخراج استفاده کرد.

۲ــ راندمان استخراجی در این روش بالاست.

۳ــ ایمنی کار در حین استخراج مناسب است.

۴ــ در این روش از ماشین‌آلات عظیم‌الجثه برای بارگیری می‌توان استفاده کرد.

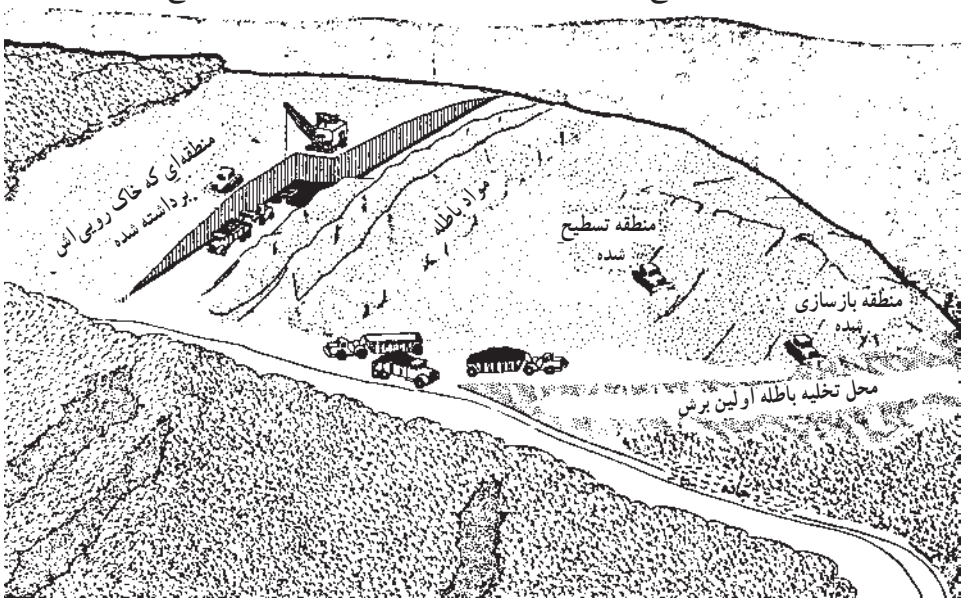
معایب این روش نیز به شرح زیر است :

۱ــ در این روش ممکن است، تمام ماده معدنی استخراج نگردد.

۲ــ این روش احتیاج به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی دارد.

۳ــ طراحی استخراج بایستی با دقت و ظرافت کامل صورت گیرد و پایداری شیب کاملاً حفظ شود.

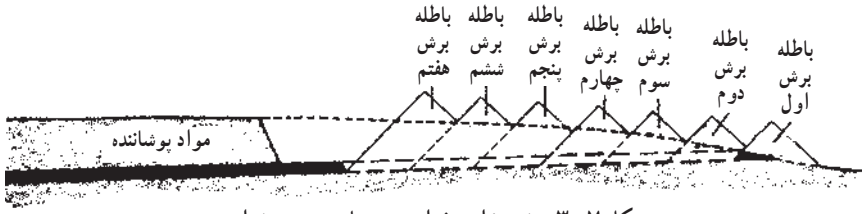
روش استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی): برای استخراج مواد معدنی افقی یا کم شیب که در منطقهٔ تقریباً هموار و مسطحی واقع شده‌اند از این روش استفاده می‌شود. چون نسبت حجم باطله‌برداری به حجم برداشت ماده معدنی ($\frac{W}{O}$) در این روش برای همهٔ برش‌ها تقریباً مقدار ثابتی است، بنابراین، نمی‌توان حد استخراج سطحی را تعیین کرد. این روش مانند روش قبل، عمدتاً برای استخراج زغال کاربرد دارد. مجموعهٔ روش‌های استخراج زغال‌سنگ به شکل روباز را اصطلاحاً روش استخراج نواری[1] می‌گویند.



شکل ۶ ــ۳ــ روش استخراج پهنه‌ای یا نواری

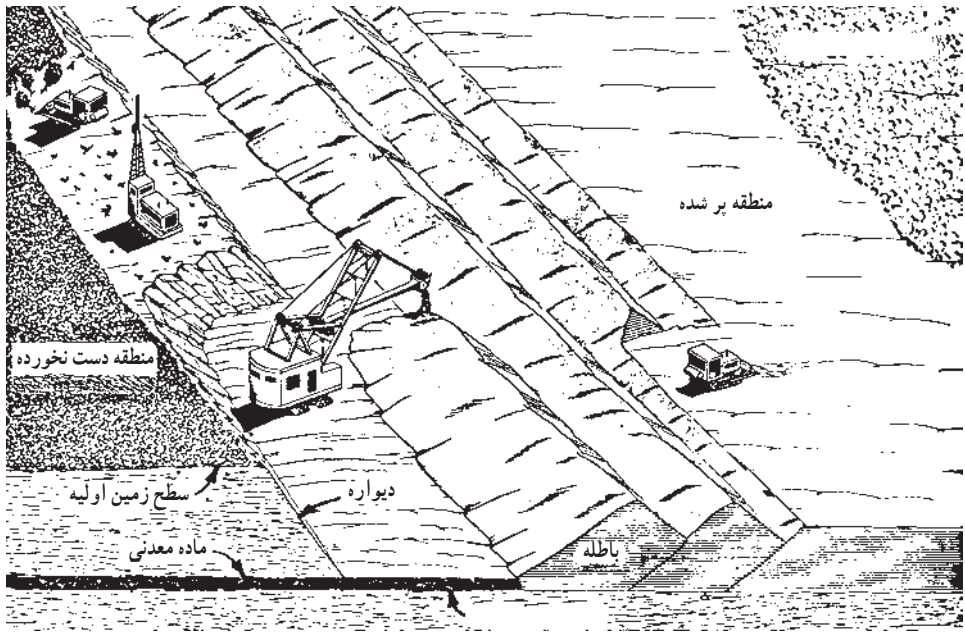
۱ــ Strip mining

چگونگی و مراحل استخراج: ابتدا یک برش جعبه‌ای شکل[1] از میان مواد باطله در منتهی‌الیه لایه ایجاد کرده و باطله‌ها را در نزدیک محلی که عملیات بهره‌برداری انجام می‌گیرد، ذخیره می‌کنند. عرض این برش بایستی تا حد امکان پهن شود. با آشکار شدن رگه معدنی، آن را استخراج کرده و سپس به موازات برش اوّل، برش‌های متوالی دیگر ایجاد و ماده معدنی را استخراج می‌کنند. باطله برش‌های دوّم، سوّم و چهارم و ... به ترتیب در محل استخراج شده برش اوّل، دوم، سوم و ... دپو می‌شود.



شکل ۷ــ۳ــ نحوهٔ استخراج برش‌ها در روش نواری

برای بارگیری مواد در این روش بیشتر دراگلین، بیل مکانیکی و لودر به کار می‌رود. در این روش سعی شده است که تا حد امکان عمل باربری صورت نگیرد و نیازی به آن نباشد ؛ ولی اگر به باربری احتیاج بود، می‌توان از کامیون یا نوار نقاله استفاده کرد. مهم‌ترین وسیله در این روش برای آماده‌سازی و بازسازی معدن بولدوزر است.



شکل ۸ ــ۳ــ نحوهٔ باطله‌برداری در روش نواری

۱ــ Box cut

مزایا و معایب روش نواری: مزایای روش نواری عبارت‌اند از :

۱ــ تولید در این روش بالا است.

۲ــ همهٔ ماده معدنی را می‌توان استخراج کرد.

۳ــ احتیاج به باربری در مواد باطله نیست.

۴ــ نسبت حجم باطله‌برداری به حجم برداشت مادهٔ معدنی $(\frac{W}{O})$ ثابت است.

معایب این روش نیز به شرح زیر است :

۱ــ این روش به سرمایه‌گذاری اولیهٔ بسیاری نیاز دارد.

۲ــ طراحی و برنامه‌ریزی مشکل بوده و استخراج بایستی با دقت و ظرافت کامل انجام گیرد.

۳ــ مادهٔ معدنی بایستی ذخیرهٔ بسیار بالایی داشته باشد تا بتوان از این روش برای استخراج استفاده کرد.

۴ــ حجم حفاری زیاد بوده و خسارات زیادی به سطح زمین وارد می‌آید.

روش استخراج کلاسیک روباز[1] : این روش برای استخراج کانسارهای توده‌ای، کانسارهای عدسی شکل یا رگه‌ای ضخیم که ذخیره بالایی دارند، کاربرد فراوانی دارد و یکی از رایج‌ترین روش‌های استخراج روباز در ایران است. شیب ماده معدنی معمولاً اندک بوده و می‌تواند دارای بیرون‌زدگی در سطح زمین نیز باشد. استخراج با ایجاد چندین پله شروع می‌شود و ادامه پیدا می‌کند تا به حد نهایی معدن روباز برسیم. ترتیب استخراج پله‌ها بستگی به نوع طراحی داشته و محاسبات مخصوص به خود را دارد. امروزه با پیش‌رفت فناوری برای طراحی ترتیب استخراج پله‌ها و برش‌ها، برنامه‌های کامپیوتری متعددی وجود دارد.

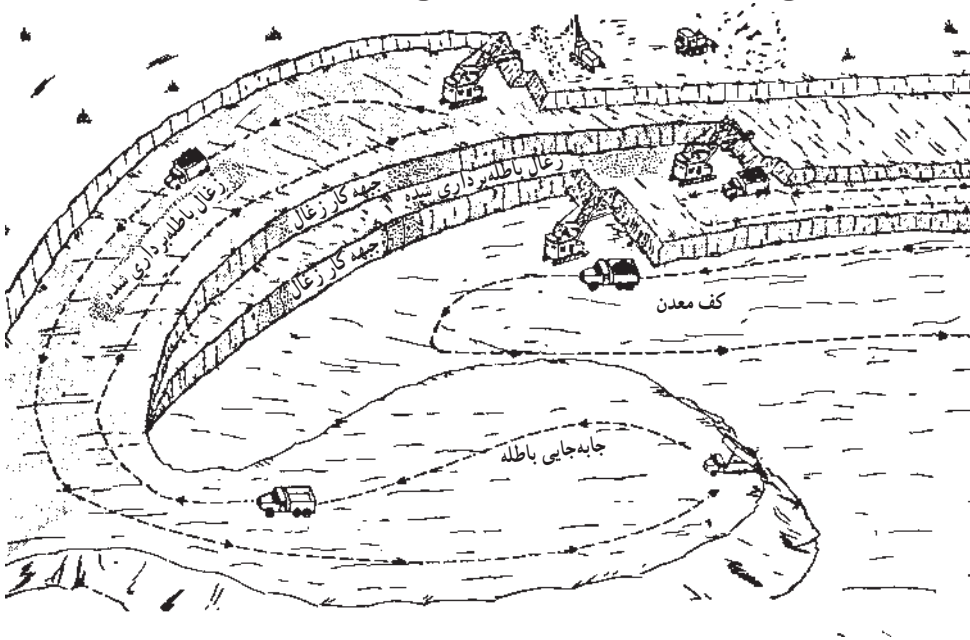
شکل ۹ــ۳ــ تصویر افقی یک معدن روباز

۱ــ Open pit mining

تصویر افقی معدن عموماً به صورت دایره یا بیضی بوده و کمتر به شکل مستطیل است.

یکی از نکات مهمی که در این روش باید رعایت شود آن است که در هر مرحله از استخراج، بایستی تعداد مناسبی جبهه کار در ماده معدنی آماده‌سازی کرد تا به این ترتیب با استخراج ترکیبی خوراک یک‌نواختی برای کارخانه‌های فرآوری تأمین کرد و تا حد امکان تولید را بالا برد.

چگونگی و مراحل استخراج: در مرحلهٔ آماده‌سازی معدن، یکی از پارامترهای خیلی مهم تعیین محدودهٔ نهایی آن است. با مشخص کردن محدودهٔ پایین‌ترین افق معدن، طراحی معدن به سمت بالاترین افق شروع شده و سپس عملیات استخراج از بالا به پایین آغاز می‌شود. محدودهٔ معدن با توجه به قرارگیری محل تأسیسات، محل عبور و مرور دائمی ماشین‌آلات و محل دپوی مواد باطله تعیین می‌شود. باید توجه داشت که محل دپوی باطله‌ها و محل نصب تجهیزات و تأسیسات بایستی جایی قرار گیرند که خارج از محدودهٔ مادهٔ معدنی قابل استخراج باشد.

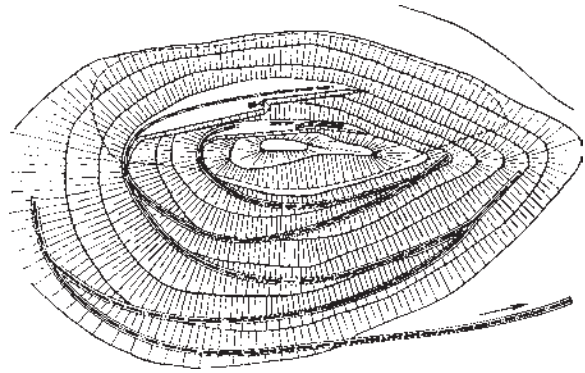


شکل ۱۰ــ۳ــ نحوهٔ اجرای روش استخراج کلاسیک روباز

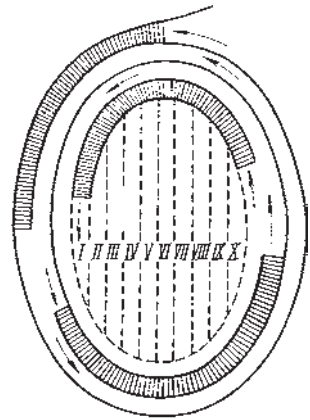
عملیات استخراج با حفر و باطله‌برداری پله اوّل توسط آتشباری و ماشین‌آلات دیگر آغاز شده و به ترتیب استخراج رو به پایین ادامه می‌یابد. ارتفاع پله‌ها را می‌توان به صورت تجربی نیز به‌دست آورد. معمولاً ارتفاع پله‌های استخراجی برای سنگ‌های نرم (مثل شن و ماسه) بین ۶ ــ۴ متر، برای سنگ‌های نیمه سخت بین ۸ ــ۶ متر و برای سنگ‌های سخت هم بین ۲۰ــ ۸ متر متغیر است. شیب پله‌ها هم

می‌تواند به صورت تجربی تعیین شود. این شیب برای سنگ‌های نرم ۵۵ ــ ۳۵ درجه، برای سنگ‌های متوسط یا نیمه سخت ۷۵ ــ ۵۵ درجه و برای سنگ‌های سخت بیش از ۷۵ درجه در نظر گرفته می‌شود.

هم‌زمان با پیش‌روی جبهه‌کار جاده دست‌رسی هم آماده‌سازی می‌شود. ارتباط پله‌های استخراجی برای عبور و مرور ماشین‌آلات با رَمپ امکان‌پذیر است. در بعضی معادن بهتر است که رمپ را در قسمتی از معدن احداث کرد و در بعضی دیگر نیز رمپ را دور تا دور معدن توسعه می‌دهند.



الف ــ گشایش معدن روباز توسط شبکه راه حلزونی

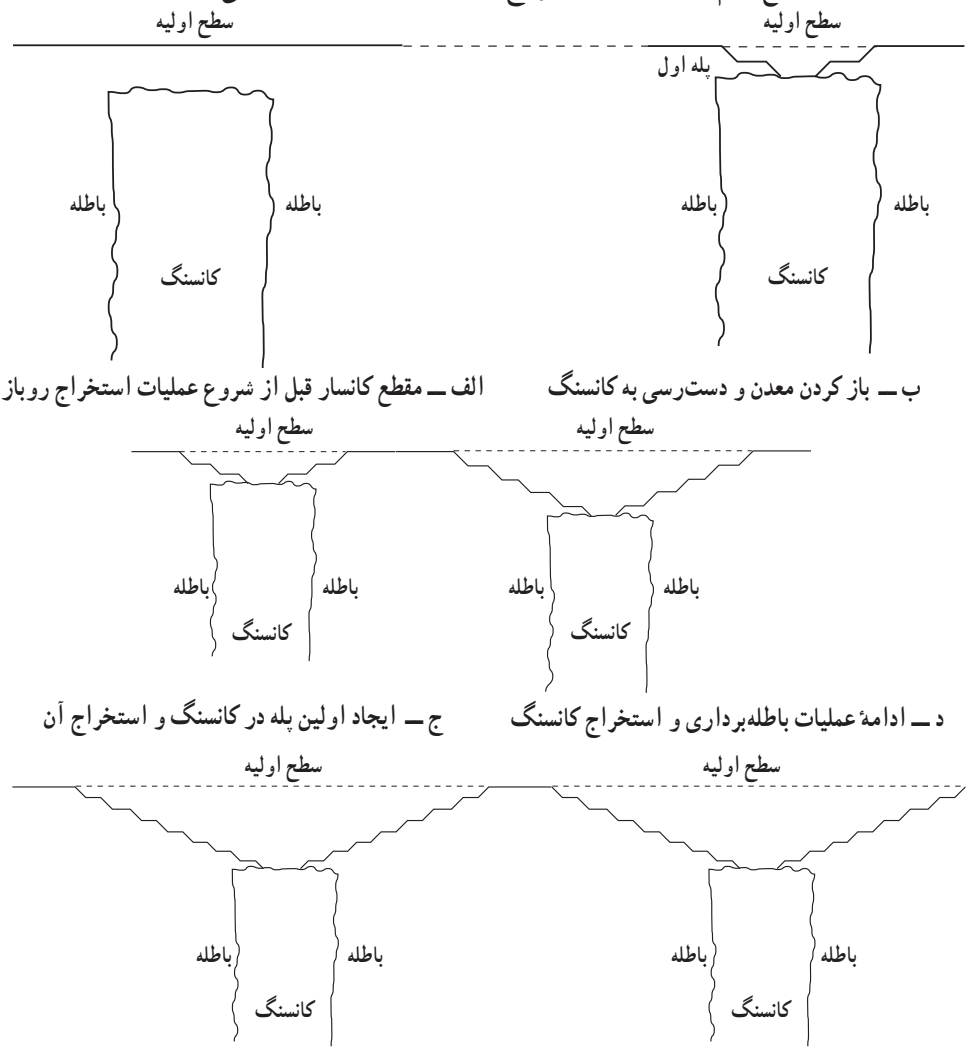


ب ــ شبکه راه داخل معدن روباز با استفاده از رمپ روی کناره یک تپه

شکل ۱۱ــ۳

متداول‌ترین وسیلهٔ بارگیری در این روش، بیل مکانیکی (شاول) و مناسب‌ترین سیستم بارگیری و حمل و نقل ترکیبی از بیل مکانیکی و کامیون است. در معادن کوچک‌تر لودر یا بیل مکانیکی بکهو برای بارگیری نیز می‌توان استفاده کرد. برای چال زنی هم از واگن دریل و ارابه‌های چال‌زنی استفاده می‌شود. در شکل صفحهٔبعد مراحل مختلف استخراج رو باز به روش کلاسیک آورده شده است.

مقطع قائم معدن روباز از شروع عملیات تا رسیدن به حد نهایی معدن



الف ــ مقطع کانسار قبل از شروع عملیات استخراج روباز

ب ــ باز کردن معدن و دست‌رسی به کانسنگ

ج ــ ایجاد اولین پله در کانسنگ و استخراج آن

د ــ ادامهٔ عملیات باطله‌برداری و استخراج کانسنگ

هـ ــ گسترش حدود معدن، ادامه عملیات باطله‌برداری و استخراج

و ــ حد نهایی معدن و توقف عملیات استخراج

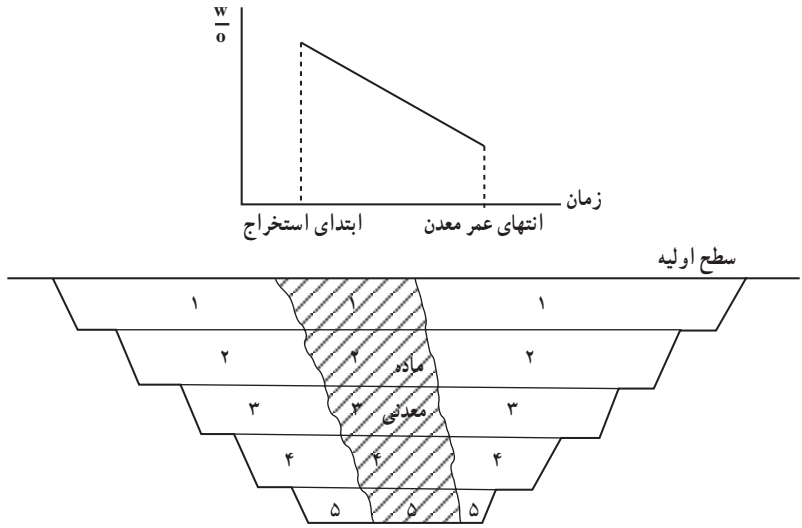
شکل ۱۲ــ۳ــ مراحل استخراج به روش کلاسیک

دیدگاه‌های موجود در طراحی معدن و ترتیب استخراج

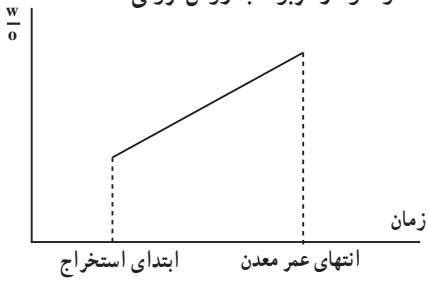
برای طراحی معدن و ترتیب استخراج پله‌ها چهاردیدگاه مختلف مطرح است که در زیر با رسم نمودار و شکل به شرح آن می‌پردازیم :

۱ــ روش نزولی: در این روش طراحی به گونه‌ای است که کلیه ماده معدنی از پله اول استخراج و به ترتیب پله‌های بعدی استخراج شود و نسبت حجم باطله‌برداری به حجم برداشت ماده

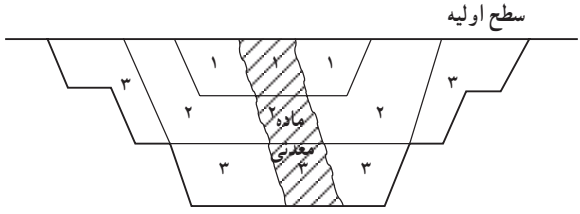
معدنی ($\frac{W}{O}$) به مرور زمان و دراثر پیش‌روی به عمق کاهش می‌یابد. مزیّت این روش، وجود فضای کافی برای ماشین‌آلات، به‌کارگیری انواع ماشین‌آلات برای استخراج، ایمنی بالا و هزینه استخراج کم درسال‌های آخر بهره‌برداری معدن است. از معایب این روش نیز می‌توان از بالا بودن هزینه و زمان باطله‌برداری در سال‌های اولیه و حجم بالای سرمایه‌گذاری اولیه نام برد. نمودار و ترتیب استخراج در شکل زیر نمایش داده شده است (شماره‌های نشان داده شده ترتیب استخراج را نشان می‌دهد).



شکل ۱۳ــ۳ــ ترتیب استخراج پله‌ها و نمودار مربوط به روش نزولی

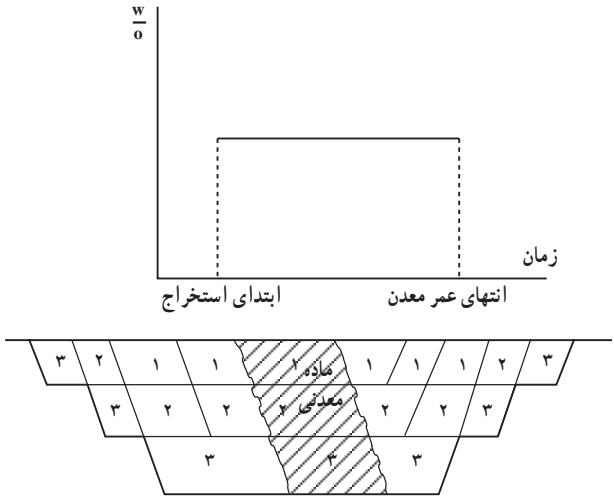


۲ــ روش صعودی: در این روش باطله‌برداری تا حدی انجام می‌گیرد که به ماده معدنی دست‌رسی حاصل شود. شیب موقت معدن معمولاً به موازات شیب نهایی معدن طراحی می‌شود. مزایای این روش عبارت‌اند از : عدم نیاز به ماشین‌آلات فراوان، حجم کم سرمایه‌گذاری اولیه و زیاد بودن درآمد اولیه معدن. عیب این روش نیز غیرتکنیکی بودن آن است.



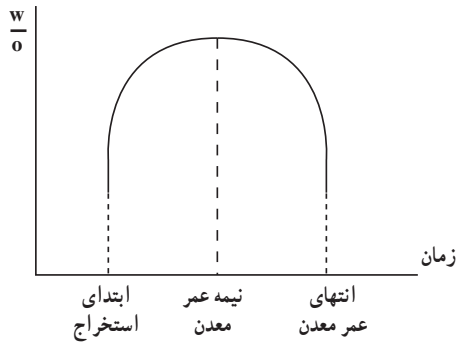
شکل ۱۴ــ۳ــ ترتیب استخراج پله‌ها و نمودار مربوط به روش صعودی

۳ــ روش ثابت: در این روش نیز تا حد امکان سعی می‌شود، میزان باطله‌برداری نسبت به حجم برداشت ماده معدنی در مدت عملیات استخراج ثابت باشد. در آغاز بهره‌برداری شیب موقت معدن به گونه‌ای طراحی می‌شود که باطله‌برداری کمی انجام گیرد و به تدریج با افزایش عمق، شیب موقت هم افزایش یافته تا معادل شیب نهایی معدن گردد. این روش در مقایسه با روش‌های قبلی بهتر است.



شکل ۱۵ــ۳ــ ترتیب استخراج پله‌ها و نمودار مربوط به روش ثابت

۴ــ روش فازبندی: به‌طور تجربی، بهترین حالت برای طراحی و استخراج معدن، روش فازبندی است؛ به گونه‌ای که میزان باطله‌برداری در سال‌های اولیه عمر معدن کم و با افزایش زمان تا نصف عمر معدن افزایش یابد. سپس، با نزدیک شدن به انتهای عمر معدن، حجم باطله‌برداری سیر نزولی را طی کرده و دوباره کاهش می‌یابد. در این روش در کوتاه مدت می‌توان به سود دست‌رسی پیدا کرد. تعداد پرسنل و ماشین‌آلات با افزایش زمان تانصف عمر معدن افزایش می‌یابد و با نزدیک شدن به آخر عمر معدن کاهش پیدا می‌کند. همچنین، در این روش می‌توان استخراج ماده معدنی و باطله‌برداری را هم‌زمان و به‌طور مجزا انجام داد.



شکل ۱۶ــ۳ــ نمودار مربوط به روش فازبندی

مزایا و معایب استفاده از روش کلاسیک روباز: مزایای استفاده از روش کلاسیک روباز به شرح زیر است:

۱ــ میزان سوددهی در این روش مناسب است.

۲ــ هزینهٔ استخراجی پایین است.

۳ــ راندمان تولید در این روش زیاد است.
۴ــ روش مناسبی برای به‌کارگیری ماشین‌آلات سنگین است.
۵ ــ از نظر ایمنی روش مطمئن و مناسبی است.
۶ ــ چندین جبهه کار استخراجی می‌توان طراحی و آماده‌سازی کرد.
معایب این روش نیز به شرح زیر است :
۱ــ نیاز به سرمایه‌گذاری بالا برای تهیهٔ ماشین‌آلات سنگین دارد.
۲ــ با توجه به تجهیزات مورد استفاده محدودیت عمق معدن در استفاده از آن وجود دارد.
۳ــ استخراج موجب وارد آمدن خسارت‌های سنگین به سطح زمین می‌شود.
۴ــ ناپایداری هوا و تغییرات جوی، ممکن است باعث تعطیلی عملیات استخراجی شود.

روش استخراج کواری (quarry): این روش عموماً برای استخراج مواد معدنی صنعتی و موادی که مصارف ساختمانی دارند، به کار برده می‌شود. مانند : قلوه‌سنگ، شن و ماسه، گرانیت، آهک و مرمر و ... . در واقع، در این روش خصوصیات فیزیکی ماده معدنی از اهمیت بیشتری در مقایسه با خصوصیات شیمیایی آن برخوردار است. موادی که با این روش بهره‌برداری می‌شوند، احتیاج به کانه‌آرایی، ذوب و متالورژی ندارند و از زمان استخراج تا عرضه به محل مصرف چند عمل خاص (فیزیکی) از قبیل دانه‌بندی، برش، قطعه‌بندی و صیقل دادن روی آن‌ها صورت می‌گیرد.

شکل ۱۷ــ۳ــ معدن سنگ ساختمانی

چگونگی و مراحل استخراج: چون این روش بیشتر برای استخراج سنگ‌های ساختمانی به‌کار می‌رود و استخراج سنگ‌های ساختمانی هم به شکل‌های گوناگون صورت می‌گیرد، بنابراین، در فصل آینده به تفصیل در مورد بهره‌برداری از معادن سنگ ساختمانی بحث می‌کنیم و در این‌جا تنها مختصری دربارهٔ آن توضیح می‌دهیم.

برای استخراج سنگ‌های ساختمانی سخت و نیمه سخت مانند گرانیت، مرمر، مرمریت، سنگ‌چینی و ... ابتدا باطله‌برداری با آتش‌کاری و به کمک ماشین آلات مختلف انجام می‌گیرد و پس از آماده‌سازی کارگاه استخراج، با به‌کارگیری تجهیزات برش دهنده سنگ (و به ندرت آتش‌کاری) قطعات سنگ‌ها را بهره‌برداری می‌کنند. همچنین، برای استخراج مصالح ساختمانی نرم مانند شن و ماسه، نیازی به آتش‌کاری نبوده و فقط می‌توان از لودر، بولدوزر و یا بیل مکانیکی برای بارگیری و دپو کردن استفاده کرد.

شکل ۱۸ــ۳ــ معدن شن و ماسه

روش‌های استخراج هیدرولیکی

یکی دیگر از روش‌های استخراج کانسارهای سطحی، روش‌های هیدرولیکی است که در آن یا از آب و یا یک سیال حلال برای بهره‌برداری از کانسار و بازیابی کانی‌ها استفاده می‌شود و تفاوت عمدهٔ آن با روش‌های مکانیکی، این است که در کلیه روش‌های هیدرولیکی، آب، نقش عمده‌ای در استخراج کانسار دارد. نحوهٔ اجرای این روش‌ها به شرح زیر است.

روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاسری:

الف ــ روش استفاده از فشار آب: در این روش با استفاده از فشار آب مواد معدنی از

باطله‌ها جدا می‌شوند. این روش معمولاً برای استخراج فلزات سنگین از قبیل طلا، نقره، پلاتین، قلع و ... استفاده می‌گردد و به‌طور عمومی مواد زائد به همراه آب به بخش پایینی جبهه کار استخراجی انتقال پیدا کرده و ماده معدنی در بالا باقی می‌ماند، برای این‌که بتوان از فشار آب برای استخراج استفاده کرد، باید شرایطی حکمفرما باشد که عبارت‌اند از :

۱ــ مواد معدنی قابلیت خرد شدن در اثر فشار آب را داشته باشند.

۲ــ آب کافی در دسترس بوده و فشار آن مناسب باشد.

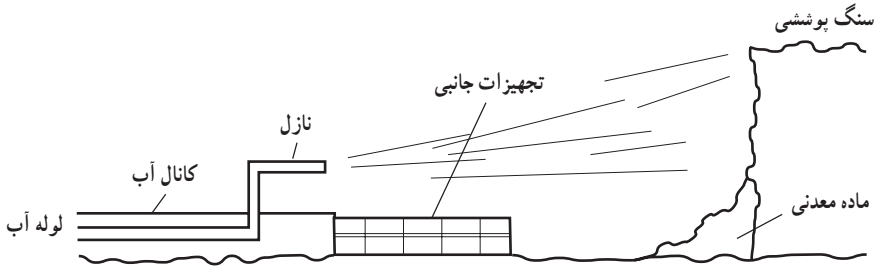
۳ــ فضای کافی برای انتقال مواد معدنی در بخش تحتانی آماده شود.

۴ــ کانسار دارای ارتفاع و شیب مناسب باشند.

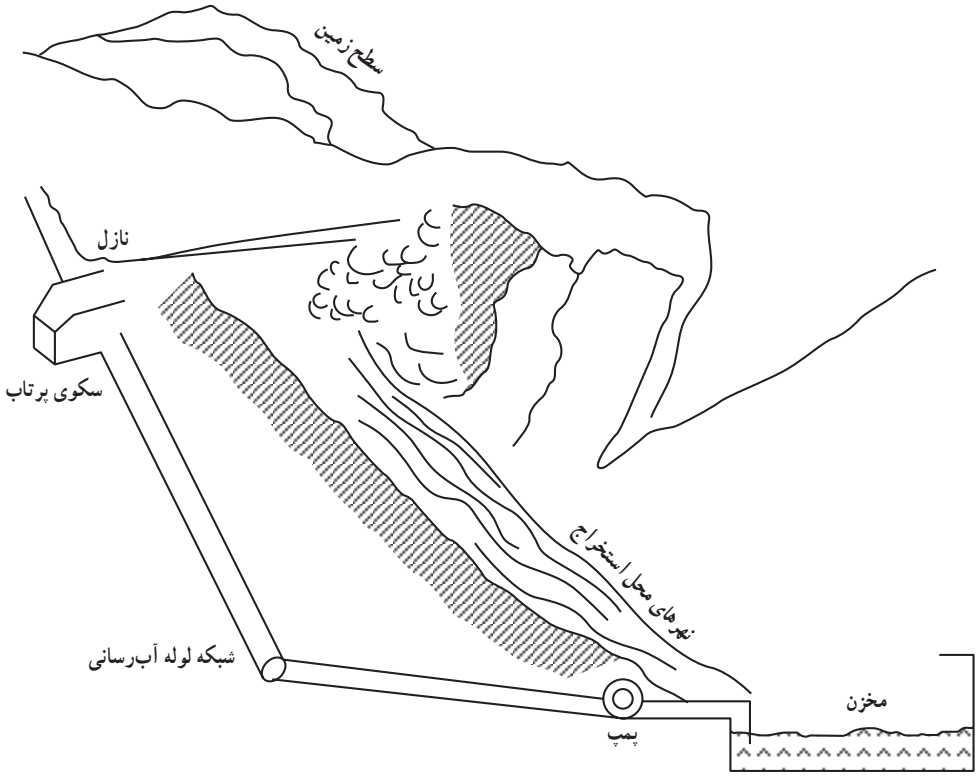
۵ ــ وضعیت طبیعی منطقه، اجازهٔ انتقال مواد معدنی و باطله کنده شده به این روش را داشته باشد.

چگونگی و مراحل استخراج: در این روش آب با یک سیستم مخصوص آب‌پاش و نازل‌هایی که به شبکهٔ لوله آب متصل است، به مادهٔ معدنی پاشیده می‌شود. نازل در فاصله معینی از دیواره ماده معدنی قرار گرفته و با پاشیده شدن آب بر روی مواد معدنی و باطله‌ها در اثر فشار زیاد آب، این مواد کنده شده و توسط نهرهایی به یک مخزن هدایت می‌شوند.

موادی که به داخل مخزن ریخته شده‌اند به داخل سیستم‌های جداکننده انتقال یافته و ذرات کانی از باطله جدا می‌شوند. نکته‌ای که در این مواقع حائز اهمیت است این که آب نبایستی بر روی مادهٔ معدنی تأثیر گذاشته و باعث تجزیه آن گردد بلکه فقط باید عامل جدایش ماده معدنی از باطله باشد.



شکل ۱۹ــ۳ــ روش استخراج با استفاده از فشار آب (تصویر جانبی)



شکل ۲۰ــ۳ــ روش استخراج با استفاده از فشار آب (تصویر قائم)

مزایا و معایب استفاده از فشار آب: مزایای استفاده از فشار آب عبارت‌اند از :

۱ــ سوددهی این روش بسیار است.

۲ــ هزینه‌های بهره‌برداری آن اندک است.

۳ــ هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمی نیاز دارد.

۴ــ نیازی به حفظ پایداری شیب وجود ندارد.

۵ ــ نیازی به حفاری، آتش‌کاری و حمل و نقل ندارد و در این مواقع هزینه‌های استخراجی کاهش می‌یابد. معایب استفاده از این روش نیز به شرح زیر است :

۱ــ نیاز به تهیه آب فراوان در این روش مشکل است.

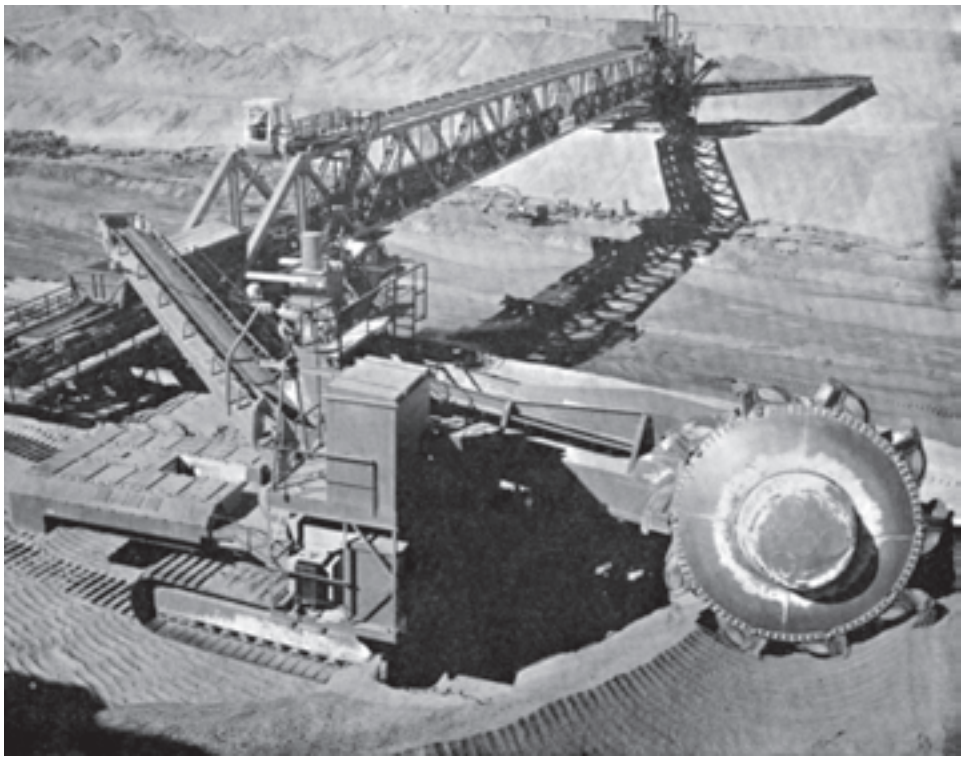
۲ــ ماده معدنی در مقابل آب نبایستی تجزیه‌پذیر باشد.

۳ــ سطح زمین دچار تغییر شکل بسیاری می‌شود.

۴ــ در صورتی که به جای آب، سیال دیگری به کار برده شود، ممکن است منطقه را آلوده کند.

ب ــ روش لایروبی: هنگامی که ذخیره ماده معدنی در بستر رودخانه یا در سواحل دریاها و اقیانوس‌ها قرار داشته باشد، از روش لایروبی برای استخراج استفاده می‌شود. عمل استخراج با ماشین مخصوص لایروب[1] انجام می‌گیرد. باید توجه داشت که این روش در مناطقی کاربرد دارد که رودخانه یا دریا دارای عمق کمی باشند. عملیات استخراج می‌تواند تا عمق ۵۰ الی ۶۰ متر انجام گیرد. معمولاً ضخامت کانسار در این روش کمتر از ۵ متر است.

چگونگی و مراحل استخراج: برای استخراج، دستگاه لایروب در محل مناسب قرار می‌گیرد و موازی با ساحل به حرکت درمی‌آید. دستگاه لایروب دارای بیلچه‌هایی است که به کمک آن مواد معدنی را کنده و این مواد با لوله‌های مکنده یا ناودانی به بیرون انتقال داده می‌شود. از مهم‌ترین دستگاه‌های لایروب، می‌توان از بیل چرخشی نام برد. از دراگلین هم می‌توان برای لایروبی استفاده کرد.



شکل ۲۱ــ۳ــ بیل چرخشی در حال کار

۱ــ Dredge

شکل ۲۲ــ۳ــ دراگلین در حال لایروبی

مزایا و معایب استفاده از روش لایروبی: مزایای استفاده از روش لایروبی عبارت‌اند از :

۱ــ هزینهٔ استخراجی در این روش بسیار کم است.

۲ــ میزان تولید در این روش بالا است.

۳ــ تعداد کارگر و پرسنل بسیار کمی نیاز دارد.

۴ــ عملیات استخراج به‌صورت مداوم است.

معایب استفاده از این روش به شرح زیر است.

۱ــ هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه برای تهیه ماشین‌های لایروب بالا است.

۲ــ عمق آب کم و بایستی مناسب باشد. بنابراین، محدودیت عمق در این روش وجود دارد.

۳ــ کانسار بایستی از نوع پلاسری باشد.

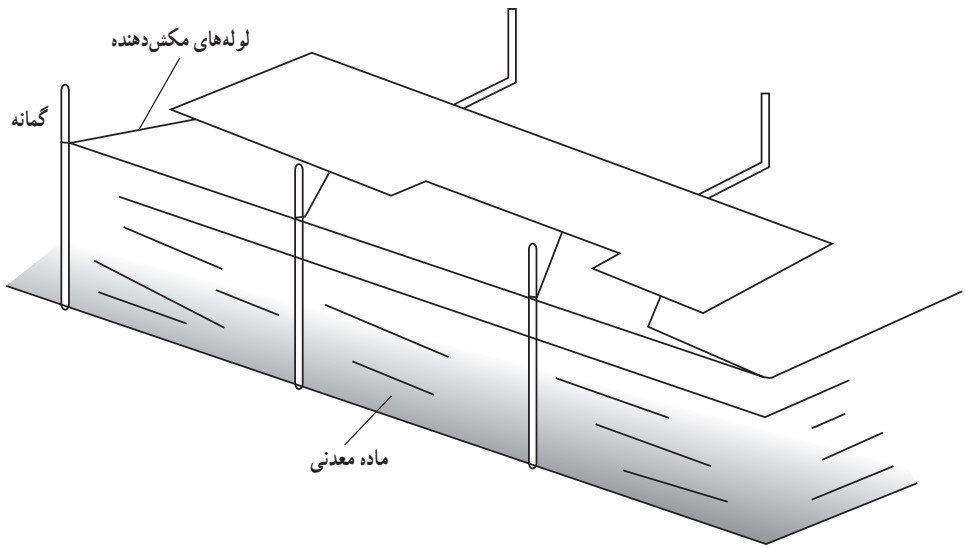
۴ــ ذخیرهٔ معدنی نبایستی خیلی شیبدار بوده و ضخامت باطله روی آن هم بسیار کم باشد.

روش‌های استخراج انحلالی: در این روش‌ها مادهٔ معدنی با یک حلال حل یا تجزیه شده و استخراج می‌شود. پس از استخراج، ماده معدنی بازیابی می‌شود ؛ چون بیشتر عملیات استخراج در سطح زمین جریان داشته و هیچ یک از پرسنل معدن به زیرزمین نمی‌رود، بنابراین، این روش‌ها را جزء روش‌های استخراج روباز در نظر می‌گیرند. روش‌های استخراج انحلالی به دو شکل گمانه‌ای و تجزیهٔ شیمیایی قابل اجرا هستند.

الف ــ روش استخراج گمانه‌ای: برای استخراج کانسارهای لایه‌ای افقی و نازک که در اعماق زمین قرار داشته و بهره‌برداری آن‌ها به روش زیرزمینی مقرون به صرفه نیست، از روش گمانه‌ای استفاده می‌شود، مانند کانسارهای نمک، گوگرد و لایه‌های نازک زغال.

چگونگی و مراحل استخراج: پس از آماده‌سازی سطح برای قرارگیری تجهیزات، یک سری گمانه در یک شبکهٔ منظم حفر می‌شود. برای مکش مادهٔ معدنی از اعماق زمین، احداث شبکهٔ لوله‌کشی در داخل گمانه‌ها و نصب پمپ‌های مخصوص ضروری است. بسته به نوع کانسار برای استخراج مواد، حلال یا ذوب‌کننده، از داخل شبکه لوله‌کشی به داخل کانسار تزریق می‌شود. در این صورت مادهٔ معدنی حل می‌شود و پس از آن از طریق شبکه لوله‌کشی به بیرون از معدن برای تغلیظ و فرآوری انتقال پیدا می‌کند. در گذشته، گمانه‌های تزریق مواد حلال یا ذوب‌کننده و گمانه‌های مکش مادهٔ معدنی به‌طور مجزا از هم حفر شده و مستقل از هم بودند ؛ اما امروزه با هر گمانه می‌توان عمل تزریق و مکش را با هم انجام داد.

برای اجرای این روش شرایطی بایستی حکمفرما باشد تا بتوان این روش را به کار برد. این شرایط عبارت‌اند از این‌که حتماً کانسار باید افقی باشد. کمر بالا و کمر پایین کانسار بایستی نفوذناپذیر و مادهٔ معدنی باید نفوذپذیر باشد. همچنین، محدودهٔ معدن و سطح زمین منطقهٔ موردنظر به‌گونه‌ای باشد که بتوان به حفر گمانه و تأسیس شبکه لوله‌کشی اقدام کرد.



شکل ۲۳ــ۳ــ روش استخراج گمانه‌ای

مزایا و معایب استفاده از روش گمانه‌ای: مزایای استفاده از روش گمانه‌ای عبارت‌انداز :

۱ــ سوددهی این روش مناسب است.

۲ــ هزینهٔ استخراجی کمی در بردارد.

۳ــ برای استخراج کانسارهایی که در عمق تقریباً زیادی قرار دارند، کاربرد فراوانی دارد.

۴ــ عملیات استخراج به‌طور پیوسته و مداوم صورت می‌گیرد.

۵ ــ ایمنی این روش بالا است.

معایب استفاده از این روش نیز به شرح زیر است :

۱ــ این روش بسیار تخصصی است و باید با دقت و ظرافت کامل صورت گیرد.

۲ــ برای استخراج، آب کافی باید در دسترس باشد.

۳ــ کنترل عملیات استخراج به دلیل عدم دست‌رسی مستقیم به مادهٔ معدنی مشکل است.

ب ــ روش استخراج تجزیه شیمیایی Leaching: در این روش عملیات استخراج با استفاده از خاصیت تجزیه‌پذیری ماده معدنی انجام می‌گیرد و شرط اساسی استفاده از این روش، به‌کارگیری یک حلال مناسب و تجزیهٔ ماده معدنی برای استخراج است. روش لیچینگ به دو صورت قابل اجرا است : برجا و نابرجا. هنگامی که عملیات استخراج و تجزیه مستقیماً بر روی کانسار صورت پذیرد، به آن **لیچینگ برجا** می‌گویند. اما در بیشتر موارد این عمل بر روی ذخایری انجام می‌شود که استخراج شده و در محل دیگری دپو شده‌اند و بیشتر در معادن مس به چشم می‌خورند. در این معادن برای یکسان کردن عیار ماده معدنی در تمام بخش‌ها قسمت پر عیار را ذخیره کرده و پس از استخراج بخش‌های کم عیار، عملیات تجزیه را انجام می‌دهند که به آن لیچینگ نابرجا اطلاق می‌شود. در واقع لیچینگ نابرجا عملیات استخراج ثانوی محسوب می‌شود. در زیر چند نوع حلال شیمیایی که برای استخراج مواد خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ذکر شده است.

۱ــ سیانید سدیم (سیانور) برای استخراج طلا

۲ــ اسید سولفوریک برای استخراج اکسیدهای مس

۳ــ اسید فرمیک برای استخراج سولفیدهای مس

چگونگی و مراحل استخراج: چون در بیشتر مواقع عملیات لیچینگ نابرجا انجام می‌شود، مراحل آن را توضیح می‌دهیم در ابتدا مواد معدنی استخراج شده، در محل مناسبی به صورت کپه‌ای ذخیره و آماده می‌شوند. پس از آن، مواد حلال آماده شده و روی ماده معدنی ریخته شده و نفوذ داده می‌شود. محلول به‌دست آمده، جمع شده و برای تغلیظ، کانه‌آرایی و بازیابی کانی‌ها به کارخانه ارسال می‌شود.

مزایا و معایب روش تجزیهٔ شیمیایی: مزایای استفاده از روش تجزیه شیمیایی به شرح زیر است :

۱ــ میزان سوددهی در این روش مناسب است.
۲ــ هزینهٔ استخراجی تقریباً ناچیزی دربردارد.
۳ــ برای استخراج ذخیره‌های کم عیار روش مناسبی است.
۴ــ هزینه‌های آماده‌سازی آن کم است.
۵ ــ ایمنی این روش بالاست.

معایب استفاده از این روش عبارت اند از :

۱ــ این روش هم مانند روش گمانه‌ای تخصصی بوده و نیاز به محاسبه و برنامه‌ریزی دقیق دارد.
۲ــ آب کافی باید در دسترس باشد.
۳ــ کنترل عملیات استخراج مشکل است.
۴ــ استفاده از مواد حلال ممکن است، به محیط زیست آسیب برساند.

خودآزمایی

۱ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز را نام ببرید.

۲ــ روش استخراج با برش‌های مستقیم در چه کانسارهایی کاربرد دارد و مراحل اجرای آن به چه صورت است؟

۳ــ مزایا و معایب استفاده از روش کنتوری چیست؟

۴ــ مزایا و معایب استفاده از روش نواری چیست؟

۵ ــ نحوهٔ استخراج به روش کلاسیک روباز به چه صورت است؟

۶ ــ مناسب‌ترین دیدگاه طراحی معدن چه روشی است؟

۷ــ روش استخراج با فشار آب دارای چه ویژگی‌هایی است؟

۸ ــ مزایا و معایب استفاده از روش لایروبی را بیان کنید.

۹ــ استخراج گمانه‌ای در چه کانسارهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ شرایط آن را بازگو کنید.

۱۰ــ مراحل استخراج به روش تجزیه شیمیایی (لیچینگ) چگونه است؟

۱۱ــ روش استخراج هیدرولیکی چگونه انجام می‌شود؟

۱۲ــ مزیت اصلی روش آتش‌کاری و تزریق آب برای استخراج زغال سنگ چیست؟

فصل چهارم

ماشین‌آلات ویژهٔ معادن روباز

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلّیّاتی در مورد ماشین‌آلات معدن بیان کند.

۲ــ ماشین‌آلات معادن روباز شامل بولدوزر، لودر، بیل مکانیکی، دراگلین، بیل چرخشی، اسکریپر و کامیون را توضیح دهد.

۳ــ مقررات ایمنی کاربرد ماشین‌آلات معدنی در عملیات استخراج روباز را شرح دهد.

۴ــ نحوهٔ بهره‌برداری صحیح از ماشین‌آلات را بیان کند.

۵ــ مقررات ایمنی لازم در برج حفاری را بیان کند.

۶ــ مقررات هدایت بدون خطر بیل مکانیکی را توضیح دهد.

۷ــ شرایط حفاظتی خاص حمل و نقل با کامیون را بیان کند.

۸ــ حفاظت سیستم حمل و نقل با نوار نقاله را توضیح دهد.

کلیّات

به‌طورکلی، برای استخراج مواد معدنی، ماشین‌آلات مختلفی به کار می‌رود. در هر معدن با توجه به وسعت عملیات و امکانات موجود، ماشین‌آلات بارگیری و باربری ویژه در ابعاد و اندازه‌های مشخص به کار می‌رود. هر نوع از این ماشین‌ها، برای کارهای مختلف ساخته می‌شوند. بعضی از آن‌ها برای استفاده در معادن روباز به‌کار رفته و بعضی دیگر تنها در معادن زیرزمینی کاربرد دارند. بدیهی است، انواعی که در معادن روباز مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای ابعاد بزرگ‌تری نسبت به انواع زیرزمینی هستند. در این فصل سعی شده است تا عمده‌ترین و متداول‌ترین ماشین‌آلاتی که در معادن روباز به کار می‌روند، معرفی گردند.

بولدوزر[۱]

شکل ۱ــ۴ــ بولدوزر

۱ــ Boldozer.

یکی از ماشین‌آلات متداول در معادن روباز که کارآیی فراوانی در جا به‌جایی مواد دارد، بولدوزر است. بولدوزرها نوعی تراکتور هستند که در قسمت جلو آن‌ها یک تیغه نصب شده و عقب آن‌ها نیز، دارای یک یا چند چنگک است که به آن **کلنگ** یا **ریپر**[1] می‌گویند.

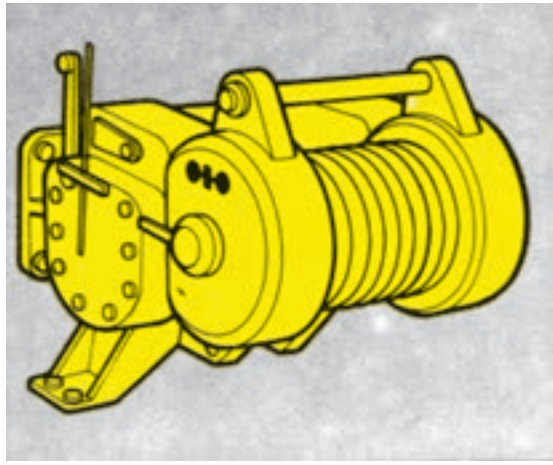
شکل ۲ــ۴ــ یک نوع بولدوزر

تیغه‌های بولدوزر، قابلیت حرکت افقی و عمودی دارند. بولدوزرهایی که تیغهٔ آن‌ها قادر به‌دوران و گردش باشد، به نام **انگلدوزر**[2] معروف‌اند. بیشترین کاربرد بولدوزر، کندن زمین، شکل‌دادن و دپوکردن مواد معدنی و آماده‌کردن آن‌ها برای بارگیری است.

از کاربردهای دیگر بولدوزر، پخش کردن خاک و تسطیح زمین و مواد دپو شده، پرکردن گودال‌ها، هُل‌دادن اسکریپر و... است. حرکت تیغه بولدوزرها به دو روش انجام می‌شود یکی با بازوهای هیدرولیکی و دیگری با وینچ و کابل. محل قرارگیری دستگاه وینچ در سیستم کابلی، در انتهای بولدوزر است و قدرت آن با موتور تأمین می‌شود.

۱ــ Riper. ۲ــ Angledozer.

شکل ۳ــ۴ــ بولدوزر در حال جا به جایی خاک



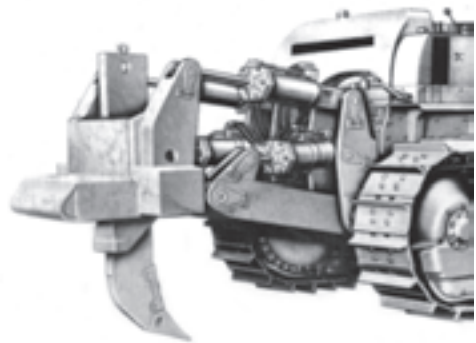
شکل ۴ــ۴ــ دستگاه وینچ حرکت‌دهندهٔ تیغه بولدوزر

بولدوزر دارای دو نوع چرخ زنجیری و چرخ لاستیکی است و با توجه به حجم عملیات، سختی زمین و شرایط اقتصادی می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. بولدوزر چرخ زنجیری، دارای قدرت بیشتر و سرعت کمتر بوده و قادر است در زمین‌های سُست و سنگلاخی عمل کند. در عوض بولدوزرهای چرخ لاستیکی قدرت کمتر و سرعت بیشتری نسبت به نوع چرخ زنجیری داشته و در زمین‌هایی که شیب فراوان و سنگلاخی دارد، قادر به کار نخواهند بود.

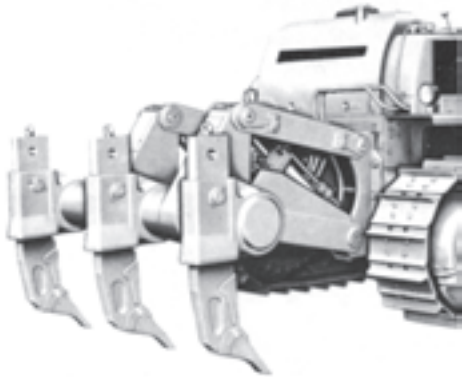
شکل ۵ــ۴ــ بولدوزر نوع چرخ زنجیری

شکل ۶ــ۴ــ بولدوزر نوع چرخ لاستیکی

در بیشتر بولدوزرها، برای کندن و شخم‌زدن زمین‌های سخت، چنگکها یا تیغه‌های خراش دهنده نصب می‌شود که به آن **کلنگ** یا **ریپر** گفته می‌شود. حرکت ریپرها نیز از طریق بازوهای هیدرولیکی انجام می‌گیرد. ریپرها ممکن است، به شکل منفرد یا چندتایی نصب شوند.



شکل ۷ــ۴ــ ریپر منفرد



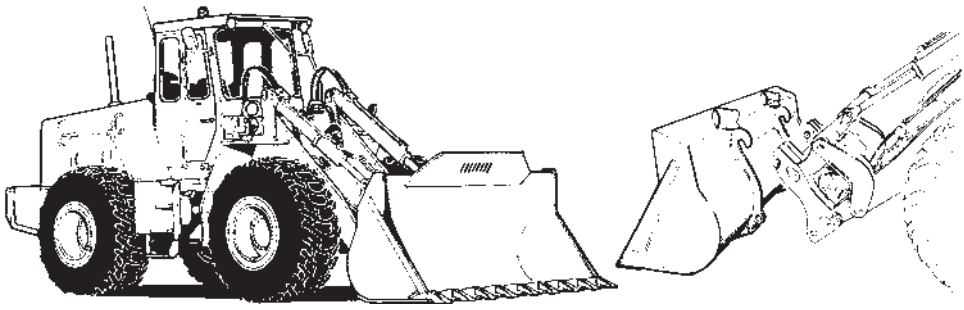
شکل ۸ــ۴ــ ریپر چندتایی

شکل ۹ــ۴ــ بولدوزر در حال کار

لودر[1]

شکل ۱۰ــ۴ــ لودر

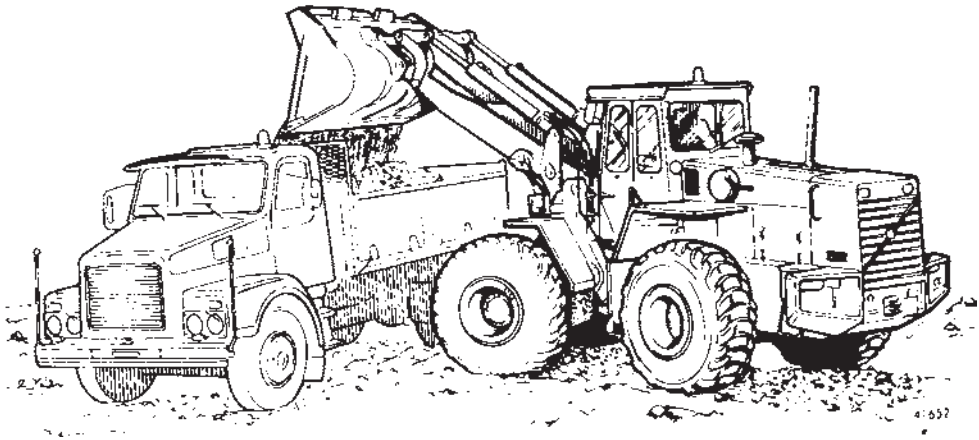
ماشینی که تقریباً در تمام معادن روباز استفاده می‌شود، لودر است. شکل ظاهری لودر تقریباً همانند بولدوزر است ؛ با این تفاوت که جام لودر قابلیت برداشت و بارکردن مواد مختلف به داخل ماشین‌های باربری را دارد و کمتر برای دپو کردن به کار می‌رود.



شکل ۱۱ــ۴ــ شکل کلی جام لودر

۱ــ Louder.

اصلی‌ترین کار لودر بارگیری موادی است که معمولاً با بولدوزر دپو شده است.



شکل ۱۲ــ۴ــ لودر در حال بارگیری کامیون

در صورتی که مواد معدنی در جای نرم باشند، مانند شن و ماسه می‌توان تنها با لودر آن‌ها را کنده، جا به جا و در نهایت بارگیری کرد.

لودرها نیز مانند بولدوزرها، در دو نوع چرخ زنجیر و چرخ لاستیکی ساخته می‌شوند که هر یک قابلیت‌های ویژه‌ای دارند. نوع چرخ لاستیکی سرعت بیشتر و قدرت کمتر داشته و در زمین‌های سُست و گلی و سنگلاخی کارآیی چندانی ندارد. اما نوع چرخ زنجیری آن دارای سرعت کمتر و قدرت بیشتر

شکل ۱۳ــ۴ــ خاک‌برداری به‌وسیله لودر

بوده و در شیب‌های زیاد و زمین‌های سُست و سنگلاخی، به راحتی عمل بارگیری را انجام می‌دهد.

شکل ۱۴ــ۴ــ لودر نوع چرخ زنجیری

شکل ۱۵ــ۴ــ لودر نوع چرخ لاستیکی

ابعاد و ظرفیت‌های بارگیری با لودر مانند بیشتر ماشین‌های موجود بوده و به وسعت معدن، اندازه ماشین‌های حمل و نقل و شرایط دیگر بستگی دارد. لودر قابلیت نصب تجهیزات جانبی از قبیل چنگک، بالابر و دیگر وسایل را داشته و در این صورت برای منظورهای دیگری به جز معدن‌کاری یا راهسازی از آن‌ها می‌توان سود برد.

شکل ۱۶ــ۴ــ کاربردهای مختلف لودر

شکل ۱۷ــ۴ــ لودر در حال بارگیری سنگ شکن معدن

بیل مکانیکی

شکل ۱۸ــ۴ــ بیل مکانیکی

بیل مکانیکی، وسیله‌ای است که می‌تواند عمل کندن و بارگیری مواد معدنی را انجام دهد. این وسیله از نظر شکل، اندازه و نحوهٔ انجام کار بسیار متنوع است و به نام‌های مختلف خوانده می‌شوند. شاول[1]، بیل هیدرولیکی[2]، بیل کابلی[3]، و کج بیل[4]، (بیل بکهو) از جمله دستگاه‌هایی هستند که معمولاً با نام **بیل مکانیکی** در ایران شناخته می‌شوند.

شکل ۱۹ــ۴ــ بیل مکانیکی در حال بارگیری

شکل ۲۰ــ۴ــ بیل مکانیکی چرخ لاستیکی با جام معکوس

چون بیل مکانیکی بیشتر در معادن بزرگ با ظرفیت تولید بالا استفاده می‌شود، این ماشین بیشتر از نوع چرخ زنجیری ساخته می‌شود. اما در مقیاس کوچک‌تر نوع چرخ لاستیکی آن‌هم موجود است که برای حفر کانال‌های شهری و کارهای سبک دیگر به کار می‌رود.

۱ــ Shovel. ۲ــ Hydroulic shavel. ۳ــ Rope shavel. ۴ــ Backhoe shavel.

با بیل مکانیکی کارهای متعددی می‌توان انجام داد، از جمله حفر تراشه یا کانال، کندن مواد معدنی در جا و بارگیری مواد منفجر شده در پله‌های معدن است.

شکل ۲۱ــ۴ــ بیل مکانیکی در حال کار

جام بیل‌های مکانیکی به جز شکل معمول مورد استفاده به شکل‌های گوناگون دیگر نیز ساخته می‌شود. جام بعضی از آن‌ها دارای یک دریچه در زیر است که با کابل مخصوصی باز و بسته شدن آن تحت کنترل بوده و برای تخلیهٔ مواد بار شده به داخل کامیون این دریچه باز می‌شود.

شکل ۲۲ــ۴ــ تخلیه جام بیل از طریق دریچهٔ زیر آن

همچنین، جام بعضی دیگر از بیل‌ها به شکل معکوس است که به آن کج بیل یا بیل بکهو هم گفته می‌شود. کج بیل‌ها معمولاً برای حفر کانال و کندن مواد به کار می‌روند.

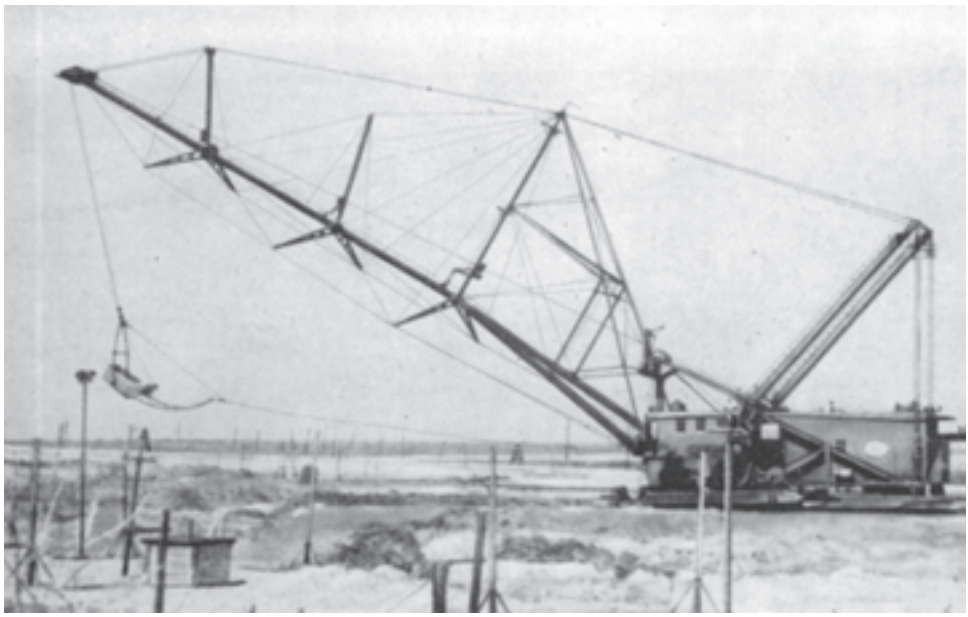
شکل ۲۳ــ۴ــ کج‌بیل در حال حفر کانال

نحوهٔ حرکت جام در این ماشین‌ها نیز به صورت‌های گوناگون انجام می‌گیرد. حرکت جام‌ها در بیشتر بیل‌های مکانیکی به کمک بازوهای هیدرولیکی است. و نوعی از آن دارای جامی است که از یک طرف به بازو و از طرف دیگر به کابل متصل می‌شود. حرکت جام برای خاک‌برداری با فشار بازو و کشش کابل صورت می‌پذیرد که به آن **شاول کابلی**[1] یا **بیل کابلی** می‌گویند. نیروی محرکه دستگاه از موتور دیزل، ژنراتور برق یا برق سراسری تأمین می‌شود.

شکل ۲۴ــ۴ــ بیل کابلی در حال کار

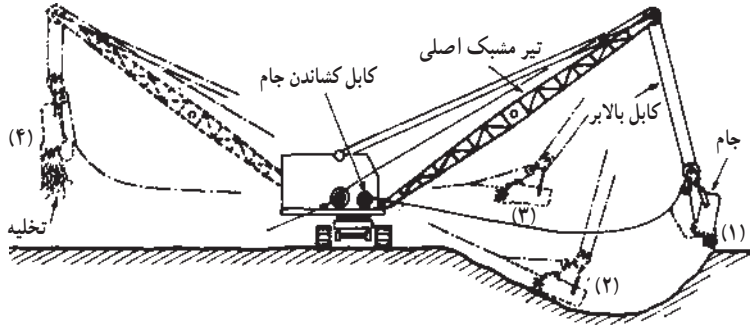
۱ــ Cable Shovel.

دراگلین[1] (بیل کششی)



شکل ۲۵ــ۴ــ دراگلین

دراگلین یکی از ماشین‌آلات بسیار بزرگ در معادن است که کار آن برداشت و جا به جا کردن مواد معدنی نرم، گودبرداری و لایروبی رودخانه‌ها است. این دستگاه دارای یک تیرک بلند است که جام در ابتدا و انتهای این تیر توسط کابل‌هایی به دستگاه متصل می‌شود. با تنظیم حرکت این دو کابل جام در داخل مواد نرم یا مواد زیر آب فرورفته و در اثر کشش کابل تحتانی پر می‌شود و سپس با دوران دستگاه در محل دیگر تخلیه می‌گردد.



شکل ۲۶ــ۴ــ نحوهٔ گودبرداری به‌وسیلهٔ دراگلین

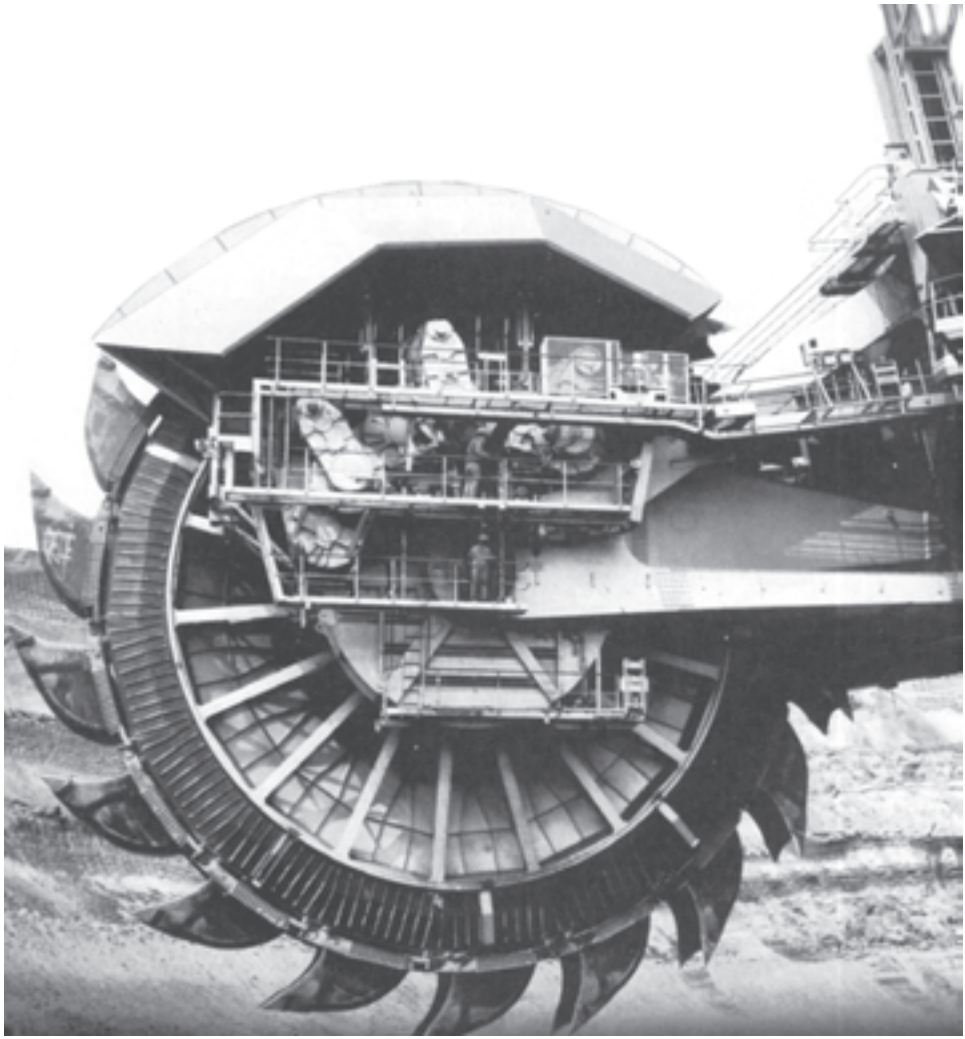
۱ــ Dragline

دراگلین‌ها معمولاً چرخ زنجیر دارند ؛ اما انواع عظیم الجثه آن‌ها برای حرکت، دارای جک‌های هیدرولیکی بسیار قوی‌اند که در زیر دستگاه قرار گرفته و با جمع و باز شدن منظم این جک‌ها، حرکت رو به جلوی دراگلین انجام می‌شود که به آن‌ها دراگلین‌های **قدم زن** می‌گویند.

یکی از مهمترین مزایای دراگلین، طول بلند تیرک آن است که می‌تواند در فواصل زیاد و دور از محل تجمع مواد عمل جا به جایی را انجام دهد.

شکل ۲۷ــ۴ــ دراگلین در حال کار

بیل چرخشی[1]

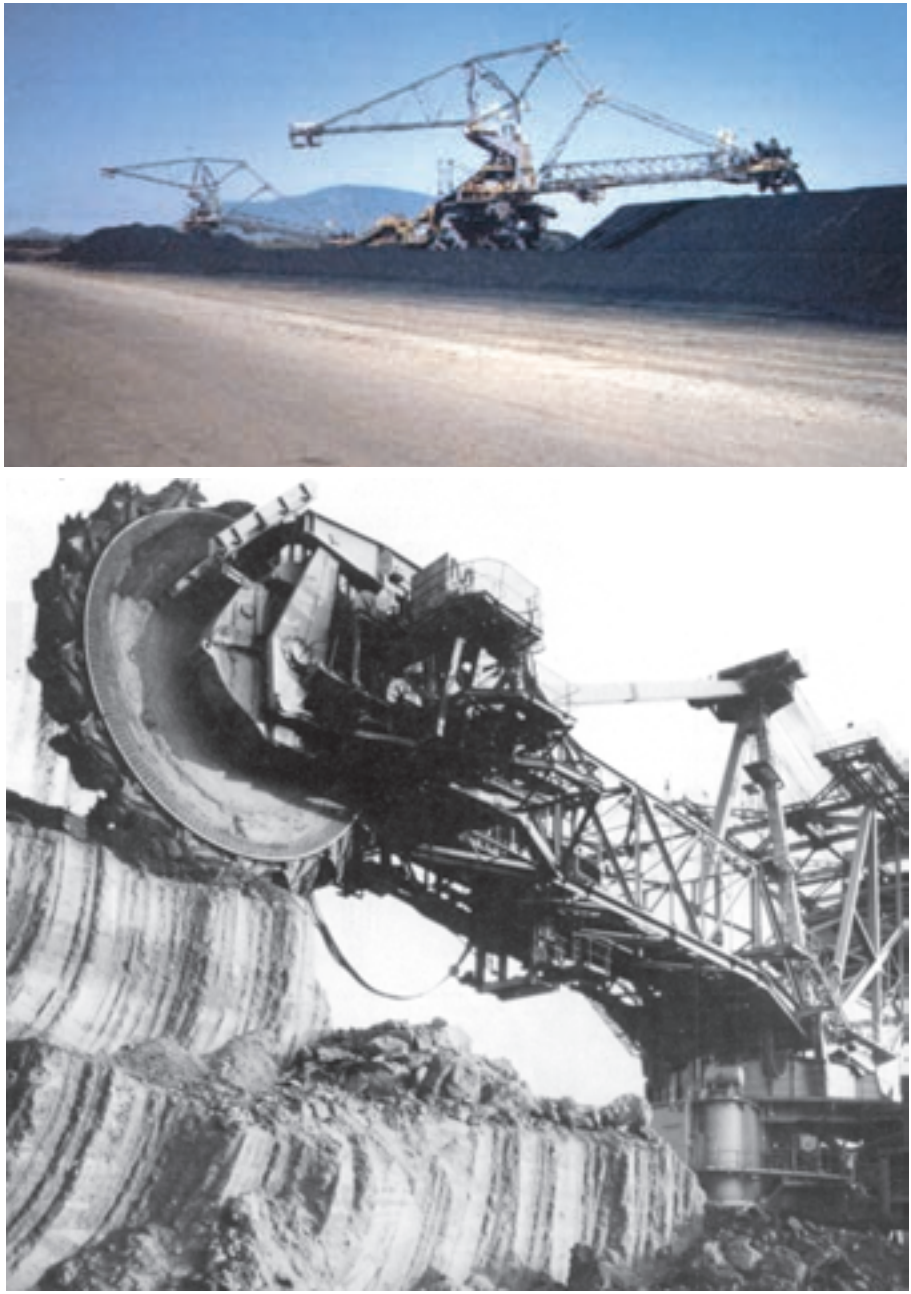


شکل ۲۸ــ۴ــ بیل چرخشی

در مواردی که مواد معدنی نرم و حجم آن فراوان بوده و فضای کافی برای انجام کار مهیّا باشد، از بیل چرخشی برای استخراج، می‌توان استفاده کرد. بیل چرخشی شامل یک چرخ دوار است که در محیط آن به فاصله معین، جام‌هایی نصب شده است. با چرخش این چرخ عظیم و تماس مستقیم جام‌های آن با سینه‌کار استخراجی، مواد معدنی در داخل جام‌های آن پُر می‌شود. در بالای

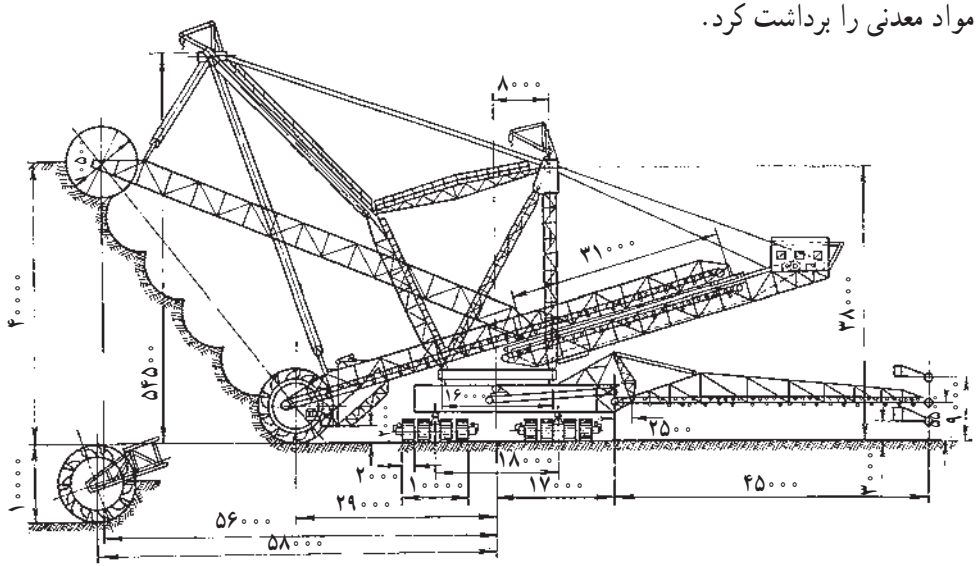
۱ــ Bucke wheel.

این دستگاه یک نوار نقاله قرار دارد که با برگشت جام‌ها مواد معدنی روی این نوار ریخته شده و به‌پشت جبهه کار انتقال می‌یابند.



شکل ۲۹ــ۴ــ بیل چرخشی

بیل چرخشی یک وسیلهٔ مناسب برای انجام حفاری و بارگیری مداوم است ؛ زیرا مانند لودر یا بیل مکانیکی زمانی برای مانور دستگاه به جهت بارگیری مواد معدنی به هدر نمی‌رود و در صورتی که شرایط محیطی و اقتصادی امکان استفاده از آن را به‌وجود آورد، با راندمان تولید بالاتری می‌توان مواد معدنی را برداشت کرد.



شکل ۳۰ــ۴ــ طرز کار بیل چرخشی

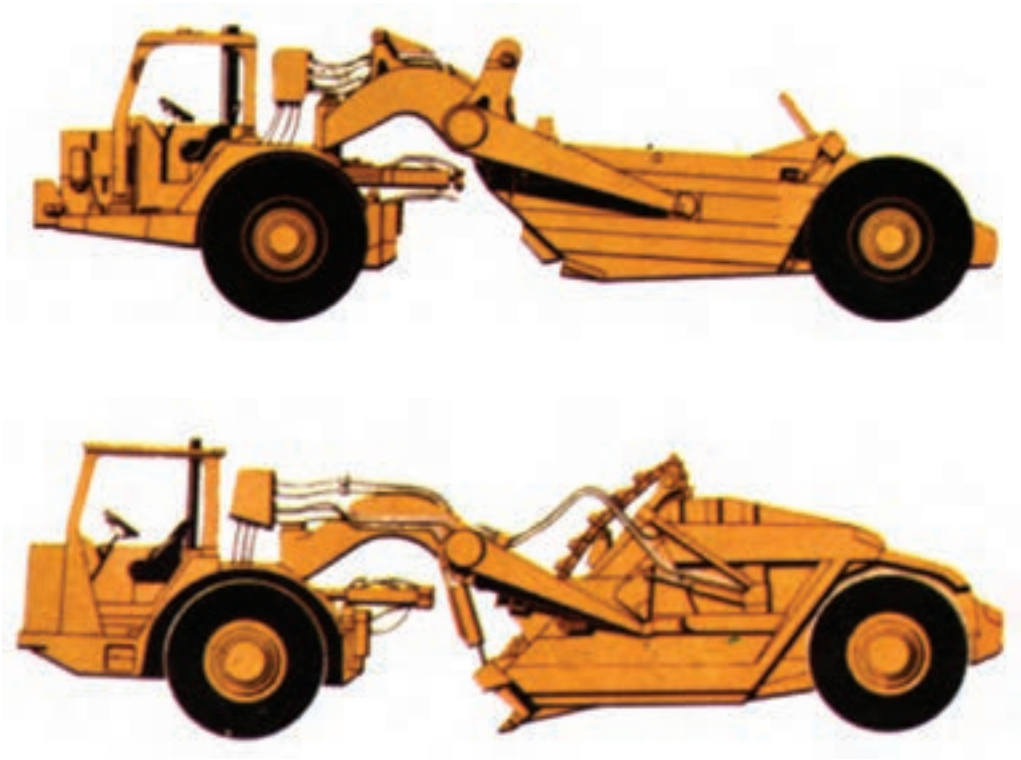
اسکریپر

شکل ۳۱ــ۴ــ اسکریپر

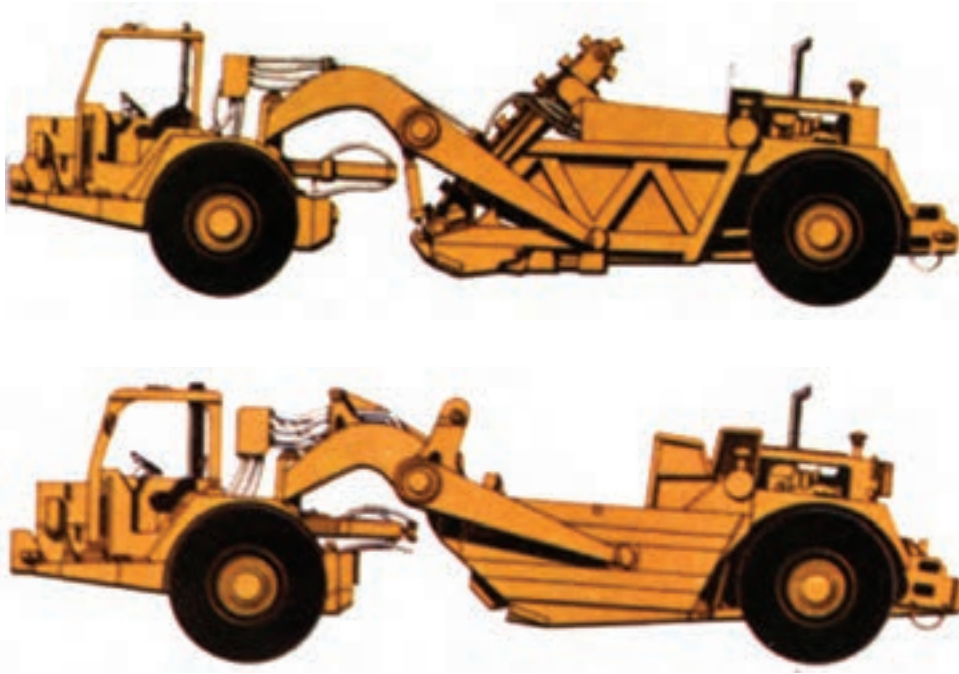
اسکریپر از یک جام بزرگ تشکیل شده است که در داخل قابی قرار دارد و با تیغهٔ متصل به‌جام، قادر به کندن مواد و پرکردن آن در داخل جام است. این وسیله به تنهایی می‌تواند کار بولدوزر، لودر و کامیون را هم‌زمان با هم انجام دهد. اسکریپر برای انجام عملیات خاک‌برداری، حمل، تخلیه و پخش مواد روی سطح زمین یا محل دپو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اسکریپر در حین حرکت بارگیری مواد را انجام می‌دهد، به این صورت که تیغهٔ جام در داخل زمین فرورفته و در اثر حرکت روبه جلوی دستگاه، مواد کنده شده به داخل جام ریخته می‌شود. پس از پر شدن جام، تماس تیغه با زمین قطع می‌شود و اسکریپر تا محل تخلیه به حرکت خود ادامه می‌دهد. هنگام تخلیه، دریچهٔ کف جام باز شده و مواد به بیرون ریخته می‌شود.

این دستگاه در دو نوع بدون موتور و موتوردار ساخته می‌شود.

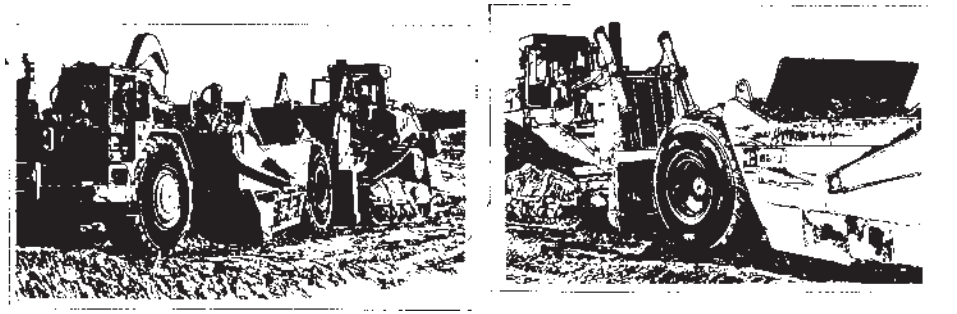


شکل ۳۲ــ۴ــ اسکریپرهای بدون موتور



شکل ۳۳ــ۴ــ اسکریپرهای موتوردار

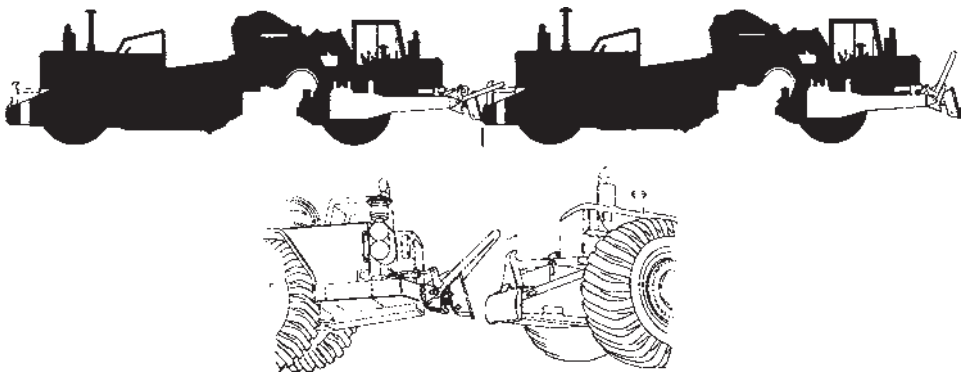
اسکریپرهای بدون موتور به کمک فشار وارده از بولدوزر یا گریدر که به هُل دهنده مجهز است و در پشت اسکریپر قرار می‌گیرند، حرکت می‌کنند.



شکل ۳۴ــ۴ــ حرکت اسکریپر با استفاده از بولدوزر

برای بالابردن راندمان کار، بعضی از اسکریپرها طوری ساخته شده‌اند که قابلیت اتصال به یکدیگر را با قلاب و بست دارند و عمل هُل دادن و کشیدن را به کمک هم انجام می‌دهند. بدین صورت که در ابتدا، اسکریپر جلویی شروع به خاک‌برداری کرده و اسکریپر عقبی نیروی خود را صرف هُل‌دادن

اسکریپر جلویی می‌کند ؛ بدون آن که خاک‌برداری کند. پس از پر شدن جام اسکریپر اوّل، اسکریپر دوّم، شروع به خاک‌برداری کرده و اسکریپر اوّل در طول خاک‌برداری عمل کشیدن را انجام می‌دهد.



شکل ۳۵ــ۴ــ نحوهٔ اتصال اسکریپرها به یکدیگر

کامیون[۱]

شکل ۳۶ــ۴ــ کامیون معدنی

۱ــ Truck

عمده‌ترین وسیلهٔ حمل و نقل در معادن روباز کامیون است که انواع بسیار متنوع دارد. در معادن کوچک برای حمل و نقل مواد معدنی در داخل معدن از کامیون‌های معمولی که در جاده‌های بین شهری هم‌تردد می‌کنند، می‌توان استفاده کرد.

شکل ۳۷ــ۴ــ کامیون معمولی

اما در معادن وسیع از کامیون‌هایی استفاده می‌شود که تنها در داخل محدوده معدن و جاده‌های اختصاصی مربوط به آن تردد می‌کنند. این کامیونها در ابعاد بزرگتری نسبت به کامیونهای معمول ساخته شده و از سیستم‌های ویژه‌ای برخوردارند و ظرفیتهای باربری آن‌ها بیش از ۴۰ تا ۵۰ تن است.

شکل ۳۸ــ۴ــ کامیون ویژه معادن روباز

یک نوع از این کامیون‌ها در معدن مس سرچشمه مورد استفاده قرار می‌گیرد و قادر است ۱۲۰ تن ماده را حمل کند. امروزه، در معادن بزرگ دنیا از کامیون‌هایی استفاده می‌شود که ظرفیت باربری آن‌ها تا ۶۰۰ تن هم می‌رسد. حمل این ظرفیت سنگین‌بار در معدن، شرایط ویژه‌ای دارد که کامیون‌های معدنی را از کامیون‌های معمولی متمایز می‌کند.

شکل ۳۹ــ۴ــ کامیون معدنی در حال تخلیه بار به داخل سنگ شکن

تخلیهٔ بار از داخل کامیون به چند صورت امکان‌پذیر است. عمومی‌ترین آن تخلیه از پشت بوده که به کمک فشار جک‌های هیدرولیکی انجام می‌گیرد. کامیون‌هایی نیز هستند که بار خود را از کنار یا از کف تخلیه می‌کنند. انواعی که تخلیه‌بار آن‌ها از کف است، مانند اسکریپرها در دو نوع بدون موتور و موتوردار ساخته می‌شوند.

شکل ۴۰ــ۴ــ یک نوع کامیون معدنی تخلیه شونده از پشت

شکل ۴۱ــ۴ــ کامیون نوع تخلیه شونده از زیر

ماشین‌آلات دیگر معادن روباز

علاوه بر ماشین‌های بارگیری و حمل و نقل که در معادن روباز به کار برده می‌شوند، برای انجام موارد مختلف عملیات استخراج از وسایل دیگری نیز استفاده می‌شود. یکی از آن‌ها

واگن دریل[1] است که حفر چال‌های مختلف را از طریق آن می‌توان انجام داد. واگن دریل دارای بازویی است که تجهیزات حفاری و سرمته‌ها به آن نصب می‌شود و قابلیت حفر چال در زوایای مختلف را دارد. این دستگاه، به طور عمومی دارای چرخ زنجیر بوده و برای استفاده در حفر چال‌های آتشکاری و در معادن سنگ‌های ساختمانی حفر چال برای عبور سیم برش است.

شکل ۴۲ــ۴ــ واگن دریل در حال کار در شرایط سخت

۱ــ Drill wagon

شکل ۴۳ــ۴ــ واگن دریل در حال چال‌زنی

یکی دیگر از دستگاه‌هایی که در معادن سنگ‌های ساختمانی به‌کار می‌رود، **دستگاه راسول** است. این وسیله نیز، برای حفر چال در بلوک‌های سنگی برای عبور سیم برش از داخل آن‌ها و برش بلوک‌ها است. دستگاه راسول در انواع بادی، برقی یا هیدرولیکی وجود دارد.

شکل ۴۴ــ۴ــ دستگاه راسول

جزئیات بیشتر در مورد کلیّه ماشین‌آلات این فصل در کتاب‌های کارگاهی آورده شده است.

مقررات ایمنی کاربرد ماشین‌آلات معدنی در عملیات استخراج روباز

امروزه، در معادن روباز از ماشین‌آلات و مکانیزم‌های مختلف در سطح بسیار وسیعی استفاده می‌شود. زیرا این امر موجب تقلیل تعداد افراد و حذف کامل آسیب‌های بدنی در کارگاههای استخراج شده و از طرف دیگر نتایج ثمر بخشی از لحاظ اقتصادی دربردارد. استعمال ماشین‌آلات مذکور هنگامی با اطمینان خاطر همراه است که مقررات و شرایط معین بهره‌برداری و تعمیر و نگه‌داری آن‌ها به دقت، اجرا شود ؛ زیرا در غیر این صورت حاصلی جز بروز حوادث ناگوار، از کار افتادن ماشین و اختلال در عملیات استخراج نخواهد داشت.

نحوهٔ بهره‌برداری صحیح از ماشین‌آلات

ماشین‌آلاتی که برای کار در معادن خریداری می‌شوند، از طرف کارخانهٔ سازنده برای مدت معینی ضمانت شده‌اند و چنانچه در خلال مدت تعیین شده، ایرادی در ماشین پیدا شود که ناشی از بی‌توجهی و سهل‌انگاری متصدی آن نباشد، کارخانهٔ سازنده مجبور به سرویس و رفع عیب دستگاه است. همچنین، هر ماشین دارای عمر مفیدی است که شامل زمان شروع کار آن تا موقع اولین از کار افتادگی فنی آن می‌باشد که فقط به‌طور غیرمستقیم بر عملیات بهره‌برداری سالم مؤثر واقع می‌شود ؛ حال آن که اعتبار ماشین که از طریق کاربرد صحیح آن بین فاصله‌های تعمیرات، مشخص می‌شود، مستقیماً بر عملیات بهره‌برداری سالم مؤثر است. امروزه اعتبار و عمر طولانی ماشین‌آلات معدن در جریان بهره‌برداری از آن‌ها در کارگاه‌های استخراج اهمیت فراوانی دارد ؛ زیرا از کار افتادگی یک ماشین ممکن است، سبب توقف کامل عملیات بهره‌برداری از معدن شود. بنابراین، کلّیه قطعات مهم ماشین‌آلات بایستی در فاصلهٔ زمانی معینی مورد بازدید و آزمایش قرارگیرند تا چنین موردی کمتر اتفاق بیفتد. عدم توجه به دستورالعمل‌ها علاوه بر خرابی ماشین، وقوع حوادث غیر مترقبه‌ای را نیز، می‌تواند به دنبال داشته باشد. ماشین‌آلات معدنی بایستی با کلیه وسایل ایمنی و از جمله وسایل هشداردهندهٔ سمعی و بصری ترمزها، حفاظ بخش‌های گردنده و متحرک، وسایل اطفاء حریق و غیره مجهز باشند. روش بهره‌برداری از ماشین‌آلات معدنی بایستی براساس مقررات جاری کاربرد تجهیزات معدنی انجام شود. دستورالعمل ایمنی و هدایت صحیح ماشین‌آلات و سرویس و نگه‌داری به موقع آن‌ها، معمولاً با مسئولین معدن یا کارگاه به‌طور کتبی باید به کارگران اعلام شود.

مقررات ایمنی مربوط به برج حفاری

با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی طبقات مورد بهره‌برداری، عملیات حفاری با ماشین‌های

حفار ضربه‌ای، حفار دورانی و غیره انجام می‌شود. حرکت‌های ابزارهای برج حفاری از عوامل خطر آفرین در هنگام کار این قبیل دستگاه‌ها است. همچنین، قراردادن وسایل برج در نزدیکی حاشیه سینه‌کارها و دیوارها، احتمال سقوط آن‌ها را بر روی سطوح شیبدار زیاد کرده و یا ممکن است سبب فروریختن بخش‌های سُست پله‌ها شود. هنگام استقرار برج حفاری در محل جدید کار، باید بسیار به‌آن توجه کرد. زیرا اگر دکل حفاری برپا نگه‌داشته شود، قسمت فوقانی آن به‌خصوص هنگامی که کابل‌های حفاری، معلّق باشد، سنگین و ناپایدار می‌شود. متصدی برج حفاری و گروه حفار در هنگام کار با دستگاه، بایستی به مقررات حفاظتی آن آشنایی کامل داشته باشند و نکات آن‌را که بعضاً در ذیل آمده است، به دقت انجام دهند.

۱ــ متصدی ماشین حفاری باید در تمام طول مدتی که ماشین در حال کار است، آن را کنترل کند و چنانچه برای مدت کوتاهی مجبور است پست خود را ترک کند، باید فردی را جانشین خود کند ؛ چرا که ترک کردن ماشین اکیداً ممنوع است.

۲ــ متصدی ماشین بایستی با لباس کار مناسب و دستکش و در صورت لزوم عینک حفاظتی مجهز باشد و پس از پایان کار و قبل از تحویل دستگاه، به متصدی شیفت بعدی، ماشین را ترک نکند ؛ ضمن آن که باید نحوهٔ کار ماشین را به اطلاع وی برساند.

۳ــ کلّیهٔ نواقصی که در حین کار مشاهده می‌شود، باید در دفتر کار روزانه ماشین ثبت شود.

۴ــ تحت هیچ شرایطی نبایستی در اتاق فرمان ماشین، در زیر آن و یا در نزدیک آن، مواد منفجره انبار کرد.

۵ــ قبل از آن که ماشین حفاری به محل جدید انتقال پیدا کند، باید زمین آن طوری انتخاب شود که ماشین، کاملاً به وضع افقی قرار گیرد و هرگاه زمین ناصاف باشد، می‌توان آن را با استفاده از تراورس‌هایی که با گیره‌های آهنی به هم متصل شده‌اند، میزان و تراز کرد.

۶ــ هنگامی که ماشین حفاری در فاصله‌ای کمتر از سه متری حاشیه پله یا دیواره مستقر شود و به خصوص موقعی‌که وضع زمین نامطمئن باشد، باید ماشین را با سیم فلزی و قلاب در جای خود ثابت کرد.

۷ــ اطراف محل کار ماشین باید از اشیای غیرضروری مثل تراورس‌ها، لوله‌ها، ریل‌ها و غیره خالی باشد و برای رسیدن به ماشین، راه‌های متعددی در اطراف آن وجود داشته باشد.

۸ــ لوازم حفاری نظیر تیغه‌ها، دیلم‌های حفاری، انبرهای نگه‌دارنده، لولهٔ آچارها و غیره باید در یک طرف طوری انبار شود که به آسانی در دسترس باشد، و اختلالی در محیط کار ایجاد نکند.

۹ــ قرارگرفتن افراد در محلی که دکل حفاری بالا و پایین برده می‌شود، ممنوع است.

۱۰ــ هنگامی که مکانیزم‌های حفاری مشغول کار هستند، رفتن بر روی قاب بالایی دکل روی سکوی مخصوص قرقره یا بر روی بالاترین نقطهٔ دکل، اکیداً ممنوع است.

۱۱ــ تحت هیچ شرایطی هیچ کس مجاز به انداختن کابل یا طناب با دست بر روی استوانه ماشین نیست و به‌کار بردن طناب‌هایی که به هم‌گره خورده‌اند، اکیداً ممنوع است.

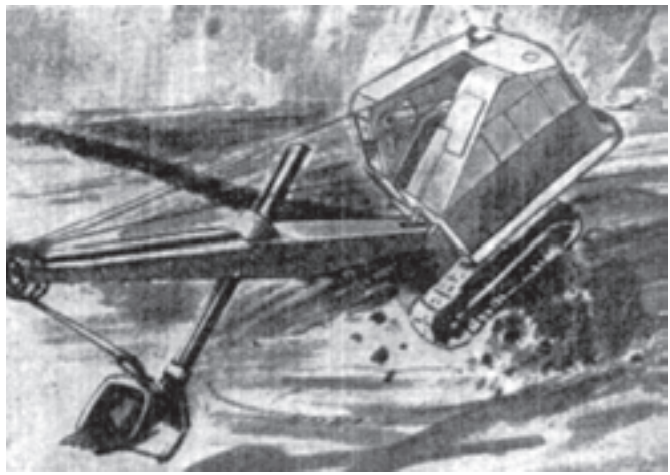
شکل ۴۵ــ۴ــ استقرار برج حفاری در امتداد پله‌های حفاری

مقررات مربوط به هدایت بدون خطر بیل مکانیکی

یکی از متداول‌ترین ماشین‌های موجود در معادن روباز بیل مکانیکی است. در مواردی که سنگ‌ها و مواد معدنی نرم باشند، بیل مکانیکی عمل حفر و بارگیری را هم‌زمان انجام می‌دهد و در شرایطی که سنگ‌ها و مواد سخت باشند، ابتدا، آتش‌کاری شده و بارگیری آن‌ها فقط با بیل مکانیکی انجام می‌شود. عمده‌ترین خطراتی که از ناحیه بیل مکانیکی ایجاد می‌شود، این است که ارتفاع بیل مکانیکی از ارتفاع سینه‌کار کمتر بوده و در فوقانی‌ترین بخش معدن، یک پیش‌آمدگی از مواد حفر نشده، به جا می‌ماند و در حدود ۷۵ ــ ۷۰ درصد ریزش‌ها و از کار افتادگی‌های حاصل از آن و حدود ۶۸ درصد حوادث منجر به فوت به خاطر همین مسئله بوده است. همچنین، در حدود ۳۰ درصد از کارافتادگی‌های سنگین و حوادث منجر به مرگ در اثنای کار بیل مکانیکی آن بوده که قربانی حادثه در محدودهٔ خطر حرکت چرخ زنجیر بیل مکانیکی، مستقر بوده است ؛ به علت تناوب کار و خلاصی‌های

متعدد بیل مکانیکی ممکن است، برای بعضی از افرادی که در محدودهٔ نوسان چنگک و چرخ زنجیر بیل مکانیکی کار می‌کنند، این‌طور تصور شود که خطری متوجه آنان نیست که منجر به وقوع حادثه گردد.

نظر به این که وزن بیل‌های مکانیکی معادن روباز بسیار زیاد است، برای جلوگیری از فرورفتن در زمین و واژگون شدن آن‌ها، باید محل‌های مناسب و راه‌های قابل اعتمادی در پله‌ها برای آن‌ها درنظر گرفته شود. این راه‌ها باید دارای زیرسازی محکم بوده و به‌علاوه کاملاً صاف و دارای شیب ملایم باشد ؛ عدم رعایت این امر، منجر به سقوط ماشین خواهد شد.



شکل ۴۶ــ۴ــ واژگون شدن بیل مکانیکی در اثر عدم رعایت مقررات ایمنی

در شرایطی که قرار است یک سری چال منفجر شوند و نیز در مواقعی که احتمال سقوط و ریزش مواد وجود دارد، بایستی ماشین را از محل وقوع خطر دورکرد. در هنگام کار با بیل مکانیکی، چنانچه، چال آتش نشده یا مواد منفجر نشده‌ای دیده شود، ماشین باید به سرعت متوقف و کارگران از ادامه کار در سینه‌کار و روی مواد ریخته شده، منع شوند و مراتب به اطلاع مسئول آن برسد. هنگام کندن سینهٔ کار نیز باید دقت شود که کلیهٔ سنگ‌های لق به زمین بیفتند ؛ زیرا سقوط ناگهانی چنین سنگ‌هایی منجر به آسیب بدنی کارگران پای سینهٔ کار و صدمه دیدن ماشین‌آلات خواهد شد. در هنگامی که ماشین حفاری مشغول کار است، تمیز کردن پای سینه‌کار و مسطح و میزان کردن آن با کارگران می‌تواند خطراتی داشته باشد. بنابراین، این کار را در شرایطی باید انجام داد که متصدی بیل مکانیکی اجازه دهد یا ماشین را متوقف و چنگک آن را بر روی زمین قرار داده باشد. هر نوع حرکتی از طرف بیل مکانیکی و هرگونه تغییر شکل در کار آن از قبیل حرکت به جلو و عقب و بارگیری

کامیون‌های کمپرسی و غیره با علامت‌های صوتی مثل بوق یا سوت صورت می‌گیرد و همه افرادی که در معدن کار می‌کنند، باید با علامت‌های آن آشنا باشند، علاوه بر مطالب ذکر شده، رعایت یک سری مقررات عمومی در زمینهٔ کار بیل‌های مکانیکی در معدن ضروری است. این مقررات عبارت‌اند از :

۱ــ به جز مکانیک، بازرس و یا مأمور معدن، هیچ کس حق ندارد، بدون اجازهٔ متصدی بیل مکانیکی به اتاقک فرمان وارد شود.

۲ــ متصدی ماشین در شیفت کار خود مجاز به ترک ماشین نیست و فقط در مواقع ضروری آن هم به مدت کوتاهی می‌تواند نیروی کمکی خود را جانشین کند.

۳ــ اگر کار برای مدت کوتاهی متوقف شود، بایستی چنگک بیل پائین آورده شده و بر روی پله یا سینهٔ کار قرار گیرد ؛ رها کردن آن به حالت آویزان ممنوع است.

۴ــ در هنگام کار متصدی دستگاه نباید اجازه دهد ماشین کسی بر روی حاشیهٔ بالاترین قسمت سینه کار و یا سطح شیب‌دار قرارگیرد ؛ هرگونه ریزش سطح شیب‌دار، سبب بروز حادثه می‌شود.

۵ــ برای جلوگیری از گسترش حریق در پناه‌گاه ماشین حفاری، از نگه‌داری مواد قابل اشتعال مانند بنزین و نفت خودداری شود و انبار سوخت روزانهٔ ماشین نیز باید در فاصله‌ای دور از آن قرار گیرند.

۶ــ پس از پایان کار شیفت متصدی بیل مکانیکی باید آن را به جانشین خود بسپارد و در غیر این صورت در پناه‌گاه ماشین را قفل کند.

۷ــ تحت هیچ شرایطی حتی برای مدت بسیار کوتاهی نباید مواد منفجره را در داخل ماشین نگه داشت ؛ افرادی که همراه با خود مواد منفجره حمل می‌کنند، به هیچ وجه حق ورود به ماشین را ندارند.

۸ــ در پایان کار روزانه، متصدی بیل مکانیکی باید شرایط کار مکانیسم‌ها و نواقص برطرف نشده را به جانشین خود اطلاع دهد و وی موظف است اطلاعات مذکور را در دفتر کار روزانه ماشین ثبت کند.

شرایط حفاظتی خاص حمل و نقل با کامیون

متداول‌ترین وسیلهٔ باربری در معادن روباز استفاده از کامیون‌های کمپرسی است. لکن انواع دیگری نیز وجود دارند که با توجه به شرایط خاص معدن از آن‌ها استفاده می‌شود ؛ حمل و نقل با کامیون دارای مزایای فراوانی نسبت به راه‌آهن معدنی است که عدم نیاز به ریل‌گذاری و جاده‌سازی اساسی، قدرت مانور و غلبه برسراشیبی‌ها و پیچ‌های تند از جمله آن‌هاست. از طرفی کامیون‌ها نقاط ضعفی نیز دارند. کامیون‌ها در معرض خطر لغزندگی و واژگون شدن هستند ؛ زیرا در هوای بارانی

چسبندگی آن‌ها به جاده کمتر می‌شود و نیز احتمال تصادف با یکدیگر و سقوط به داخل گودال‌ها و سینه‌کارهای تحتانی آن‌ها را در معرض تهدید قرار می‌دهد. به‌خصوص در معادن روباز، جاده‌ها پرپیچ‌و خم و دارای پستی و بلندی فراوان است و در اثر کاهش میدان دید راننده و راندن و یا سرعت‌های بسیار امکان تصادف افزایش می‌یابد عواملی از جمله فقدان نور کافی، پیچ تند جاده وجود مه، گرد و خاک ماشین‌های جلویی، بارش برف و باران و خرابی برف پاک‌کن و غیره، سبب کاستن میدان دید راننده کامیون می‌شود. از جمله وسایل تأمین حرکت بی‌خطر کامیون‌ها در جاده‌های معادن روباز، نصب علائم هشدار دهندهٔ رانندگی در کنار جاده است که رانندگان را از نظر خطرات راه مطلع ساخته و بدین ترتیب از تصادف‌ها جلوگیری می‌شود. تعمیر و مرمت به موقع جاده با یک تیم مخصوص نگه‌داری جاده که مجهز به وسایل کافی از قبیل بولدوزر، ماشین‌های آب پاش و دستگاه‌های شن پاش باشند، از جمله مواردی است که در برنامهٔ خدمات فنی معدن، بایستی به آن توجه شود.

تجهیز کامیون‌ها با وسایلی از قبیل :

الف ــ آژیر مخصوصی که هنگام بالا رفتن سرعت کامیون از حد مجاز به صدا در می‌آید.

ب ــ چراغ پر نور در عقب کامیون، برای روشنایی در شب، جهت حرکت به‌طرف عقب.

ج ــ چراغ‌های بزرگ و استُپ پر نور و سالم در عقب کامیون حتی برای روز.

د ــ ترمز اضطراری چرخ‌های عقب.

هـ ــ کابین عایق هوا و سیستم تهویه و گرم کننده و دارای وسایل رفاهی.

این تجهیزات، سبب کاهش تصادفات و تقلیل آمار حوادث رانندگی می‌شود ولی شرط اصلی، همان رعایت دقیق مقررات رانندگی و تمرکز حواس در هنگام رانندگی است. رانندگان کامیون‌های کمپرسی در مناطق معدن روباز، بایستی مقررات عمومی ترافیک را سرلوحهٔ کار خود قرار دهند و آئین‌نامه‌های ایمنی خاص منطقه را نیز به‌دقت اجرا کنند ؛ علاوه بر آن توجه به موارد زیر نیز ضروری است.

۱ــ در هوای مه‌آلوده و برف سنگین و در حالت‌هایی که میدان دید راننده کمتر از فاصله ترمز است، نبایستی اجازه رانندگی داده شود. صدور اجازه حرکت به کامیون‌های دارای نقص فنی نیز مجاز نیست.

۲ــ کار با کامیون‌هایی که انبارهٔ سوخت و یا لوله‌های سوخت‌رسانی آن‌ها دچار نقص فنی شده ممکن است، منجر به وقوع آتش‌سوزی شود. بنابراین، از رانندگی با چنین کامیون‌هایی باید خودداری کرد.

۳ــ هر راننده‌ای که به منطقهٔ سینه‌کار می‌رسد، بایستی نوبت بارگیری را رعایت کرده و در منطقه‌ای توقف کند که خارج از عملکرد بیل‌های مکانیکی بوده و قبل از دریافت اجازهٔ حرکت، از طرف مسئول بیل مکانیکی، کامیون را به حرکت درنیاورد.

۴ــ هر راننده‌ای که در معدن روباز استخدام می‌شود، هرچند دارای گواهینامه مخصوص رانندگی کامیون نیز باشد، بایستی دورهٔ مخصوص حفاظت رانندگی در جاده‌های معدن روباز را زیرنظر سرپرست با صلاحیت بگذراند.

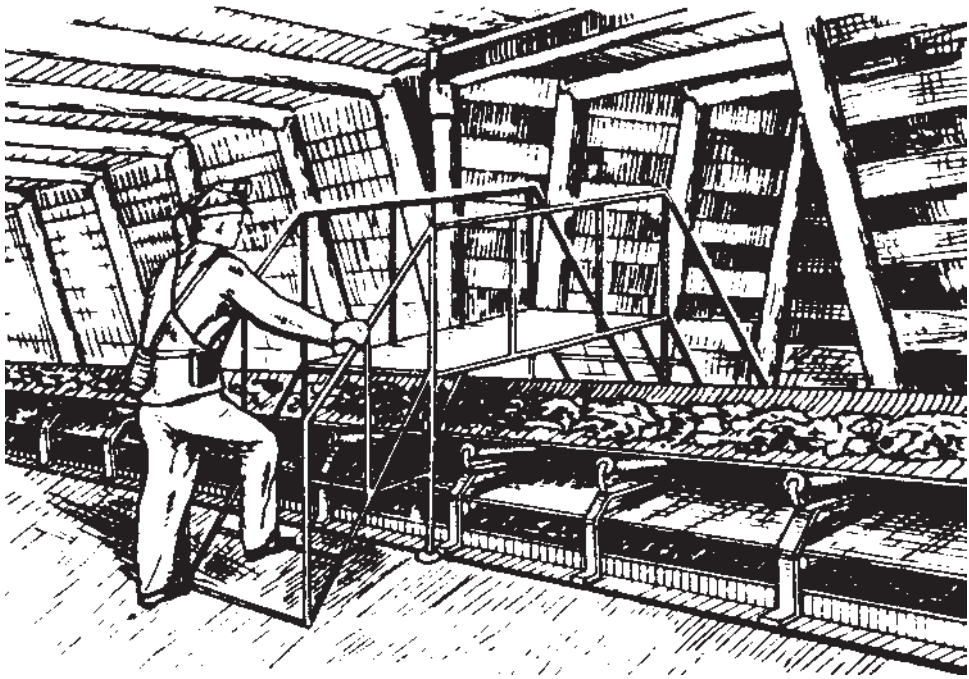
حفاظت سیستم حمل و نقل با نوار نقاله

در سیستم حمل و نقل با نوار نقاله با سایر روش‌های حمل و نقل در معادن تفاوت‌هایی وجود دارد که در مجموع نشان می‌دهد که در سیستم مذکور تقریباً حفاظت بر قرار شده است. زیرا تأسیسات مربوط به آن ثابت است و فقط گاه‌گاهی با توجه به پیش‌رفت کار استخراج جا به جا می‌شود و سرعت حمل مواد در روی نوار نیز کم است و از طرفی کاربر دستگاه نیز در داخل اتاقک ثابتی کار می‌کند و به‌فرض پرتاب یا سقوط یک قطعه از روی نوار به متصدی آن، به هیچ وجه آسیبی وارد نمی‌شود. داشتن چنین سیستمی که دارای ایمنی بسیار مطلوبی است، این تصور نادرست را برای افرادی که با آن سروکار دارند، ایجاد کرده که هیچ خطری آنان را تهدید نمی‌کند ؛ در حالی که آمار نشان می‌دهد که تعداد حوادث در این سیستم حمل و نقل بالنسبه بالا بوده و حتی منجر به ازکارافتادگی و حتی مرگ نیز شده است. بالاترین رقم حوادثی که گزارش شده است مربوط به سقوط قطعات زغال و سنگ معدن از نوارهای نقاله است ؛ در صورتی که بالاترین رقم حوادث نسبتاً سنگین متعلق به نصب و پیاده کردن غلط دستگاه و عدم توجه به حفاظ‌ها و نیز مقررات علامت‌گذاری، به‌خصوص علائم قبل از شروع حرکت نوار نقاله بوده است. در خصوص آگاهی از مقررات عمومی حفاظت نوار نقاله‌ها، بایستی به‌آئین نامه‌های ایمنی آن مراجعه کرد. در این‌جا فقط به ذکر موارد زیر اکتفا می‌شود.

۱ــ حداکثر سرعت نوارهای سنگ جورکن، بایستی نیم متر در ثانیه و در مورد نقاله‌های کابلی ۳ــ۲ متر در ثانیه و برای سایر انواع آن ۷ــ۳ متر در ثانیه باشد.

۲ــ برای آن که عبور و مرور اشخاص در امتداد نقاله به آسانی انجام شود، بایستی راه‌رویی به‌عرض حداقل ۷۰ سانتیمتر در کنار آن درنظر گرفته شود.

۳ــ هر نقاله بایستی مجهز به نوار پاک‌کن باشد. کلیه قسمت‌های گردنده و خطرناک از قبیل واحدهای تخلیه و بارگیری و غیره بایستی حفاظ مناسب داشته باشند.



شکل ۴۷ــ۴ــ پل ایمنی عبور از روی نوار نقاله

۴ــ در محل تقاطع نقاله‌ها و راه عبور و مرور کارگران، بایستی پُل مجهز به نردهٔ حفاظتی ایجاد شود.

۵ــ در زیر قسمت‌هایی که محل عبور و مرور کارگران است، برای جلوگیری از پرتاب سنگ و غیره و اصابت با کارگران، باید حفاظ مناسب نصب گردد.

۶ــ برای جلوگیری از ایجاد صدمه‌های بدنی برای کارگران شاغل در قسمت‌های بارگیری و سنگ شکنی، باید کارگران مجهز به کلاه ایمنی بوده و در جهت خلاف نقطه بارگیری قرار گیرند.

۷ــ شروع کار دستگاه و خاتمه عملیات را بایستی همیشه با علائم سمعی و بصری به کارگران اطلاع داد که مفهوم این علامت‌ها بایستی برای همهٔ آن‌ها روشن باشد.

خودآزمایی

۱ــ بولدوزر چیست و چگونه در معادن روباز مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
۲ــ اجزاءِ مهم بولدوزر که در عملیات خاکی نقش دارند کدام‌ها هستند؟
۳ــ لودر برای چه عملیاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
۴ــ بیل مکانیکی چیست و چه انواعی دارد؟
۵ــ دراگلین چه عملیاتی را در معادن روباز انجام می‌دهد؟
۶ــ ساختمان اسکریپر شامل چه اجزایی می‌باشد و طرز عمل اسکریپر چگونه است؟
۷ــ واگن دریل چه فعالیتی را در معادن روباز انجام می‌دهد؟ شباهت کار آن با راسول چیست؟
۸ــ چگونگی بهره‌برداری صحیح از ماشین‌آلات در معادن روباز را بیان کنید.
۹ــ برای هدایت بدون خطر بیل مکانیکی در معادن روباز باید چکار کرد؟
۱۰ــ مقررات ایمنی مربوط به کار بیل مکانیکی در معدن چه نکاتی را یادآوری می‌کند؟
۱۱ــ کامیون‌های معدنی باید به چه امکاناتی مجهز باشند؟
۱۲ــ برای کار کامیون‌های معدنی چه نکات ایمنی خاصی باید درنظر گرفته شود؟
۱۳ــ سیستم‌های حمل و نقل مداوم و تناوبی معدنی چه تفاوتی باهم دارند؟
۱۴ــ نوارهای نقاله در چه شرایطی بطور ایمن مورد استفاده قرار خواهند گرفت؟

فصل پنجم

استخراج معادن سنگ‌های تزئینی و نما

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلّیّاتی در مورد استخراج معادن سنگ‌های تزئینی و نما را بیان کند.

۲ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج سنگ‌های تزئینی و نما را، شرح دهد.

۳ــ آماده‌سازی کارگاه استخراج را بیان کند.

۴ــ روش استخراج چال موازی و پاس و گوه را توضیح دهد.

۵ــ روش استخراج با استفاده از مواد ناریه را شرح دهد.

۶ــ روش استخراج با سیم برش الماسه را تشریح کند.

۷ــ روش استخراج با استفاده از تیغهٔ برنده (هاواژ) را شرح دهد.

۸ــ روش استخراج با استفاده از دیسک برنده را بیان کند.

۹ــ روش استخراج با استفاده از فشار آب را شرح دهد.

۱۰ــ روش استخراج با استفاده از حرارت و شعله را شرح دهد.

۱۱ــ روش استخراج با استفاده از مواد شیمیایی مخصوص (کتراک) را بیان کند.

۱۲ــ روش‌های استخراج زیرزمینی سنگ‌های تزئینی و نما را شرح دهد.

۱۳ــ روش‌های استخراج ترکیبی را بیان کند.

۱۴ــ جُداکردن و جا به جایی بلوک‌های استخراج شده از کانسار را توضیح دهد.

کلّیّات

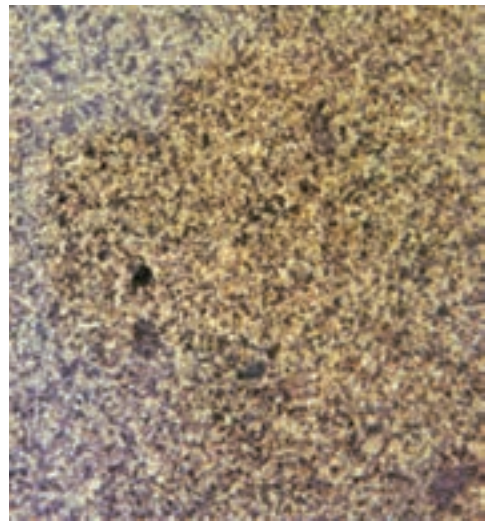
سالیان درازی است که انسان‌ها از سنگ‌ها برای ساختن مکان زندگی خود استفاده می‌کنند و آثار به جای مانده در بناهای تاریخی به خوبی گویای این مسئله است. با گذشت زمان، سنگ‌ها به‌شکل‌های مختلف درآمده و از بلوک‌های سنگی در ساخت ستون‌ها و بناهای قدیمی استفاده شده است.

شکل ۱ــ۵ــ تصویر یک کتیبه تاریخی ساخته شده با بلوک سنگی

امروزه، با پیش‌رفت علم و فناوری، استفاده از سنگ‌های تزئینی و نما، گستردگی بیشتری پیدا کرده است. بیشترین مصرف سنگ‌های تزئینی در پوشش سطح خارجی ساختمان‌ها است. موارد دیگر مصرف آن در پوشش سطح ستون‌ها، پوشش کف داخلی ساختمان‌ها، قرنیزها، پله‌ها، سالن‌ها و سایر فضاهای بسته است.

شکل ۲ــ۵ــ نمونه‌ای از کاربرد سنگ‌ها در دیوار ساختمان

سنگ‌های تزئینی انواع مختلفی دارد و می‌توانند از نوع آذرین مانند گرانیت، گابرو، دیوریت و...، رسوبی، مانند تراورتن، سنگ‌چینی، مرمریت، ماسه‌سنگ و... و دگرگونی مانند مرمر باشند.



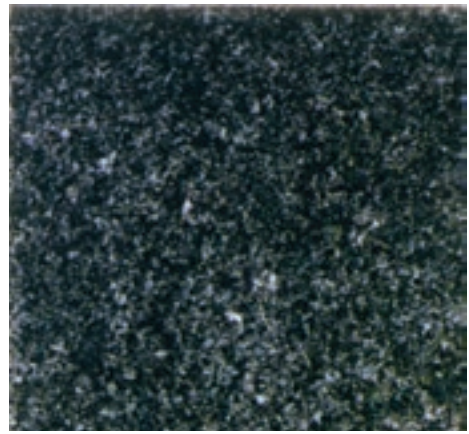
الف ــ سنگ‌نمای آذرین (گرانیت)

ب ــ سنگ‌نمای رسوبی (مرمریت)

ج ــ سنگ‌نمای دگرگونی (مرمر)

شکل ۳ــ۵ــ نمونه‌ای از انواع سنگهای ساختمانی به صورت پلاک

این سنگ‌ها از داخل معدن، با روش‌های متفاوت به شکل مکعب مستطیل استخراج شده ؛ به‌طوری که باید تحت کمترین فشار و صدمه قرار گیرند. بلوک‌های مکعبی سنگ‌ها را، در اصطلاح **کوپ** می‌گویند که معمولاً پس از استخراج در داخل معدن بار دیگر به قطعات کوچک‌تر تبدیل می‌شوند. سپس آن‌ها را به سنگ‌بری انتقال داده، به قطعات کوچک برش داده و صیقل و ساب می‌دهند که این قطعات کوچک سنگ را، **پلاک** می‌گویند.



شکل ۴ــ۵ــ تصویری از یک پلاک سنگ ساختمانی

تقسیم‌بندی روش‌های استخراج سنگ‌های تزئینی و نما

یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده در سوددهی معادن سنگ‌های ساختمانی، انتخاب روش مناسب استخراج است. هر چه قدر، روش انتخاب شده مناسب‌تر و مکانیزه‌تر صورت گیرد، بیشترین استفاده را می‌توان از کوپ‌های استخراج شده به عمل آورد و پلاک‌های تولیدی دارای کیفیت بهتری خواهند بود. برای استخراج سنگ‌های ساختمانی، روش‌های بسیار متفاوتی وجود دارد این معادن عمدتاً در سطح زمین قرار داشته و استخراج آن‌ها به شکل روباز است. اما در مواردی این معادن در عمق زمین هم قرار دارند که استخراج آن به صورت خاص و زیرزمینی انجام می‌گیرد. در ایران تقریباً فقط ذخایر سطحی سنگ‌های ساختمانی بهره‌برداری می‌شود. مهم‌ترین روش‌های استخراج سنگ‌های تزئینی و نما به شرح زیر است.

- روش چال موازی و پاس و گوه،
- روش استخراج با استفاده از مواد ناریه،
- روش استخراج با سیم‌برش الماسه،
- روش استخراج با استفاده از تیغه برنده،
- روش استخراج با استفاده از دیسک برنده،
- روش استخراج با استفاده از فشار آب[۱]،
- روش استخراج با استفاده از حرارت و شعله،
- روش استخراج با استفاده از مواد شیمیایی مخصوص (کت راک[۲])،
- روش‌های استخراج زیرزمینی سنگ‌های تزئینی و نما،

۱ــ Water jet.

۲ــ Katrock.

ـ روش‌های استخراج ترکیبی،

ـ روش‌هایی که ذکر شد را می‌توان به تنهایی و یا به صورت ترکیبی، برای استخراج سنگ‌های ساختمانی به کار برد. نکتهٔ ضروری این است که هر یک از این روش‌ها، دارای مزایا و معایبی بوده و شرایط خاص خود را طلب می‌کند که در هنگام طراحی استخراج معدن با درنظرگرفتن شرایط و امکانات موجود، باید روشی انتخاب گردد که بیشترین بازدهی اقتصادی و حداقل هدر رفتن ماده معدنی را دربرداشته باشد.

قبل از بررسی روش‌های استخراج سنگ‌های تزئینی، در مورد آماده‌سازی کارگاه استخراج توضیح داده می‌شود.

آماده‌سازی کارگاه استخراج

برای آماده‌سازی کارگاه استخراج، ابتدا باید باطله‌برداری از محل مناسبی آغاز شود. در صورتی که مواد باطله نرم باشد، می‌توان فقط از بولدوزر استفاده کرد، اگر لایه‌های پوشاننده سنگ‌ها سخت باشند، باید از طریق آتش‌کاری باطله برداری کرد. اصولاً، برای باطله‌برداری و بازکردن سینه‌کار استخراجی، از آتش‌کاری استفاده می‌شود. نحوهٔ آتش‌کاری باید طوری باشد که به مادهٔ معدنی آسیب کمتری وارد شود پس از باطله‌برداری محل قرارگیری ماشین‌آلات حفاری و برش، تعیین و آماده می‌شود. یکی از مهم‌ترین مسائل در استخراج سنگ‌های ساختمانی جهت پیش‌روی جبهه‌کار است. در صورتی که کانسار توده‌ای بدون درزه و شکاف و شکستگی باشد، جهت سینه‌کار به طرفی است که نیاز به‌راه‌سازی کمتری داشته باشد، ولی اگر کانسار، توده‌ای نبوده و دارای شکستگی و درزه باشد، بهترین جهت سینهٔ‌کار، عمود بر محور اصلی درزه و شکستگی‌هاست تا بتوان بهترین استفاده را از ماده، معدنی بُرد.

اصولاً، برای استخراج بلوک‌های سنگی، باید سه سطح آزاد اولیه ایجاد کرد که این عمل را نیز می‌توان با آتش‌کاری انجام داد. حالا به شرح روش‌های استخراج می‌پردازیم :

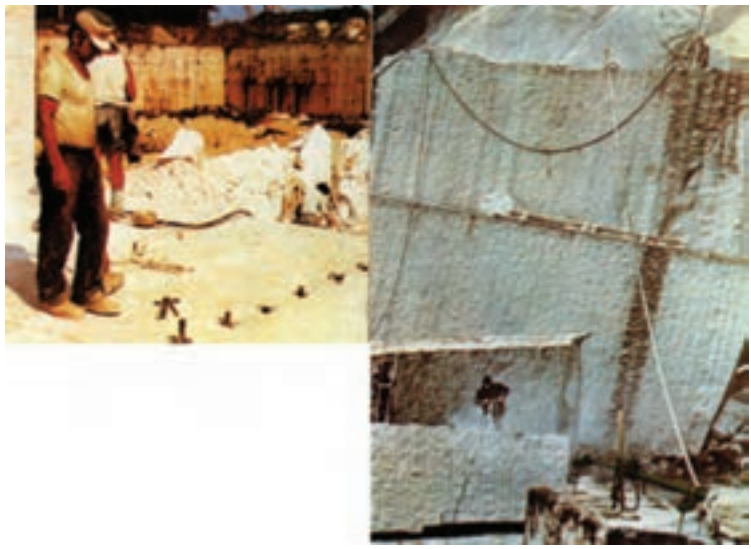
روش استخراج چال موازی و پاس و گوه

یکی از قدیمی‌ترین روش‌های استخراج سنگ‌های ساختمانی، استخراج با چال‌های موازی است. در معادنی که سنگ آن دارای لایه‌بندی و درزه‌های مشخص باشد، این روش مناسب است. در این روش پس از تعیین ابعاد بلوک سنگ، چال‌های موازی که کاملاً در یک خط قرارگرفته‌اند، به‌فاصله و تعداد معینی حفر می‌شوند. فاصلهٔ بین چال‌ها، به نوع سنگ، بافت، وزن مخصوص و

استحکام سنگ بستگی دارد. هرچه فاصلهٔ چال‌ها کمتر باشد، بلوک بهتر و سالم‌تر استخراج می‌شود ولی باید توجه داشت که با زیاد شدن تعداد چال‌ها، هزینه‌های حفاری نیز بالا می‌رود بنابراین، زمانی این روش مناسب خواهد بود که حفر چال‌ها از نقطه اقتصادی به‌صرفه باشد. برای حفر چال‌های افقی و عمودی می‌توان از پرفراتورهای دستی، واگن دریل یا دستگاه راسول استفاده کرد.

شکل ۵ــ۵ــ دستگاه راسول برای حفر چال

پس از حفر چال برای جداکردن بلوک از پاس و گوه استفاده می‌شود. برای این کار در هر یک از چال‌ها دو تیغهٔ فلزی (پاس) و یک گوه از جنس فلز سخت و محکم قرارداده و با پتک ضربه‌های متعددی به گوه‌ها وارد می‌کنند تا این که سنگ شکاف برداشته و جدا شود. نکتهٔ قابل توجه در این حالت، ترتیب زدن ضربه به گوه‌هاست. گوه‌ها باید به‌طور یک‌نواخت و یکسان در سنگ فرورونـد تا سنگ به شکل یک نواخت و همگن شکسته شود.



الف ــ استخراج به روش چال موازی

ب ــ انواع مختلف پاس و گوه

شکل ۶ــ۵

جدا کردن بلوک سنگ را با پاس و گوه هیدرولیکی (دستگاه داردا[1]) نیز می‌توان انجام داد.

شکل ۷ــ۵ــ دستگاه پاس و گوه هیدرولیکی (داردا) و نحوهٔ عملکرد با آن

در این روش استخراج سنگ به‌صورت انتخابی بوده و دارای افت ماده معدنی کمتری است ؛ اما راندمان تولید در این روش محدود است. از روش چال موازی و پاس و گوه، برای تقسیم بلوک‌های استخراج شده (که قبلاً با روش‌های دیگر استخراج شده‌اند) به قطعات کوچک‌تر نیز می‌توان استفاده کرد.

۱ــ Darda.

روش استخراج با استفاده از مواد ناریه

یکی دیگر از روش‌هایی که در زمان‌های گذشته نیز مرسوم بوده، استفاده از مواد منفجره است. راندمان تولید بالا، هزینهٔ بسیار پایین و امکان کاربرد آن در شرایط مختلف، از مشخصه‌های بارز این روش است. اما در عوض استفاده از مواد منفجره، بخش بسیاری از سنگ را خرد کرده و ابعاد سنگ نیز یک‌نواخت نخواهد بود. در این صورت، مقدار زیادی از سنگ به صورت باطله هدر رفته و علاوه بر آن در سنگ‌های بزرگ هم درزه‌های ریز ایجاد می‌شود که در هنگام برش در کارخانه سنگ‌بری موجب شکسته شدن آن می‌شود. به هر حال، ایجاد آتش‌کاری، باعث افت و خردشدگی ۳۰ تا ۶۰ درصدی ماده مصرفی می‌شود.

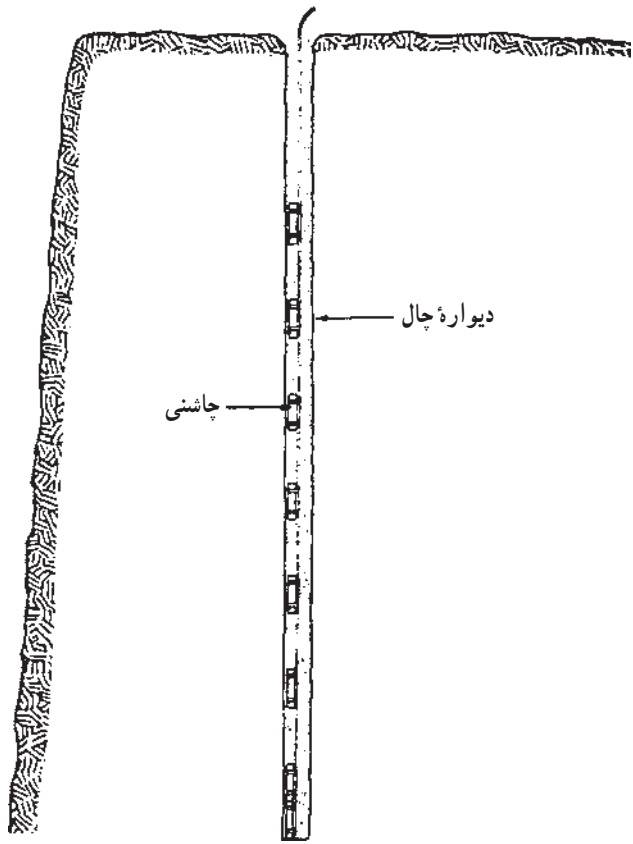
در این روش، ابتدا چال‌هایی با فاصلهٔ معین که کمتر از فواصل روش چال موازی است، (در حدود یک متر) حفر کرده و داخل آن را با مواد ناریه مناسب و به مقدار کافی خرج‌گذاری می‌کنند. مواد منفجره مورد استفاده معمولاً باروت، دینامیت، آنفو یا مواد نیتروگلیسیرینی (گوریت) است. مهم‌ترین مواردی را که برای انجام این روش باید در نظر گرفت، به شرح زیر است :

الف ــ اولین مسئله‌ای که قبل از هر چیز باید به آن توجه کرد، اطلاع کامل از وضعیت کانسار و مشخصات زمین‌شناسی آن است که این اطلاعات با انجام کارهای اکتشافی دقیق نظیر، گمانه‌زنی، حفر ترانشه، تهیهٔ نقشه های لازم، نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های مکانیک سنگ، انجام می‌شود. این اعمال باید در کلّیه روش‌ها و قبل از شروع به کار صورت گرفته باشد.

ب ــ دقت در حفر چال‌ها از نظر قرارگیری در یک خط، برابر بودن طول چال‌ها، فاصلهٔ مناسب چال‌ها از یکدیگر و از سطح آزاد و انتخاب مناسب قطر چال، با توجه به ساختار کانسار باید بررسی شود.

ج ــ شکل، نوع و مقدار خرج، یکی از پارامترهایی است که در شکستن صحیح سنگ نقش به‌سزایی دارد. خرج‌گذاری در چال، ممکن است در تمام طول چال به‌صورت یک‌نواخت صورت گیرد یا این که مواد منفجره به چند قسمت مساوی تقسیم شده و در فاصلهٔ یکسان از هم قرار گیرند.

باید بدانیم که قطر خرج داخل چال، از قطر چال کمتر است و فضای بین چال و ماده منفجره مواد پرکننده، مانند خاک رس، ماسه و... قرار گرفته و یا خالی گذاشته می‌شود تا از شدت انفجار کاسته شده و سنگ خرد شدهٔ کمتری ایجاد شود.

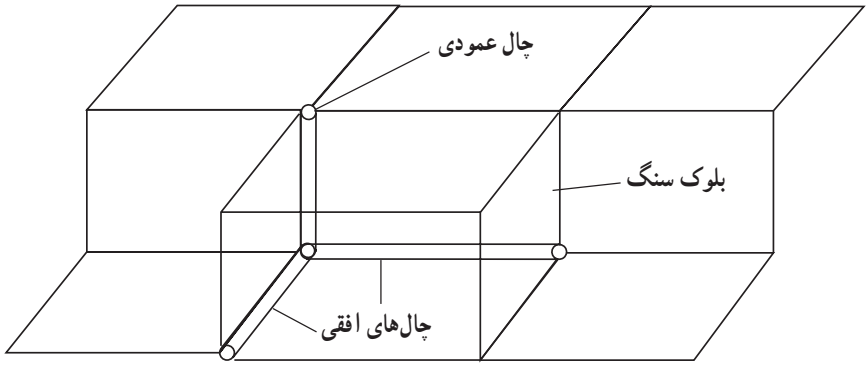


شکل ۸ــ۵ــ نحوهٔ خرج‌گذاری داخل چال

د ــ حفر چال‌های خالی، در بین چال های انفجاری کمک شایانی به بهتر شکسته شدن سنگ می‌کند. مشابه آنچه در آتش‌کاری زیرزمینی در تونل‌ها هم دیده شده است، استفاده از چال‌های خالی در گوشه‌ها و مقاطع دارای انحنا، کاربرد بیشتری دارد.

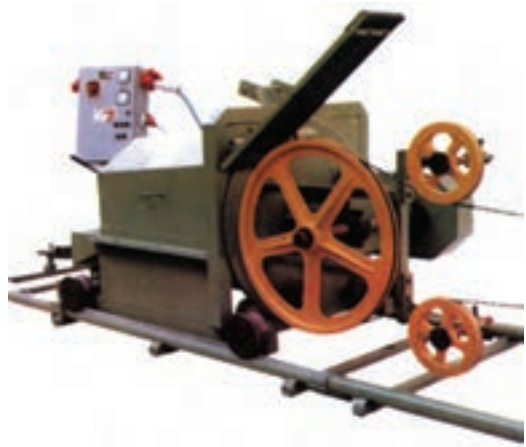
روش استخراج با سیم‌برش الماسه

رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین روش استخراج سنگ‌های ساختمانی، استخراج، با استفاده از سیم‌برش الماسه است. اصول کار در این روش، بر مبنای اصطکاک سیم الماسه با سنگ است. برای شروع کار، ابتدا سه‌چال عمود برهم (دو چال افقی و یک چال عمودی) در سه طرف سنگ‌زده می‌شود ؛ به طوری که این سه چال در یک نقطه، یکدیگر را قطع کنند. ترتیب حفر چال‌ها، به این صورت است که ابتدا، چال‌های افقی زده شده و سپس چال عمودی حفر می‌شود حفر چال‌ها که در زیر نمایش داده شده است، با واگن دریل یا دستگاه راسول انجام می‌گیرد.



شکل ۹ــ۵ــ حفرچال‌ها در یک بلوک سنگ

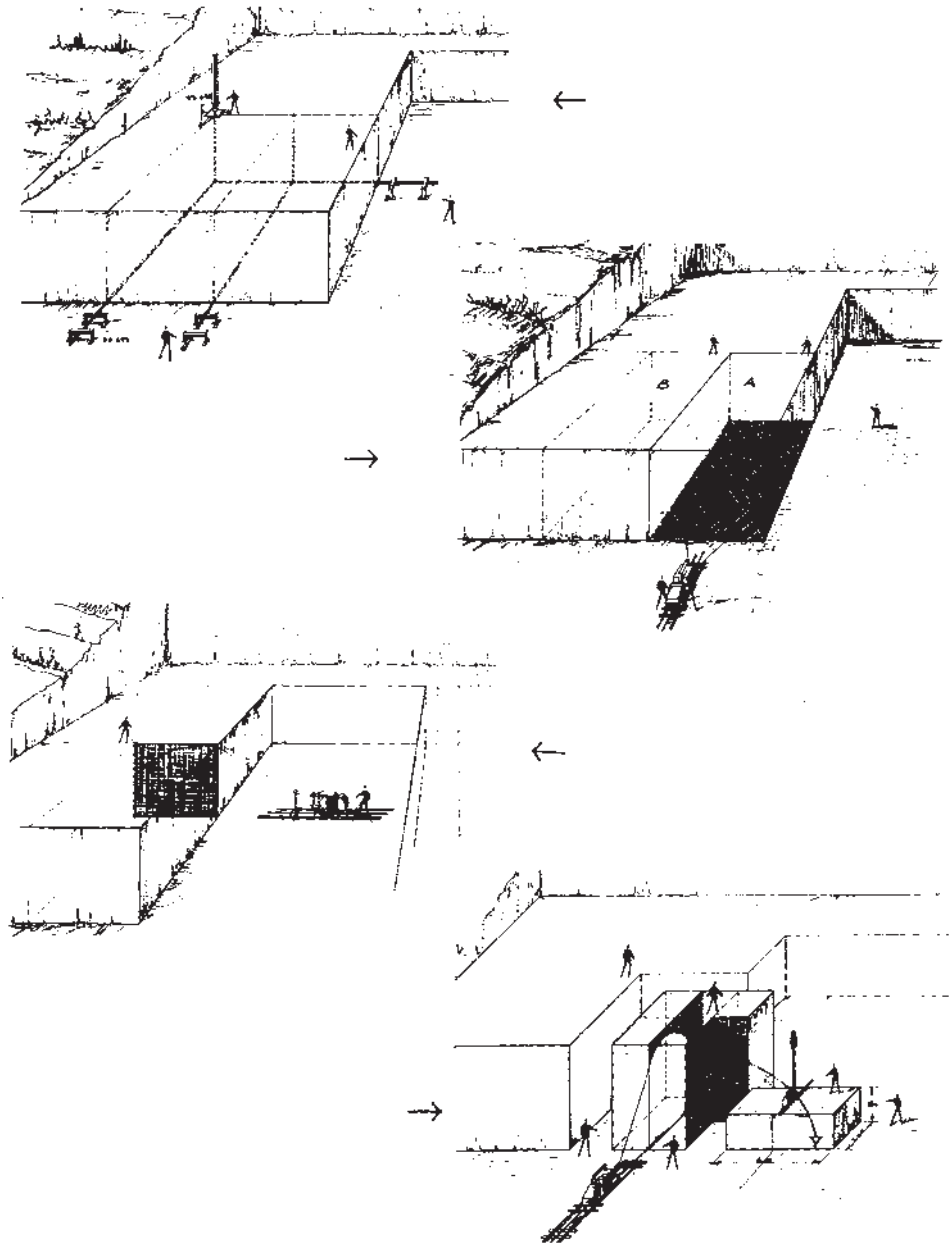
پس از حفر چال‌ها، سیم‌برش را از داخل آن‌ها عبور داده و با دستگاه عمل برش را انجام می‌دهند. دستگاه برش بر روی یک ریل قرار گرفته و نیروی کشش و حرکت سیم با یک تابلو کنترل می‌شود. نیروی محرکهٔ دستگاه سیم برش نیز با برق یا موتور دیزل تأمین می‌شود.



شکل ۱۰ــ۵ــ دستگاه سیم‌برش برقی

شکل ۱۱ــ۵ــ دستگاه سیم‌برش دیزلی

به‌علت اصطکاک فراوانی که در حین برش، بین سنگ و سیم وجود دارد، گرمای زیادی تولید و باعث می‌شود که سیم به‌آسانی سنگ را برش ندهد. به همین دلیل، باید سیم را همیشه خنک نگه داشت. برای این‌کار از آب استفاده می‌شود. برای تأمین آب مورد نیاز، یک مخزن و پمپ آب که در یک محل مناسب قرار گرفته‌اند، به‌کار می‌رود. ترتیب برش سطوح در این روش اهمیت زیادی دارد و معمولاً بدین شکل است که ابتدا، سطح زیرین بلوک و سپس سطح جانبی و پشتی برش داده می‌شود.



شکل ۱۲ــ۵ــ مراحل مختلف استخراج سنگ با سیم برش

مهم‌ترین وسیله‌ای که در این روش به کار می‌رود، سیم برش الماسه است. سیم برش، از یک سیم فولادی تشکیل شده که در فاصلهٔ معین آن، سگمنت‌های الماسه به‌کار رفته است. در میان این سگمنت‌ها، بوش و فنر فلزی قرار می‌گیرد. معمولاً در هر متر از سیم برش ۳۲ سگمنت نصب می‌شود.

الف ــ سگمنت‌های سیم برش

ج ــ سیم برش مونتاژشده

ب ــ متعلقات سیم برش

شکل ۱۳ــ۵ــ اجزای مختلف سیم برش

برای اتصال اجزای مختلف سیم برش، از دستگاه پرس مخصوص دستی و کارگاهی استفاده می‌کنند.

الف ــ پرس هیدرولیکی دستگاه سیم برش　　ب ــ ابزار برش و پرس دستی سیم برش

شکل ۱۴ــ۵

در هنگام کار برای حفظ ایمنی با سیم برش نکات بسیار مهمی را باید رعایت کرد. اولین نکته، استفاده از سپر محافظ بر روی دستگاه و استقرار کاربر در محل مناسب است تا در صورت پارگی سیم از خطر محفوظ باشد. نکتهٔ بعدی جهت گردش سیم است، به‌طوری که دانه‌های سگمنت، کاملاً در معرض آب قرار گیرند. همچنین ؛ برای آن‌که سطح‌های تحت برش صاف و یک‌دست بریده شوند، دستگاه برش و چال‌ها، باید در یک خط قرار گیرند، چال‌های ارتباطی انحراف نداشته باشند، دستگاه در حال برش، دچار تغییر ناگهانی کشش سیم نگردد و از حالت تراز خارج نشود.

مهم‌ترین عللی که باعث پاره‌شدن سیم برش می‌شوند، عبارت‌اند از :

۱ــ پوسیده‌شدن سیم، دراثر استفاده فراوان که در این‌صورت، باید سیم را پیوسته کنترل کرد.

۲ــ کشش بیش از حد سیم

۳ــ برخورد ناگهانی به سطوح سخت یا نرم

۴ــ وجود زدگی و خراشیدگی در سیم

۵ــ قرارگیری دستگاه با زاویه نامتناسب، نسبت به بلوک سنگ

۶ــ وجود خاک و سنگریزه در مسیر سیم

۷ــ انحراف مسیر سیم برش.

روش استخراج با استفاده از تیغهٔ برنده (هاواژ)

برای استخراج سنگ‌هایی که سختی بسیار بالایی ندارند، از ماشین‌هایی با تیغهٔ برنده می‌توان استفاده کرد. تیغهٔ برنده، شامل یک بازو است و زنجیری دور آن حرکت می‌کند. زنجیرها دارای سگمنت‌هایی از جنس کربورتنگستن هستند که برای برش سنگ آماده شده است. جهت حفر شیارهای متفاوت، می‌توان بازو را تعویض کرد. شکل کلی تیغهٔ برنده، تقریباً مشابه اره‌های برقی است که برای برش چوب به‌کار می‌روند. نیروی محرکهٔ دستگاه نیز از طریق برق یا موتور دیزل تأمین می‌شود.

شکل ۱۵ــ۵ــ تیغه برنده در حین استخراج سنگ

برای استخراج، ابعاد بلوک سنگ، با توجه به اندازهٔ تیغه تعیین می‌شود. با چرخش زنجیر به دور بازو و حرکت بازو در سنگ، شیار ایجاد می‌شود. این دستگاه نیز مانند دستگاه سیم برش، روی ریل حرکت کرده و در جهت مورد نیاز، به‌طور هیدرولیکی تغییر مکان می‌دهد. با این دستگاه، فقط عمل برش را به صورت افقی و عمودی می‌توان انجام داد و سطوح برش باید کاملاً تراز یا عمود باشند. در این روش هم، برای خنک‌کرن تیغهٔ برنده، از آب استفاده می‌کنند.

شکل ۱۶ــ۵ــ تیغه برنده در حالت برش قائم

مزایای استفاده از تیغهٔ برنده در مقایسه با سیم برش به شرح زیر است :

۱ــ سرعت برش بیشتر از سیم برش است.

۲ــ برش سطح پشتی، آسان‌تر و سریع‌تر از سیم برش صورت می‌گیرد.

۳ــ ایمنی بیشتری نسبت به سیم برش دارد.

۴ــ در این روش نیاز به حفر چال نداریم. در این صورت هزینه‌های حفاری کاهش یافته و از نظر اقتصادی با صرفه‌تر است.

روش استخراج با استفاده از دیسک برنده

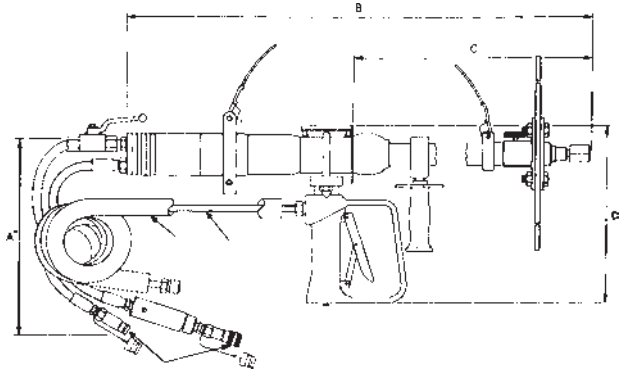
دیسک برنده، دارای ساختمان تقریباً ساده‌ای بوده و در معادنی که سنگ‌های آن سختی متوسط دارند، به‌کار می‌رود. این دستگاه، دارای یک دیسک است و در اطراف آن دندانه‌هایی از نوع کربورتنگستن وجود دارد که این دندانه‌ها قابل تعویض هستند. با تغییر آلیاژهای دندانه‌های دیسک، می‌توان سرعت برش را نیز بالا برد. نیروی محرکهٔ دستگاه از طریق برق یا موتور دیزل تأمین

می‌شود. ابعاد بلوک سنگ برای استخراج به‌اندازهٔ ابعاد دیسک برنده تعیین می‌شود. کنترل دستگاه، می‌تواند از روی خود آن با کاربر انجام شود. برای خنک‌کاری دیسک برنده، از آب استفاده می‌شود ؛ مزایای این دستگاه هم مشابه با تیغه برنده است.

شکل ۱۷ــ۵ــ دیسک برنده

روش استخراج با استفاده از فشار آب[1]

در این روش استخراج بلوک سنگ به کمک فشار آب انجام می‌گیرد. سنگ‌هایی را که تقریباً نرم هستند و وجود آب فراوان، تأثیری در ساختار آن‌ها ندارد به این روش می‌توان استخراج کرد. آب در دستگاه مخصوص و به کمک آبفشان‌هایی زیر فشار فراوان قرار گرفته و با سرشیلنگ‌های مخصوص و دورانی بر روی سنگ پاشیده می‌شود. فشار آب در دستگاه آبفشان، قابل تنظیم بوده و برای عملیات‌هایی نظیر شست‌وشو، تمیزکردن و برش ، فشار آب مورد نظر تنظیم می‌شود. هرچه فشار آب در دستگاه بیشتر شود، باید از لوله‌های غیرقابل انعطاف یا لولهٔ ثابت استفاده کرد.



الف ــ برش سنگ با دستگاه آبفشان

ب ــ بخشهای مختلف آبفشان

شکل ۱۸ــ۵

این روش در مقایسه با روش‌های دیگر بسیار گران است. تأمین آب مورد نیاز مصرفی، بازیابی مجدد آب، صرف انرژی بسیار زیاد، تهیهٔ دستگاه آبفشان و تجهیزات آن بسیار سخت بوده و باعث شده تا این روش چندان مورد توجه قرار نگیرد.

روش استخراج با استفاده از حرارت و شعله

این روش، بیشتر در سنگ‌های سخت و گرانیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، به‌کمک شعله و حرارت ناشی از آن، شیارهایی در سنگ ایجاد کرده و بلوک مورد نظر را استخراج می‌کنند. در واقع ؛ برای برش سنگ از خاصیت ذوب استفاده می‌شود. حرارت و شعله لازم با گازوئیل یا مواد سوختی دیگر و هوای فشرده به‌عنوان کمک سوخت تأمین شده و اکسیژن هم، به عنوان کمک سوخت اضافی، هنگام روشن‌کردن مشعل به‌کار برده می‌شود. شعله و حرارت لازم با ابزار و دستگاه مخصوص این کار، ایجاد شده و به‌کمک مشعل با فشار به سطح سنگ می‌رسد. حرارت تولیدشده با سرعت و فشار بالا و با

۱ــ Water jet

دمای بیش از $1200^{\circ}C$ با سنگ برخورد می‌کند. در اثر انبساط ناشی از حرارت پوسته‌ای از سنگ جدا شده و شیاری در سنگ ایجاد می‌کند. این روش هم مانند روش قبل، به علت بالابودن هزینهٔ سوخت و هوای فشرده و همین‌طور مصرف انرژی فراوان، چندان متداول نبوده و کمتر به‌کار می‌رود.

الف ــ استخراج سنگ به وسیلهٔ حرارت و شعله در یک معدن گرانیت

ب ــ دستگاه ویژه تولید شعله

شکل ۱۹ــ۵

روش استخراج با استفاده از مواد شیمیایی مخصوص (کتراک)[1]

امروزه، با پیش‌رفت علم و فن‌آوری، انواعی از مواد شیمیایی تهیه شده است که مانند پاس و گوه عمل می‌کند و باعث جداشدن بلوک سنگ، از کانسار می‌شوند. این مواد در صورت ترکیب با آب

۱ــ Katrock

چند برابر حجم اولیه، اضافه حجم پیدا کرده و شکافی در سنگ ایجاد می‌کنند. برای کار، مانند روش چال موازی، چال‌هایی با فاصله‌های معین، در سنگ حفر می‌شود و پس از آن مواد مخصوص که به‌صورت ملات تهیه شده‌اند، در داخل چال قرار می‌گیرند. پس از قراردادن مواد در داخل چال، دهانهٔ چال مسدود می‌شود و پس از چند ساعت، این مواد اضافه حجم پیدا می‌کند و باعث ایجاد شکاف در سنگ می‌شوند. این روش، دارای ضریب ایمنی بسیار بالایی، در مقایسه با روش‌های دیگر است. اما در عوض، قیمت این مواد شیمیایی بسیار گران بوده و اتلاف انرژی آن، در سنگ‌هایی که دارای درزه و شکاف است، زیاد می‌باشد. همچنین ؛ در این روش نمی‌توان کنترلی بر روی شکست سنگ داشت ؛ به همین علت در بسیاری ازموارد، سنگ به شکل نامنظم شکسته شده و بلوک مناسب، حاصل نمی‌شود.

روش‌های استخراج زیرزمینی سنگ‌های تزئینی و نما

درصورتی‌که کانسار سنگ ساختمانی در عمق زمین قرار گرفته باشد و استخراج روباز آن به‌صرفه نباشد، باید آن‌را با روش‌های زیرزمینی استخراج کرد به علت اینکه بلوک‌های سنگ، باید در قطعات درشت استخراج شوند، فضاهای زیرزمینی در این حالت، بزرگ‌تر از فضاهای زیرزمینی کانسارهای دیگر است و این فضاها معمولاً نیازی به نگه‌داری ندارند. نحوهٔ دسترسی به ماده معدنی و آماده‌سازی کارگاه، مشابه آنچه که در روش‌های استخراج سایر کانسارهای زیرزمینی گفته شد، صورت می‌گیرد. استخراج سنگ‌ها نیز می‌تواند به روش اتاق و پایه انجام شود. سنگ‌ها بیشتر با تیغهٔ برنده، دیسک برنده و یا آتش‌کاری کنترل شده برش داده می‌شوند و کمتر از روش‌های دیگر برای استخراج آن‌ها بهره می‌گیرند. پس از برش و استخراج بلوک‌های بزرگ، در همان فضای زیرزمینی بلوک‌ها، به قطعات کوچک‌تر بریده شده و به بیرون معدن انتقال می‌یابند. چون در ایران معدن زیرزمینی سنگ ساختمانی وجود ندارد، از ذکر توضیحات بیشتر، خودداری می‌کنیم.

روش‌های استخراج ترکیبی

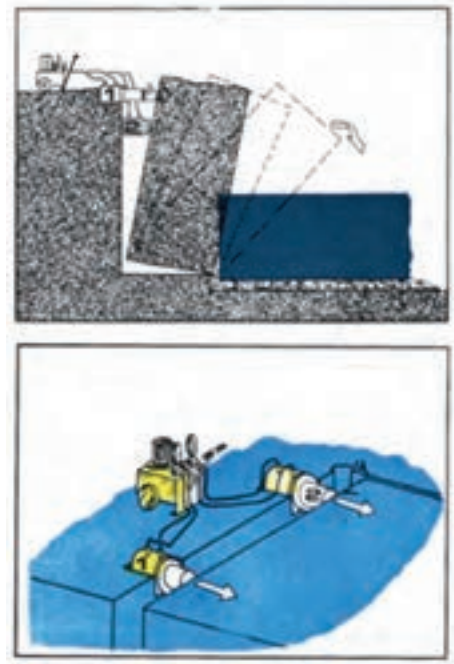
در بیشتر کارگاه‌های استخراج سنگ‌های تزئینی، به‌دلیل وجود مشکلات فنی و اقتصادی و غیره و همچنین، برای تسریع در امر استخراج، سعی می‌شود برحسب امکانات و شرایط موجود، از روش‌های ترکیبی استفاده شود. این عمل در بیشتر معادن ایران انجام می‌گیرد ؛ برای مثال ماشین‌های برش با تیغهٔ برنده را برای برش سطح پشتی می‌توان به‌کار برد و از سیم برش الماسه برای برش بخش‌های دیگر بهره گرفت. گاهی اوقات نیز، استخراج بلوک بزرگ از کانسار با سیم برش صورت گرفته و برای تقسیم بلوک به قطعات کوچک‌تر، از روش چال موازی استفاده می‌شود. بعضی مواقع

که امکان توسعهٔ شبکه برق به کارگاه نباشد و نتوان از ماشین آلات برقی استفاده کرد، تجهیزاتی که با هوای فشرده یا موتور دیزل راه‌اندازی می‌شوند، به‌کار می‌رود.

به هر حال، هر روشی که برای استخراج سنگ‌های ساختمانی استفاده می‌شود. باید به‌گونه‌ای باشد که در مقایسه با روش‌های دیگر، مستلزم صرف زمان و هزینه کمتری بوده و بهترین راندمان تولید را داشته باشد.

جداکردن و جابه‌جایی بلوک‌های استخراج‌شده از کانسار

روش‌های ذکرشده، در واقع، برای کندن بلوک‌های سنگی از کانسار به‌کار برده می‌شود و پس از برش و جداکردن بلوک‌ها از کانسار، باید آن‌ها را برای حمل و نقل یا برش دوباره، آماده کرد. برای این‌کار روش‌ها و ابزار مختلفی وجود دارد. عمده‌ترین این ابزار جک‌های هیدرولیکی و بالشتک‌های هوای فشرده و آب هستند. برای جداکردن بلوک‌ها، این ابزار را در پشت بلوک سنگ قرار داده و با نیروی هیدرولیکی یا هوای فشرده و یا آب به بلوک فشار می‌آورند. یادآوری می‌شود که وقتی بلوک‌های سنگ، جدا شده و به زمین می‌افتند، شکستگی در آن‌ها پدید می‌آید. برای جلوگیری از شکستگی سنگ محل افتادن بلوک را یک لایه شن و ماسهٔ ریزدانه یا خاک نرم می‌ریزند تا پس از افتادن، بلوک دچار شکستگی نشود.



شکل ۲۰ــ۵ــ نحوهٔ جداکردن بلوک‌های سنگ با جک‌های هیدرولیکی

شکل ۲۱ــ۵ــ نحوهٔ جداکردن بلوک‌های سنگ با بالشتک‌های هوای فشرده

معمولاً قطعه‌های کنده شده از کوه، برای حمل و نقل مناسب نبوده و باید بار دیگر به قطعات کوچک‌تر و مناسب‌تری برش داده شوند. برش دوبارهٔ سنگ‌ها، با روش چال موازی و یا ماشین‌آلات برش انجام می‌گیرد. برای حمل بلوک‌های سنگ به کارگاهی که در آن برش مجدد باید صورت گیرد، از بولدوزر می‌توان استفاده کرد. پس از برش هم برای بارگیری سنگ به داخل کامیون، یک سکو در معدن تعبیه می‌شود تا کامیون در آن قرار گرفته و بولدوزر بلوک را به داخل کامیون هُل دهد. اما در هنگام حرکت بولدوزر و حمل سنگ، ضربه‌هایی از طرف بولدوزر به بلوک وارد می‌شود که ممکن است باعث به‌وجودآمدن شکستگی در سنگ شود. به این علت، برای حمل سنگ به کارگاه برش مجدد می‌توان وینچ و قرقره به‌کار برد و برای بارگیری آن به داخل کامیون با نصب یک دستگاه جرثقیل در نزدیکی کارگاه برش می‌توان نیاز معدن را از وجود بولدوزر برطرف ساخت.

شکل ۲۲ــ۵ــ جرثقیل مخصوص حمل بلوک‌های سنگ استخراجی

خودآزمایی

۱ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج سنگ‌های تزیینی و نما چگونه است؟
۲ــ کارگاه استخراج معدن سنگ ساختمانی چگونه آماده‌سازی می‌شود؟
۳ــ انواع روش‌های استخراج به‌وسیلهٔ مواد ناریه چگونه است؟
۴ــ چه مواردی در استخراج سنگ ساختمانی با سیم برش باید رعایت شود؟
۵ــ تیغهٔ برنده (ماشین هاواژ) و دیسک برنده چه تفاوت‌هایی با هم دارند.
۶ــ استخراج توسط فشار آب و حرارت چگونه صورت می‌گیرد؟
۷ــ مواد مخصوص شیمیایی برای استخراج سنگ ساختمانی چگونه مورد مصرف قرار می‌گیرند؟
۸ــ آیا سنگ‌های ساختمانی موجود در اعماق زمین را هم می‌توان استخراج و بهره‌برداری نمود؟
۹ــ بلوک‌های سنگ‌های ساختمانی برش داده شده را چگونه از کانسار باید جدا کرد؟

فصل ششم

عملیات آماده‌سازی و احداث شبکه، در معادن زیرزمینی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلیاتی در مورد عملیات آماده‌سازی و احداث شبکه در معادن زیرزمینی بیان کند.

۲ــ نحوه تقسیم‌بندی منطقه معدن به چند بخش مجزا را شرح دهد.

۳ــ چگونگی تعیین مشخصات معدن را توضیح دهد.

۴ــ احداث شبکه و تقسیم‌بندی بخش‌های مختلف یک قطعه معدنی را تشریح کند.

۵ــ آماده‌سازی کارگاه استخراج را شرح دهد.

۶ــ نحوهٔ استخراج پیش رو و پس‌رو در کارگاه را تشریح کند.

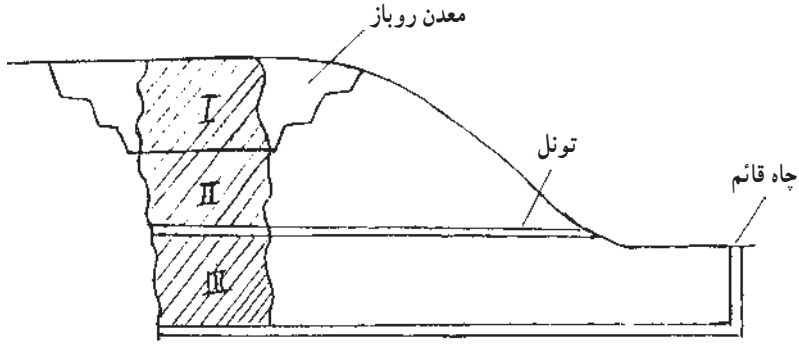
کلّیّات

وقتی در مراحل پایانی اکتشاف، مشخص شد که معدن به‌صورت زیرزمینی استخراج خواهد شد، باید برای شروع به بهره‌برداری تمهیداتی انجام داد. عملیات معدن‌کاری باید به ترتیب و در بخش‌های تعیین‌شده صورت گیرد. همان‌طورکه در معادن روباز دیدیم، استخراج طی یک نظم خاص از بالا به پایین انجام می‌شود و در معادن زیرزمینی نیز کل معدن را براساس شرایط مختلف به بخش‌های مجزا تقسیم کرده و به ترتیبی که در مرحلهٔ طراحی تعیین می‌شود استخراج می‌کنند.

شکل ۱ــ۶ــ حفاری در یک معدن زیرزمینی

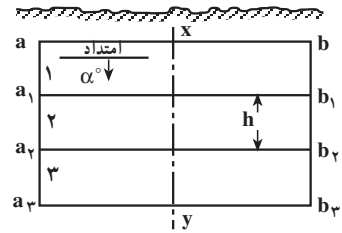
تقسیم بندی منطقهٔ معدن به چند بخش مجزا

چون بیشتر کانسارها در ابعاد مختلف، دارای شرایط کیفی، زمین‌شناسی و اندازه متفاوتی هستند، به همین علت معمولاً نمی‌توان کل یک معدن زیرزمینی را تنها به یک روش خاص بهره‌برداری نمود و باید آن‌را به بخش‌های معین تقسیم و هر بخش را با توجه به شرایطی که دارد، استخراج کرد.

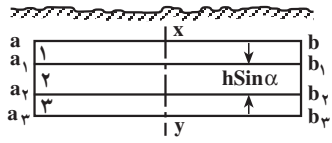


شکل ۲ــ۶ــ روش‌های مختلف استخراج برای یک کانسار

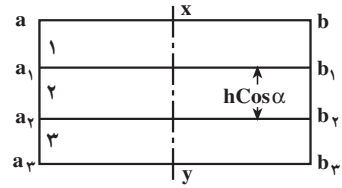
بنابراین ؛ اصولاً هر منطقه و محدودهٔ معدنی به چند قطعه (معدن) بزرگ تقسیم شده و هر قطعه به روش خاصی بهره‌برداری می‌شود. قطعه معدن[1] به همه یا قسمتی از یک کانسار اطلاق می‌شود که کار معدنی در آن انجام می‌گیرد. شکل یک قطعه معدنی، به مشخصات کانسار بستگی دارد. در کانسارهایی که شکل منظمی دارند، قطعهٔ معدن تقریباً به شکل مستطیل است که در طول خط امتدادی گسترش یافته است. در شکل زیر نمای یک لایه منحصربه‌فرد، از یک قطعه معدن نمایش داده شده است.



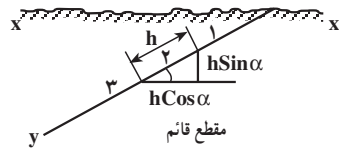
الف ــ تصویر روی صفحه لایه



ب ــ تصویر روی صفحه قائم امتدادی



ج ــ تصویر روی صفحه افق

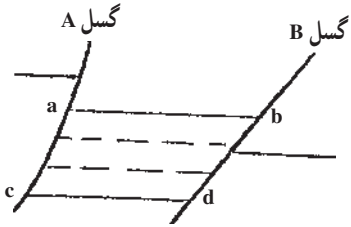


د ــ تصویر روی صفحه قائم عمود بر امتداد

شکل ۳ــ۶ــ تصویرهای مختلف صفحهٔ یک لایه منحصربه‌فرد

۱ــ Mine field

باید بدانیم اندازهٔ قطعه معدنی به‌گونه‌ای مشخص می‌شود که برای ۱۰ تا ۴۰ سال بتوان در آن عملیات استخراج را صورت داد. بیشتر اوقات عوامل طبیعی، مانند چین‌خوردگی و گسل، در طراحی اندازهٔ قطعه معدن تأثیر داشته و آن را دچار تغییرات می‌کند. در واقع، می‌توان گفت این عوامل به‌طور تقریبی اندازهٔ قطعه معدن را تعیین می‌کنند. به‌طورکلی، اندازهٔ قطعه معدنی با محاسبهٔ خاص خود، در طراحی مشخص می‌شود. مثلاً در شکل زیر قطعهٔ معدنی با گسل A و B محدود شده است.



شکل ۴ــ۶ــ محدود شدن قطعه معدن به‌وسیله دو گسل

تعیین مشخصات معدن

هنگامی‌که یک منطقهٔ معدنی به قطعات و معادن مجزا تقسیم بندی شد، برای طراحی استخراج و شروع عملیات بهره‌برداری، لازم است که مشخصات هر معدن مشخص شود. مهم‌ترین مشخصه‌هایی که برای هر معدن باید تعیین شود، به شرح زیر است :

۱ــ محدودهٔ معدن: همان‌طورکه گفته شد، در بسیاری از موارد، عوامل طبیعی و شرایط قرارگیری کانسار، محدودهٔ یک قطعهٔ معدنی را تعیین می‌کنند. هرچه‌قدر شرایط و موقعیت کانسار یک‌نواخت‌تر و تغییرات آن ملایم‌تر باشد، وسعت محدودهٔ معدن را می‌توان گسترده‌تر در نظر گرفت. همچنین ؛ محدودهٔ معدن طوری باید باشد که با درنظرگرفتن عوامل مختلف، هزینهٔ استخراج یک تن ماده در طول سال‌های بهره‌برداری به حداقل برسد.

وقتی بخشی از یک ذخیرهٔ معدنی دارای چین‌خوردگی باشد، شرایط کانسار در این ناحیه تغییر کرده و می‌توان آن‌را با روش دیگری استخراج کرد. بنابراین ؛ قطعهٔ معدن به این ناحیه محدود می‌گردد. یا اگر یک کانسار بسیار پرشیب باشد، عرض ناحیه بهره برداری را نمی‌توان خیلی وسیع در نظر گرفت.

از عوامل دیگری که در تعیین محدوده معدن تأثیرگذار است، مقدار ذخیره ماده معدنی در واحد سطح، شرایط اقتصادی و تقاضای خرید برای ماده معدنی، محدودیت سرمایه‌گذاری و محدودیت‌های قانونی را می‌توان نام برد.

۲ــ میزان استخراج سالیانه و تعیین عمر معدن: راندمان تولید یک معدن از روی میزان استخراج آن در یک سال مشخص می‌شود. استخراج سالیانهٔ هر معدن، در طراحی‌های قبل از استخراج تعیین شده و به آن **ظرفیت سالیانه** یا **ظرفیت تولید** هم گفته می‌شود. مشخص‌کردن ظرفیت یک معدن از طریق محاسبه‌های اقتصادی و با درنظرگرفتن عوامل مختلفی از قبیل ارزش فروش ماده معدنی، راندمان کارگران، به‌کارگیری ماشین‌آلات مختلف و ... امکان‌پذیر خواهد بود. یکی از مواردی که در تعیین ظرفیت معدن نقش اساسی دارد، هماهنگ‌بودن بخش‌های مختلف معدن از جمله پرسنل حفار، آتش‌کار، مسئولین نگه‌داری معدن و ... در هنگام اجرای عملیات بهره‌برداری است ؛ طوری‌که آماده‌سازی کارگاه‌های جدید، هم‌زمان با اتمام کارگاه‌های استخراج در حین کار صورت گیرد و همواره کارگاه جدیدی وجود داشته باشد تا جانشین کارگاه تخلیه شده بشود.

در صورت تعیین مقدار تولید روزانه در معدن و ضرب آن در تعداد کل روزهای قابل کار در سال می‌توان اندازهٔ تولید ماده معدنی در کل سال را به‌دست آورد. تعداد روزهای قابل کار سال در یک معدن به شرایط آب و هوایی، تعداد روزهای تعطیل در سال و عوامل دیگر بستگی دارد. میزان استخراج سالانه از سال شروع تا پایان بهره‌برداری، باید مطابق با طرح ثابت بماند اما عملاً چنین اتفاقی نخواهد افتاد و معمولاً در سال‌های انتهایی بهره‌برداری، به علت‌های مختلف کاهش تدریجی در تولید به‌وجود می‌آید (در صورت آماده‌بودن کارگاه‌های جدید می‌توان با استخراج هم‌زمان کارگاه‌ها، کمبود تولید را جبران کرد).

بنابراین، عمر واقعی یک معدن به علت افزایش یا کاهش تولید و اختلاف ذخیره واقعی، با ذخیرهٔ محاسبه‌شده و یا باقی‌ماندن بخشی از ذخیره در داخل زمین با عمر محاسبه شدهٔ آن تفاوت دارد. مدت زمانی که طول می‌کشد تا کل ذخیره یک معدن استخراج شود، **عمر معدن** نامیده می‌شود. اطلاع از عمر معدن برای تعیین وسایل نگه‌داری مناسب و ماشین‌آلات بارگیری و حمل و نقل در معدن مهم است. مابین ظرفیت، ذخیره و عمر معدن یک سری روابط ساده ریاضی برقرار است که عبارت‌اند از :

A : ظرفیت سالیانه معدن (تن)

Z : میزان ذخیره معدن (تن)

T : عمر معدن (سال)

$$A = \frac{Z}{T} \qquad T = \frac{Z}{A} \qquad Z = A \times T$$

مثال: درصورتی‌که میزان ذخیره یک معدن زغال ۲۰,۰۰۰,۰۰۰تن محاسبه شده و استخراج

روزانهٔ آن ۱۵۰۰ تن باشد، عمر معدن را حساب کنید. اگر مجموع افت‌های مادهٔ معدنی ٪۲۰ در نظر گرفته شود و تعداد روزهای کاری در کل سال ۲۹۰ روز باشد.

ماده معدنی قابل استخراج (تن) $Z = ۲۰,۰۰۰,۰۰۰ - (۲۰,۰۰۰,۰۰۰ \times ۲۰٪) = ۱۶,۰۰۰,۰۰۰$

میزان استخراج سالانه (تن) $A = ۱۵۰۰ \times ۲۹۰ = ۴۳۵۰۰۰$

عمر معدن (سال) $T = \frac{Z}{A} = \frac{۱۶,۰۰۰,۰۰۰}{۴۳۵۰۰۰} \simeq ۳۷$

براساس تجربه و آمار به‌دست‌آمده، عمر متوسط معادن زغال را براساس استخراج روزانه مانند جدول زیر می‌توان تخمین زد.

جدول ۱ــ۶

استخراج روزانه (برحسب تن)	عمر متوسط معدن (برحسب سال)
۱۰۰۰	۲۰
۱۵۰۰	۲۵
۲۰۰۰	۳۰
۳۰۰۰	۴۰
۴۰۰۰	۴۵
۵۰۰۰	۵۰ تا ۷۰

۳ــ تعیین محل حفریات دسترسی به کانسار: دربارهٔ محل حفر چاه یا تونل اصلی، در فصل بازکردن معادن توضیح داده شده است. به دلیل اهمیت موضوع، شرایطی که محل چاه یا تونل اصلی باید داشته باشد، به‌صورت خلاصه ذکر می‌کنیم. این شرایط عبارت‌اند از :

۱ــ چاه یا تونل در جایی حفر شود که برای احداث تأسیسات سطحی در نزدیک‌ترین محل به‌آن‌ها، فضای کافی وجود داشته باشد.

۲ــ چاه اصلی در محلی باشد که برای نگه‌داری و حفظ حریم آن حداقل ماده معدنی باقی گذارده شود.

۳ــ حفر چاه یا تونل نبایستی در قسمت‌های برفگیر یا محل عبور آب‌های سطحی باشد.

۴ــ چاه یا تونل اصلی به گونه‌ای ایجاد شوند که حداقل عملیات حفاری انجام شود.

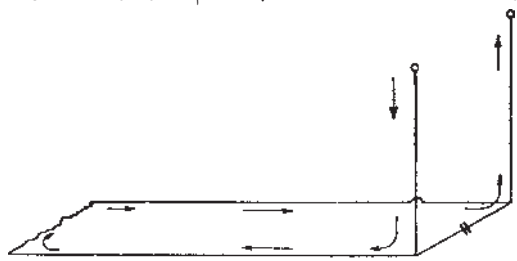
شکل ۵ــ۶ــ تونل اصلی ورودی یک معدن

شکل ۶ــ۶ــ دهانهٔ چاه اصلی در یک معدن

احداث شبکه و تقسیم‌بندی بخش‌های مختلف یک قطعهٔ معدنی

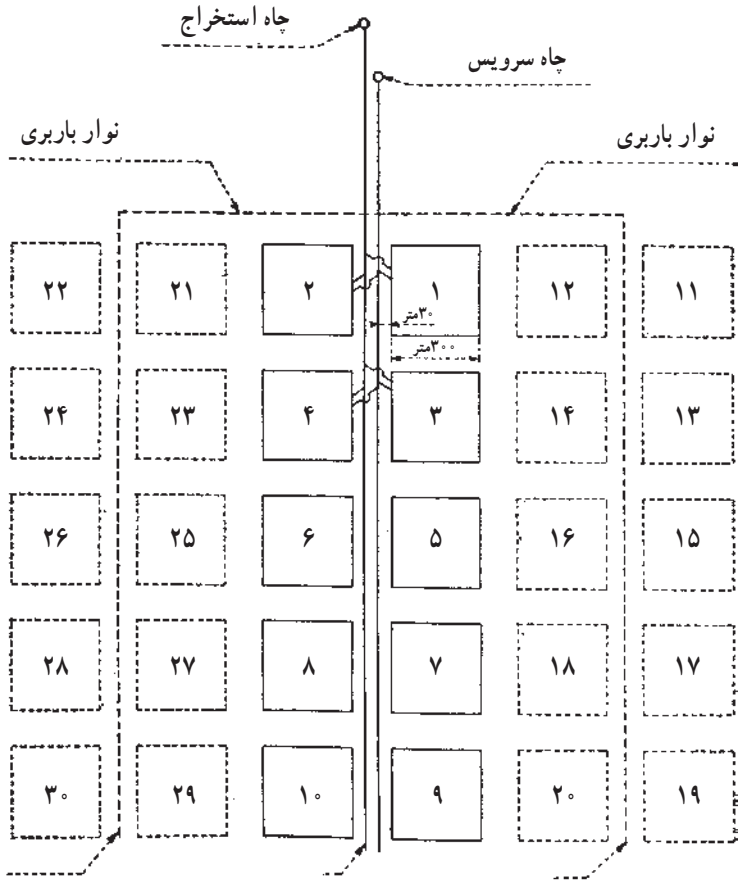
به‌طورکلی، منظور از احداث شبکه در معدن، تقسیم‌کردن کانسار به بخش‌هایی است که هر بخش به طور مجزا دارای راه‌های ورود و خروج هوا، پرسنل معدن، حمل و نقل مواد معدنی و ماشین‌آلات بوده و شکل آن باید متناسب با ابعاد کانسار و گسترش آن در جهت‌های مختلف باشد.

نحوهٔ احداث شبکه در کانسارهای مختلف با هم متفاوت است. مثلاً اگر کانسار دارای یک لایهٔ تقریباً افقی باشد، برای رسیدن به آن دو عدد چاه قائم حفر کرده و تونل‌های افقی در لایه احداث می‌کنند.



شکل ۷ــ۶ــ دسترسی به یک لایه منفرد

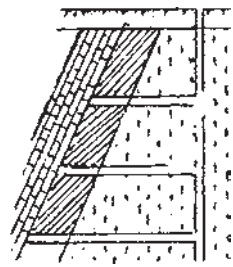
برای شبکه‌بندی معدن، تعدادی تونل افقی موازی با یکدیگر و در دو امتداد عمود بر هم احداث شده است ؛ به این ترتیب، شبکهٔ معدن ایجاد می‌شود. در شکل زیر یک نمونه از شبکه‌بندی لایه افقی و منحصربه‌فرد دیده می‌شود و قسمت‌های مختلف آن به ترتیب شماره‌گذاری شده استخراج می‌گردند.



شکل ۸ــ۶ــ نحوهٔ شبکه‌بندی در یک لایه منفرد

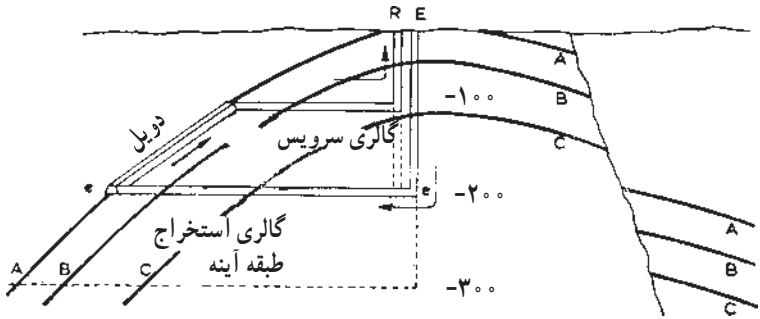
در کانسارهایی که دارای چند لایه تقریباً افقی هستند، در هر لایه یک شبکه مانندحالت قبل احداث شده و از بالا به پایین لایه‌ها استخراج می‌گردند. درصورتی‌که فاصله لایه ها از یکدیگر کم باشد، شبکه را فقط در پایین‌ترین لایه احداث کرده ؛ با حفریات قائم یا مایل، لایه‌های بالاتر را برداشت کرده و به شبکه پایین انتقال می‌دهند.

اگر کانسار شیب‌دار و گسترش عمقی داشته باشد، بایستی معدن را به طبقات افقی تقسیم کرده و هر طبقه را به‌طور مستقل شبکه‌بندی کرد. طبقهٔ معدنی به بخش‌هایی گفته می‌شود که بین دو سطح افقی یا تونل افقی قرار گرفته و فاصلهٔ بین این دو سطح را **ارتفاع طبقه** می‌گویند. همچنین ؛ فاصلهٔ بین دو طبقه در روی خط بزرگ‌ترین شیب را **ارتفاع مایل طبقه** می‌گویند.



شکل ۹ــ۶ــ احداث طبقات مختلف در معدن با حفر تونل‌های افقی

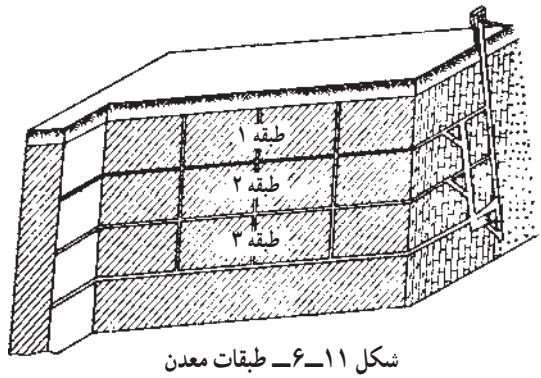
طرح شبکهٔ معدن در کانسارهای شیب‌دار، بخش‌های مختلفی دارد. همان‌طورکه در شکل ۱۰ــ۶ دیده می‌شود، در این حالت شبکه معدن دارای دو چاه ورود و خروج هوا است. دو تونل عمود بر لایه وجود دارد که یکی در کف طبقه و دیگری در بالای طبقه حفر می‌گردند و یک دویل که داخل لایه حفر شده و جریان هوا را برقرار می‌کند، برای استخراج، طبقات معدن را از بالا به پایین برداشت کرده و باید قبل از پایان استخراج طبقهٔ فوقانی، شبکهٔ طبقهٔ تحتانی تهیه شود. به همین منظور چاه‌های قائم را به اندازهٔ ارتفاع طبقه امتداد داده و تونل عمود بر لایه را در کف طبقه احداث می‌کنند. چاه‌های قائم را می‌توان از ابتدای عملیات تا عمق نهایی معدن امتداد داده و سپس طبقه را ایجاد کرد.



شکل ۱۰ــ۶ــ احداث طبقات در معدن

هر تونل امتداد لایه که در بالا و پایین طبقه قرار گرفته است، یک تراز اصلی نامیده می‌شود. حد معمول فاصله بین ترازها تقریباً بین ۱۵۰ــ۶۰ متر متغیر است. گاهی، نیاز به احداث یک تراز فرعی در بین ترازهای اصلی است که در این صورت تراز فرعی در وسط فاصلهٔ بین ترازهای اصلی واقع می‌شود. در فصل اوّل گفته شد، که تونل بالای طبقه برای عبور هوا و تونل پایینی برای حمل و نقل مواد و عبور و مرور افراد مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین ؛ تونل بالایی طبقه را تونل اصلی تهویه و تونل پایین را تونل اصلی باربری می‌گویند.

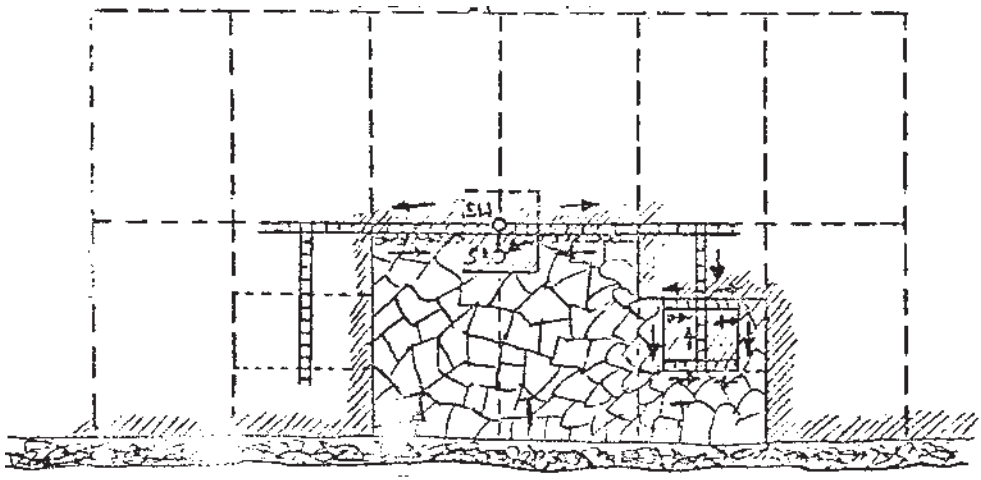
پس ازمشخص‌شدن طبقات و فواصل بین آن‌ها، هر طبقه به ترتیب از بالا به پایین آماده‌سازی و استخراج می‌شود.



شکل ۱۱ــ۶ــ طبقات معدن

در کانسارهای لایه‌ای کم‌شیب می‌توان قطعه معدن را به‌صورت پانلی شبکه‌بندی کرد. در این صورت معدن با یک تونل به دو بخش بالاشیب و پایین‌شیب تقسیم شده که هریک از آن‌ها از طریق پانل‌هایی استخراج می‌گردند. در واقع، پانل بخشی از معدن است که به تونل اصلی محدود شده و با یک دویل مستقل که به تونل اصلی مرتبط است، به بیرون معدن راه پیدا می‌کند. تونلی که معدن را به بالاشیب و پایین‌شیب تقسیم می‌کند، تونل اصلی باربری است.

پانل‌های بالاشیب از پایین به تونل اصلی، از بالا به حد فوقانی معدن و از اطراف به پانل‌های مجاور ختم می‌شوند و پانل‌های پایین‌شیب از بالا به تونل اصلی، از پایین به حد تحتانی معدن و از اطراف هم به پانل‌های مجاور ختم می‌شوند. هر پانل، به طور جداگانه دارای یک دویل دائمی است که بایستی آن‌را با وسایل نگه‌داری، حفظ کرد. مطابق شکل۱۲ــ۶ می‌توان پانل‌ها را از طرفین به‌طور یک درمیان استخراج کرد که در این صورت برای هر دو طرف احداث تونل اصلی ضروری است. بهتر است پانل‌ها را از یک طرف استخراج کرد. مهم‌ترین مشکل این روش، ایجاد حفریات مایل با طول فراوان است که باید حتماً نگه‌داری شوند.

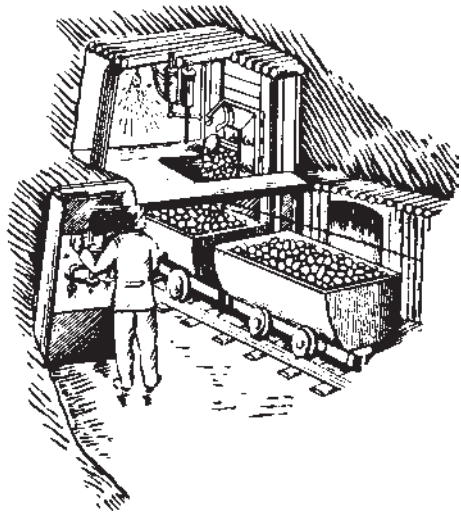


شکل ۱۲ــ۶ــ نحوهٔ شبکه‌بندی معدن به طریق پانلی

برای شروع کار استخراج، طبقات معدن، به قسمت‌های مجزا تقسیم‌بندی شده و هر قسمت به‌یک یا چند کارگاه تبدیل می‌شود. کارگاه استخراج، قسمتی از معدن است که مادهٔ معدنی از آن استخراج می‌شود و دیواره یا سطحی که از آن مواد معدنی شکسته و برداشت می‌شوند را **جبهه کار** یا **سینه کار استخراجی** می‌گویند. پیش‌روی در کارگاه‌های استخراج به دو شکل پیش‌رو و پس‌رو است. دربارهٔ استخراج پیش‌رو و پس‌رو در همین فصل توضیح خواهیم داد. ابعاد کارگاه‌ها نیز با درنظرگرفتن شرایط مختلف زمین‌شناسی و طراحی صورت گرفته شده، تعیین می‌گردد.

آماده‌سازی کارگاه استخراج

پس از آن‌که مشخصات کارگاه‌های استخراج در طبقات معدن تعیین شده بهره‌برداری مادهٔ معدنی آغاز می‌شود. نحوهٔ آماده‌سازی کارگاه‌های استخراج در معادن زیرزمینی با هم فرق دارد و در هر روش بهره‌برداری، کارگاه استخراجی به شکل ویژه‌ای آماده‌سازی می‌شود. کارگاه‌های معدن پس از برداشت ماده معدنی با وسایل مختلف نگه‌داری شده و سپس پُر یا تخریب می‌شوند. معمولاً در بخش‌های بالایی و پایینی کارگاه استخراج از ماده معدنی لنگه باقی گذاشته می‌شود. برای حمل و نقل مواد در کارگاه، از وسایل باربری که بتوان هم‌زمان با پیش‌روی کارگاه به‌آسانی آن‌ها را جابه‌جا کرد، مانند نوار نقاله، ناو ثابت یا زنجیری و در مقیاس بزرگ‌تر از لودر یا اسکریپر استفاده می‌شود. برای انتقال مواد به تونل باربری اصلی دویل‌های کوتاه یا شوت‌ها و بونکر به‌کار می‌رود. خروج مواد از داخل کارگاه به تونل باربری اصلی، با دریچه‌هایی کنترل می‌شود.



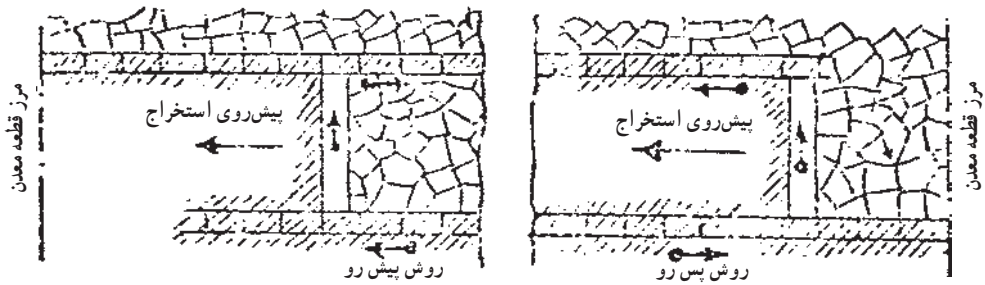
شکل ۱۳ــ۶ــ کنترل خروج مواد به واگن‌های معدن

انتقال مواد از تونل باربری اصلی به خارج از معدن، با واگن یا نوار نقاله صورت گرفته و در صورتی‌که معدن از طریق چاه قائم یا مایل به خارج راه داشته باشد، خروج مواد معدنی با اسکیپ، قفس، وینچ و واگن شیب‌دار و وسایل دیگر انجام می‌شود. در فصول بعدی، آماده‌سازی کارگاه‌های استخراج، هم‌زمان با شرح روش‌های زیرزمینی بررسی می‌شود.

شکل ۱۴ــ۶ــ لوکوموتیو معدنی در حال باربری و حمل واگن‌ها

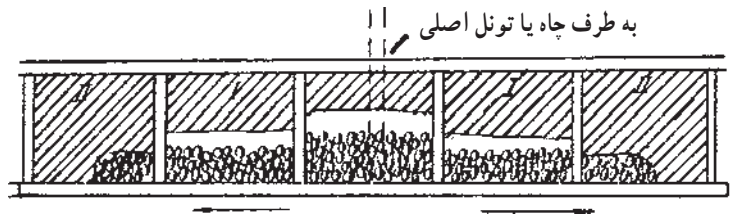
نحوهٔ استخراج پیش‌رو و پس‌رو در کارگاه

متداول‌ترین شیوه‌های بهره‌برداری در کارگاه‌های استخراج که در ایران هم از آن‌ها استفاده می‌شود، سیستم پیش‌رو و پس‌رو را می‌توان نام برد. این سیستم‌ها بر مبنای جهت پیش‌روی استخراج، تقسیم‌بندی شده‌اند. در سیستم پیش‌رو، تونل‌های باربری و تهویه، هم‌زمان با پیش‌روی جبهه کار استخراجی، پیش‌روی کرده و آماده‌سازی می‌شود ولی در سیستم پس‌رو، ابتدا تونل‌های باربری و تهویه تا انتهای کارگاه آماده‌سازی و احداث شده و سپس عمل استخراج از انتهای کارگاه آغاز می‌شود. در واقع، در روش پیش‌رو جهت پیش‌روی استخراج از چاه بازکننده، به مرزهای طرفین کارگاه است. و در روش پس‌رو، جهت پیش‌روی استخراج، از انتهای کارگاه به سمت چاه اصلی است.



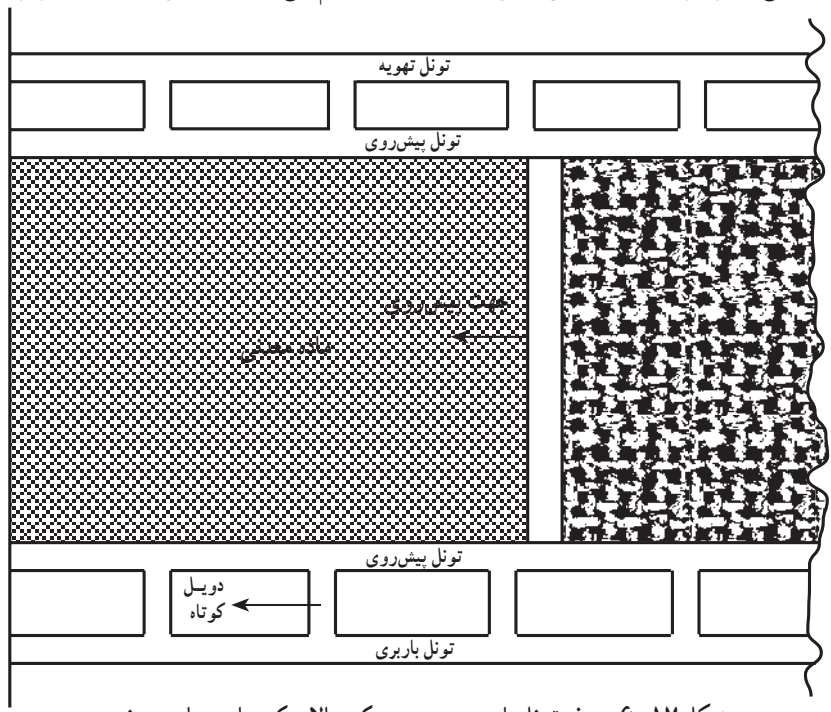
شکل ۱۵ــ۶ــ نمایش روش پیش‌رو و پس‌رو در کارگاه استخراج

همان‌طورکه گفته شد، در روش پیش‌رو، نیازی به آماده‌سازی تونل‌های باربری و تهویه، قبل از شروع عملیات استخراج نبوده و این تونل‌ها هم‌زمان با استخراج، پیش‌روی می‌کنند. در این‌صورت، زمانی برای آماده‌سازی راهروهای اصلی قبل از استخراج صرف نمی‌شود و ماده معدنی را می‌توان با صرف زمان کمتری برداشت کرد. در روش پیش‌رو برای حفظ تونل‌های اصلی باربری و تهویه، لازم است که ازمادهٔ معدنی لنگه باقی گذارده شود که به این ترتیب، با افت مادهٔ معدنی مواجه می‌شویم. همچنین، مدت زمان فراوان نگه‌داری تونل‌ها ممکن است، باعث بروز مشکلاتی شود.



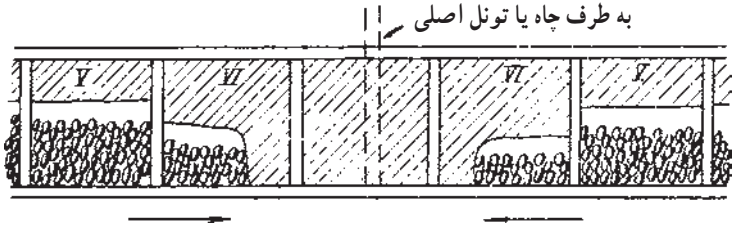
شکل ۱۶ــ۶ــ روش استخراج پیش‌رو

برای جلوگیری از افت مادهٔ معدنی و استخراج لنگه‌ها در سیستم پیش‌رو، می‌توان تونل‌های اصلی باربری و تهویه را در داخل کمر پایین و کمر بالای ماده معدنی و تونل‌های پیش‌روی را موازی با آن‌ها در ماده معدنی حفر کرد ؛ ارتباط بین تونل‌های موازی را هم می‌توان با دویل‌های کوتاه برقرارکرد.



شکل ۱۷ــ۶ــ حفر تونل‌های پیش‌روی در کمر بالا و کمر پایین ماده معدنی

روش پس‌رو نسبت به روش پیش‌رو مزیّت‌هایی دارد که عبارت‌اند از این‌که در سیستم پس‌رو شرایط کار راحت‌تر و نگه داری تونل‌ها آسان‌تر است. چون تونل‌های باربری و تهویه هم‌زمان با پیش‌روی جبهه کار تخریب می‌شوند، نیازی به باقی‌گذاردن لنگه از ماده معدنی نیست. بدین ترتیب، افت مادهٔ معدنی، بسیار کاهش می‌یابد. چون تونل‌های اصلی از ابتدا در سراسر کارگاه احداث می‌شوند، باربری با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد ؛ بدین ترتیب ؛ می‌توان کارگاه‌های فرعی نیز در داخل ماده معدنی احداث کرد.



شکل ۱۸ــ۶ــ روش استخراج پس‌رو

خودآزمایی

۱ــ قطعه معدن چیست و شکل و اندازه آن تابع چه عواملی است؟

۲ــ محدودهٔ معدن چگونه تعیین می‌شود؟

۳ــ ظرفیت تولید معدن تابع چه عواملی است؟

۴ــ اهمیت عمر معدن به چه خاطر است؟ رابطه آن را با میزان ذخیره معدن و ظرفیت سالانه (برحسب تن) بنویسید و مثالی در این زمینه ارائه کنید.

۵ــ شرایطی که محل چاه یا تونل اصلی برای حفر باید داشته باشد کدام‌هاست؟

۶ــ منظور از احداث شبکه در معدن چیست؟

۷ــ مراحل آماده‌سازی کارگاه استخراج را شرح دهید.

۸ــ نحوه استخراج پس‌رو و پیش‌رو چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

فصل هفتم

روش‌های استخراج کانسارهای فلزی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلیّاتی در مورد روش‌های استخراج کانسارهای فلزی بیان کند.

۲ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای فلزی را شرح دهد.

۳ــ روش‌های استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده، شامل پلکانی مستقیم و پلکانی معکوس، اتاق و پایه و احداث طبقه فرعی را تشریح کند.

۴ــ روش‌های استخراج، با پرکردن فضای استخراج شده شامل انباره‌ای، کندن و آکندن را توضیح دهد.

۵ــ روش‌های استخراج، با تخریب محل استخراج شده، تخریب در طبقه‌های فرعی، تخریب توده‌ای را تشریح کند.

۶ــ روش‌های استخراج مختلط را شرح دهد.

کلیّات

به‌طور کلی ؛ استخراج مواد معدنی فلزی در مقایسه با مواد معدنی غیرفلزی، تفاوت‌های عمده‌ای دارد. کانسارهای فلزی، برحسب شرایط مختلف، معمولاً به شکل غیرلایه‌ای (رگه‌ای یا توده‌ای) هستند.

این امر، در انتخاب روش استخراج اهمیت بسیاری دارد. مواد معدنی فلزی از نظر شیمیایی نیز به شکل مرکب بوده و نیاز به فرآوری دارند. وجود ناخالصی‌ها هم تأثیر مستقیمی بر انتخاب روش استخراج خواهد داشت. در این فصل، ابتدا تقسیم‌بندی کلی برای روش‌های استخراج و سپس نحوهٔ استخراج هر روش بیان شده است.

تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای فلزی

با توجه به این‌که کانسارهای معدنی دارای شکل‌ها و ویژگی‌های بسیار متنوع بوده و هریک از آن‌ها شرایط خاصی دارند، بنابراین ؛ استخراج هر کانسار با توجه به ویژگی‌های منحصر به فردی که دارد، به روش مخصوصی انجام می‌شود. بدین ترتیب، تقسیم‌بندی‌های مختلفی برای استخراج منابع معدنی فلزی وجود دارد که هر یک براساس یک مشخصه، طبقه‌بندی شده است.

از آن‌جایی که مسئلهٔ نگه‌داری در استخراج کانسارهای زیرزمینی از نظر حفظ ایمنی کار، رفت‌وآمد و به‌خصوص جلوگیری از ریزش سقف، در حین عملیات بهره‌برداری، بسیار مهم است. یکی از مناسب‌ترین طبقه بندی‌هایی که تاکنون به این منظور، صورت گرفته، برمبنای نوع نگه‌داری گذرگاه‌ها و کارگاه‌های زیرزمینی است. روش‌های استخراج کانسارهای فلزی را به گروه‌های زیر می‌توان تقسیم‌بندی کرد :

الف ــ روش‌های استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده

۱ــ روش پلکانی مستقیم و پلکانی معکوس
۲ــ اتاق و پایه[۱]
۳ــ روش احداث طبقه فرعی[۲]
ب ــ روش‌های استخراج با پرکردن فضای استخراج شده
۱ــ روش انباره‌ای[۳]
۲ــ روش کندن و آکندن[۴]
۳ــ روش استخراج با کاربرد وسایل نگه‌داری در فضای استخراج
۴ــ روش استخراج با کاربرد وسایل نگه‌داری و پرکردن فضای استخراج
ج ــ روش‌های استخراج با تخریب محل استخراج شده
۱ــ روش‌های استخراج با تخریب سنگ‌های فراگیر[۵] (برش‌های از بالا به پایین)[۶]
۲ــ روش‌های استخراج با تخریب سنگ معدنی و سنگ‌های فراگیر
۱ــ۲ــ روش تخریب در طبقات فرعی[۷]
۲ــ۲ــ روش تخریب توده‌ای[۸]
د ــ روش‌های مختلط و ترکیبی

حال به شرح هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم :

الف ــ روش‌های استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده: همان‌طور که از نام آن پیداست، در این روش‌ها هنگامی که، محل استخراج شده خالی می‌شود، به همان صورت باقی می‌ماند. بدین ترتیب، این روش‌ها زمانی به کار می‌روند که سنگ معدن و سنگ‌های فراگیر ماده معدنی، سخت و مقاوم بوده و نیازی به نگه‌داری نداشته باشند. روش‌های مختلف آن به شرح زیر است :

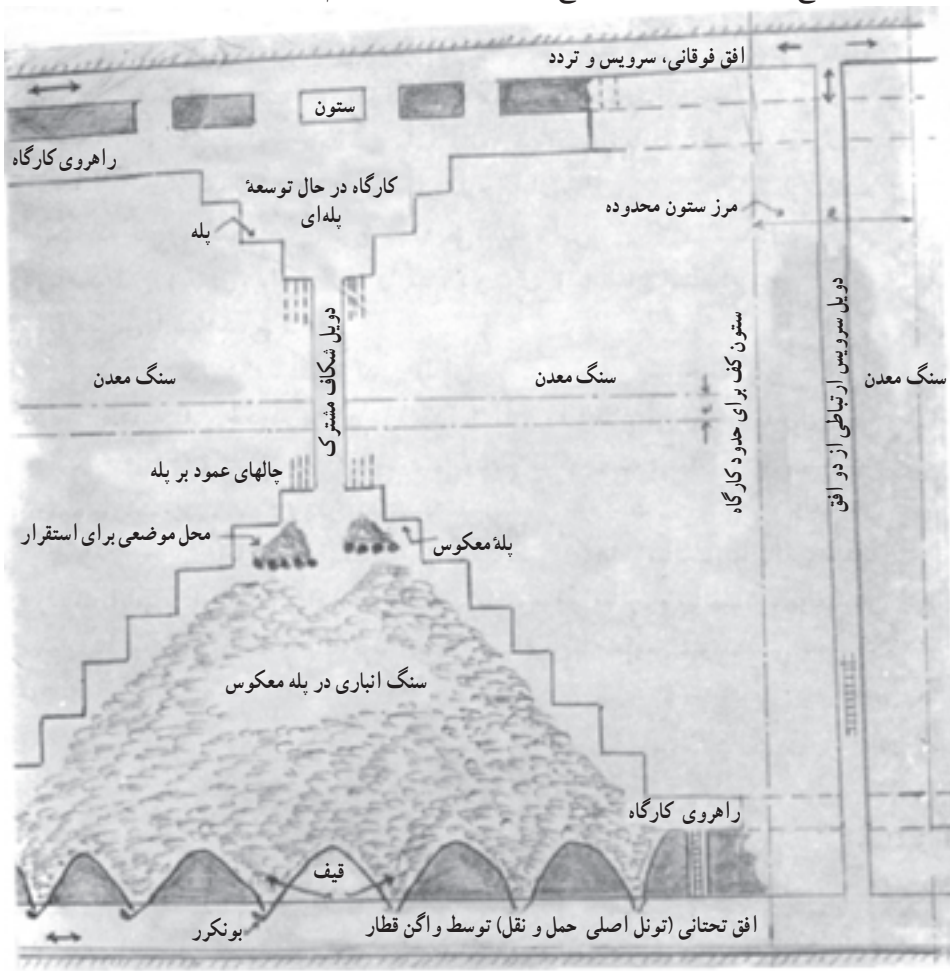
۱ــ روش پلکانی مستقیم و پلکانی معکوس

این روش برای استخراج کانسارهایی که دارای ذخیره محدودی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد و زمانی به‌کار برده می‌شود که ضخامت کانسار و شیب آن متوسط تا زیاد (بین ۳۰° تا ۹۰°) باشد. برای آماده‌سازی کارگاه دو دویل، به فاصلهٔ تقریباً ۴۰ تا ۶۰ متر در داخل ماده معدنی‌زده می‌شود. طبقهٔ کارگاه هم بین ۴۰ تا ۶۰ متر ارتفاع دارد. کارگاه‌ها در طول کانسار و پشت سرهم قرارمی‌گیرند. در حالت پلکانی مستقیم، کارگران روی مادهٔ معدنی ایستاده و چال‌های آتش‌کاری را به طرف

۱ــ Room & Pillar ۲ــ Sublevel Stoping ۳ــ Shrinkage
۴ــ Cut & Fill
۵ــ به سنگ‌هایی که اطراف ماده معدنی را دربرگرفته‌اند، سنگ‌های فراگیر می‌گویند.
۶ــ Top Slicing ۷ــ Sublevel Caving ۸ــ Block Caving

پایین و جلو حفر می‌کنند. پس از انفجار، مواد معدنی به پله‌های مجاور و در نهایت به دویل باربری انتقال داده می‌شوند. با توجه به شیب زیاد ماده معدنی، برای حمل مواد در دویل باربری، می‌توان از نیروی ثقل یا ناو ثابت استفاده کرد.

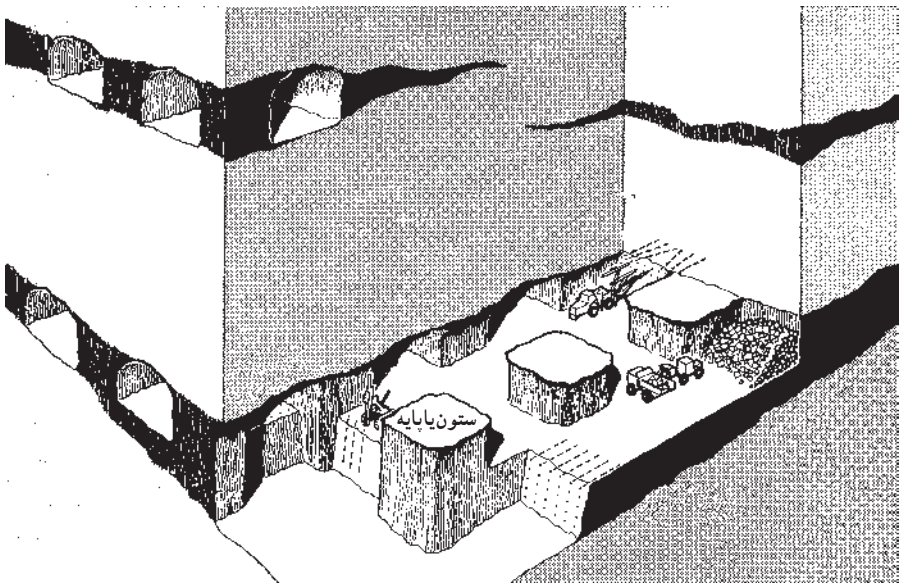
در حالت پلکانی معکوس (بالارو) با توجه به ضخامت کم ماده معدنی، در بین کمر بالا و کمر پایین، می‌توان داربست‌های چوبی قرارداد تا کارگران به راحتی چال‌زنی کنند. برای نگه‌داری تونل‌های تهویه و باربری، بایستی از ماده‌معدنی «لنگه» باقی گذارده شود (لنگه ضخامتی از ماده معدنی است که برای حفظ ساختمان‌های مختلف زیرزمینی از جمله تونل تهویه و باربری ، استخراج نشده و در محل باقی گذارده می‌شود.) روش پلکانی معکوس و پلکانی مستقیم را می‌توان به صورت ترکیبی در یک کارگاه انجام داد. به این صورت که بخش فوقانی طبقه به شکل پلکانی مستقیم و قسمت تحتانی کارگاه به شکل پلکانی معکوس استخراج شود. نمای کلی استخراج پلکانی معکوس و مستقیم در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱ــ۷ــ اجرای هم‌زمان روش پلکانی معکوس و پلکانی مستقیم

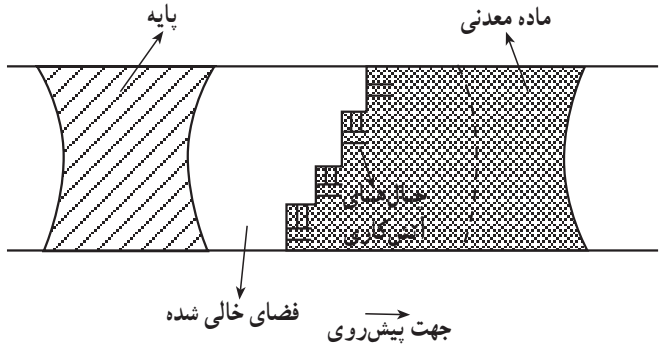
۲ــ روش *اتاق و پایه* (Room & Pillar)

در کانسارهای افقی تا کم شیب که ماده معدنی و سنگ کمر بالای آن تحمل فشار لازم را داشته باشند، از روش اتاق و پایه برای استخراج می‌توان استفاده کرد. در این روش فضای خالی استخراج شده، شبیه به یک اتاق بوده و پایه‌هایی ستون مانند در فاصله بین این اتاق‌ها باقی گذارده می‌شود. عرض اتاق‌ها در این روش، به اندازه‌ای است که مقاومت سقف اجازه دهد. پایه‌هایی که پس‌از استخراج باقی می‌مانند به صورت منظم یا غیرمنظم می‌توانند باشند. تونل‌های اصلی باربری در کمر پایین حفر شده و با دویل‌هایی به هم متصل می‌شوند. از طریق دویل‌ها به فاصله معین و به موازات کمر پایین، دویل‌های دیگری حفر شده و از این دویل‌ها استخراج به دو طرف، شروع می‌شود. در کانسارهایی که عیار یک‌نواخت دارند، شکل پایه‌ها و فاصلهٔ آن‌ها منظم بوده و در این حالت باید کمر بالا به طور سیستماتیک نگه‌داری شود. مناسب‌ترین وسیلهٔ نگه‌داری در این روش، پیچ سنگ است. علت استفاده از پیچ‌سنگ، عدم اشغال فضای زیاد، برای حرکت ماشین‌آلات است.



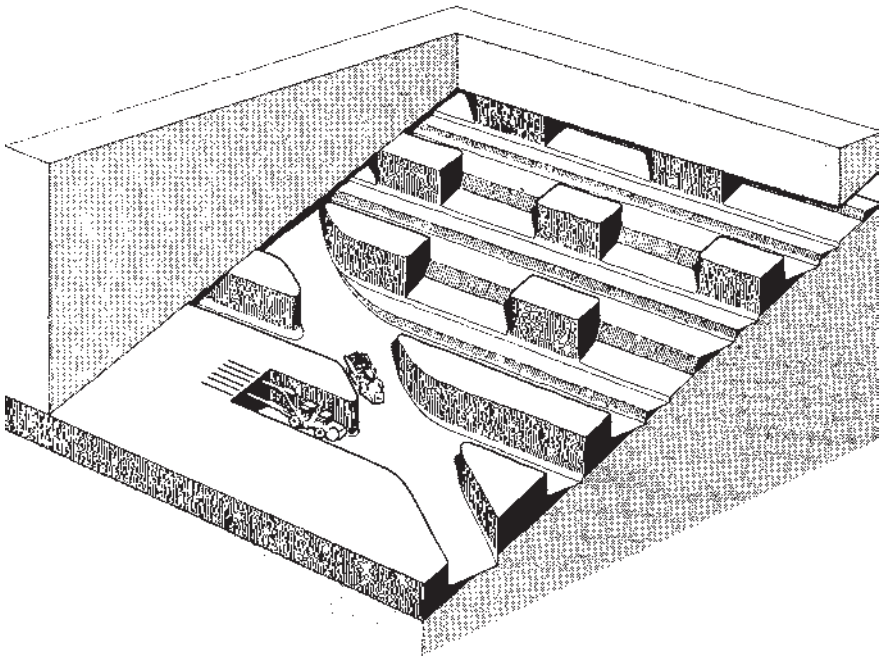
شکل ۲ــ۷ــ روش استخراج اتاق و پایه

ولی در کانسارهایی که عیار متغیر دارند و شیب آن ها نیز کم است. شکل پایه‌ها و فاصلهٔ بین آن‌ها نامنظم است. در این‌گونه موارد بخش‌هایی که عیار کمتری دارند، به شکل پایه باقی می‌مانند. اگر ضخامت مادهٔ معدنی کم باشد، هر بخش را می‌توان یک‌باره از سقف تا کف استخراج کرد ولی اگر ضخامت کانسار زیاد باشد، بهتر است که هر بخش را به شکل پلکانی استخراج کرد.



شکل ۳ــ۷ــ استخراج پلکانی لایه‌های ضخیم

معمولاً پایه‌های باقی‌مانده از ماده معدنی به شکل استوانه یا مکعب کامل نبوده و حالت قرقره‌ای دارند. لازم به ذکر است که عمدتاً پایه‌های باقی مانده را پس از استخراج اتاق‌ها و در صورت مناسب بودن عیار، استخراج می‌کنند. برای استخراج کانسارهایی که افقی بوده یا شیب خیلی کمی دارند، از ماشین L.H.D[1] به علت تحرک زیاد می‌توان استفاده کرد. در مواردی که مادهٔ معدنی کمی شیب‌دار است از اسکریپر (Scraper) می‌توان برای استخراج استفاده کرد.

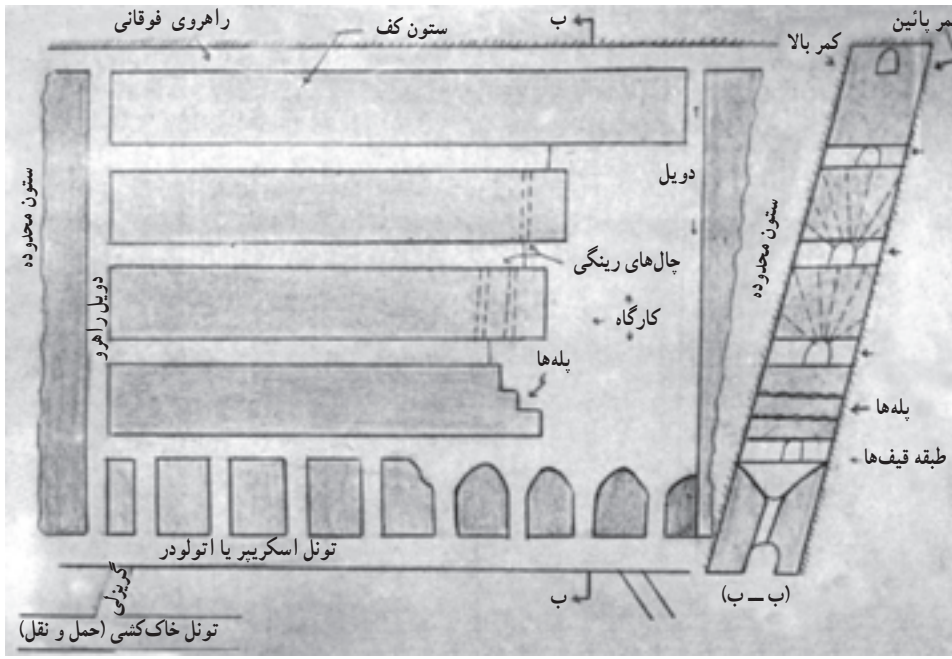


شکل ۴ــ۷ــ نوع دیگری از روش اتاق و پایه

۱ــ L.H.D کامیون‌های کم ارتفاع مخصوص معادن زیرزمینی می‌باشند.

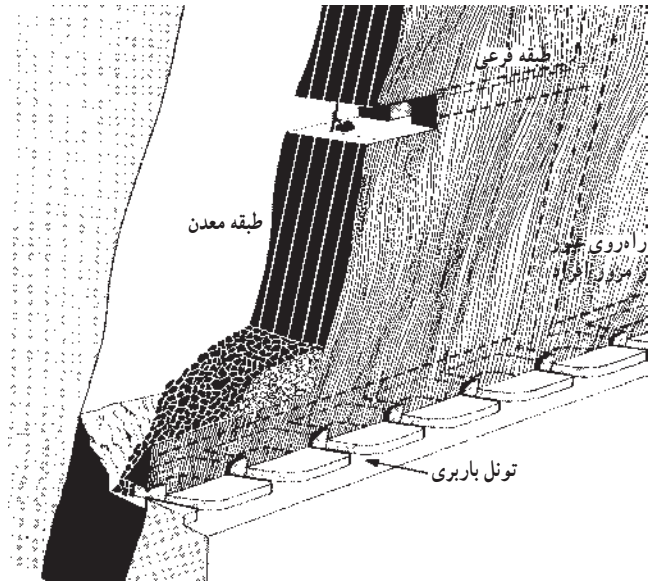
۳ــ روش احداث طبقه‌فرعی (Sublevel Stoping)

یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای استخراج رگه‌های پرشیب و ضخیم (و در بعضی حالات رگه‌های کم شیب)، روش احداث طبقه فرعی است. این روش از نظر شکل آماده‌سازی و استخراج، بسیار متنوع است. شکل کلی اجرای آن بدین ترتیب است که در فاصلهٔ بین راهروهای تهویه و باربری، با حفر تونل‌هایی به موازات این تونل‌ها طبقات فرعی احداث می‌شود. ارتفاع طبقه کار در حدود ۶۰ متر بوده و طول کارگاه هم بین ۶۰ تا ۱۰۰ متر است که با احداث دویل‌هایی در دو طرف و یا وسط کارگاه، آماده سازی می‌شود. اولین تونل فرعی بالای راهروی باربری به فاصلهٔ ۴ تا ۵ متر از آن قرار دارد و به اندازهٔ ضخامت ماده معدنی عریض می‌شود. بین این دو تونل، دویل‌هایی به فاصله معین حفاری شده و بالای این دویل‌ها را به شکل قیف درمی‌آورند. این قیف‌ها برای خارج ساختن ماده معدنی احداث می‌شوند.

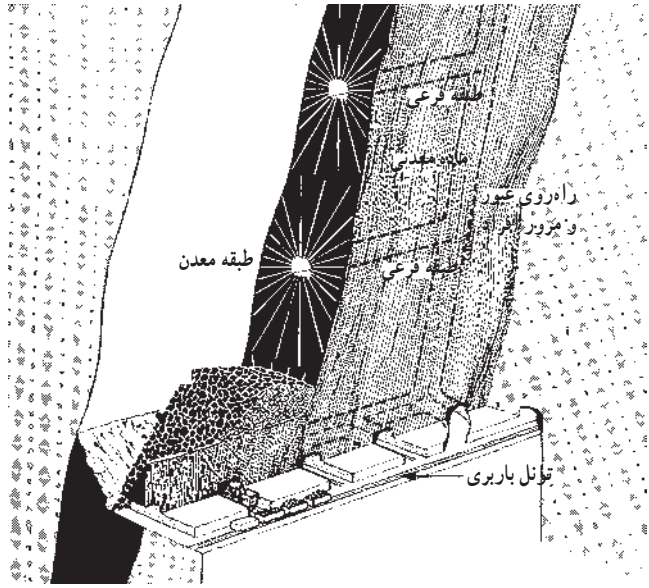


شکل ۵ــ۷ــ نمای کلی روش احداث طبقه فرعی

در پایین این دویل‌های قیف شکل دریچه‌هایی برای کنترل خروج ماده‌معدنی به تونل باربری تعبیه می‌شود. استخراج با چال‌زنی و آتش‌باری در طبقات فرعی شروع می‌شود. مواد معدنی خرد شده به داخل قیف‌ها ریخته شده و از طریق دریچه‌ها، به واگن‌ها انتقال می‌یابند. برای سهولت در امر استخراج، پیش‌روی طبقات پایین‌تر، کمی جلوتر از طبقات بالایی انجام می‌شود.



(الف)



(ب)

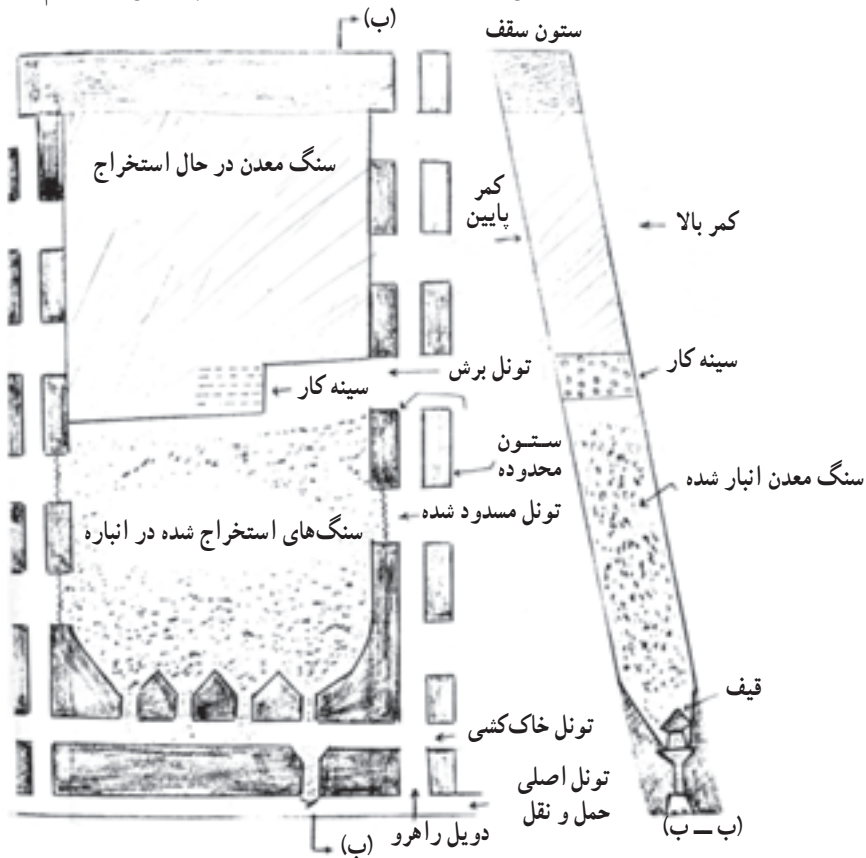
شکل ۶ــ۷ــ روش احداث طبقات فرعی

ب ــ روش‌های استخراج با پرکردن فضای استخراج شده: این روش زمانی به کار گرفته می‌شود که کانسار یا سنگ‌های دربرگیرنده آن مقاومت و تحمل فشار لازم را نداشته باشند و در صورت خالی شدن فضای استخراج شده، دیواره‌ها و سقف محل استخراج ریزش خواهند کرد. به همین دلیل، پس از استخراج مادهٔ معدنی فضای خالی شده، باید به نوعی پر شود. پرکردن فضای خالی می‌تواند با خود ماده‌معدنی، مواد باطله و یا با وسایل نگه‌داری صورت پذیرد که در زیر به شرح هر یک از آن‌ها می‌پردازیم :

۱ــ روش انباره‌ای (پر کردن موقت) (Shrinkage)

روش استخراج انباره‌ای برای کانسارهای پرشیب که سنگ کمر بالا و کمر پایین کانسنگ دارای پایداری متوسط تا بالا است، مناسب می‌باشد و در آن برای پرکردن کارگاه از خود مادهٔ معدنی استفاده شده و استخراج روبه بالا انجام می‌گیرد. ارتفاع طبقه در این روش بین ۶۰ تا ۱۰۰ متر بوده و فاصلهٔ بین دویل‌ها (طول کارگاه) در حدود ۴۰ تا ۱۰۰ متر و گاهی بیشتر است.

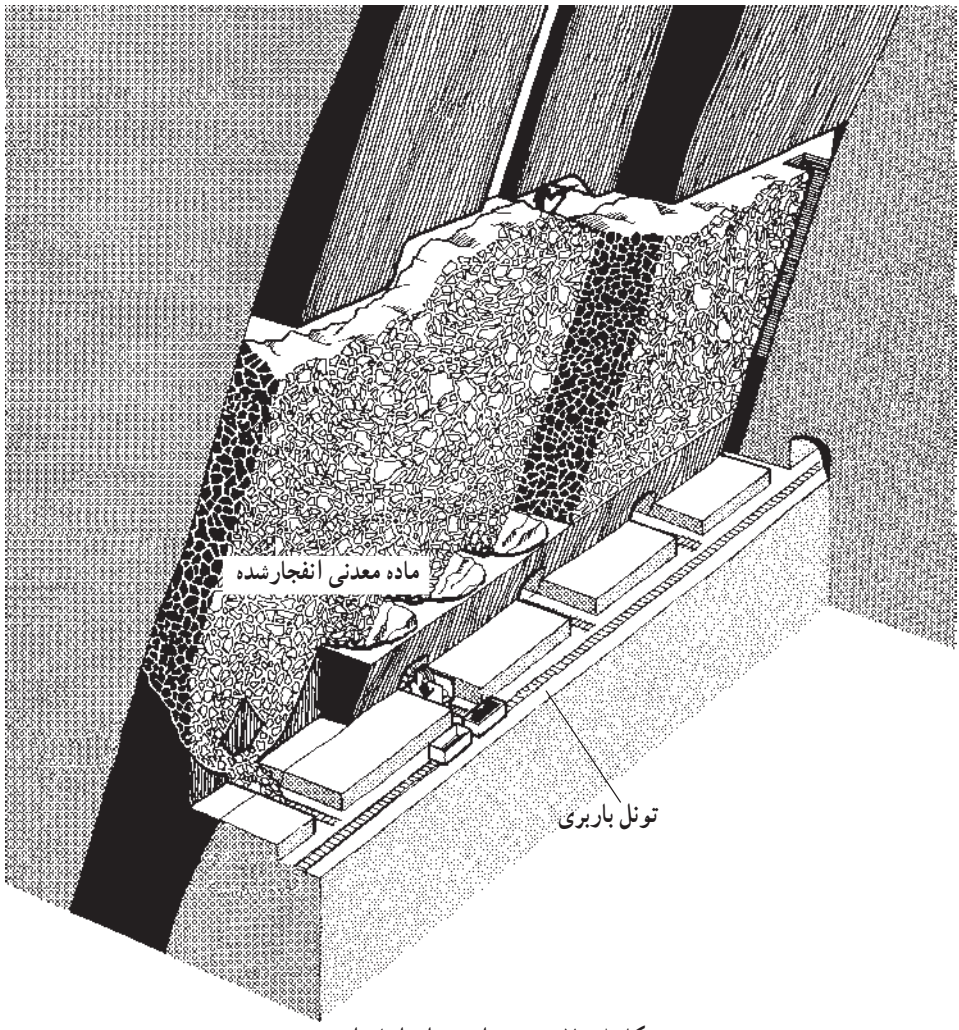
نحوهٔ کار به این صورت است که در ابتدا از ۵ الی ۶ متر بالاتر از تونل باربری یک تونل دیگر احداث شده و در فاصلهٔ بین تونل باربری و این تونل، دویل‌هایی حفر می‌شود که می‌توان سر آن‌ها را به شکل قیف درآورد. در پایین این دویل‌ها دریچه‌هایی برای کنترل خروج ماده معدنی نصب می‌شود. برای استخراج از یک یا دو طرف کارگاه، شروع به چال‌زدن کرده و به جلو پیش روی می‌کنند. با توجه به اضافه حجمی که ماده معدنی پس از آتش‌کاری پیدا می‌کند، می‌توان از آن برای پرکردن فضای استخراج شده در زیر جبهه کار و به صورت موقت استفاده کرد. فاصلهٔ بین سقف کارگاه تا سنگ خرد شده را با بیرون کشیدن مادهٔ معدنی از دریچه‌ها کنترل می‌کنند. این فاصله باید به نحوی کنترل شود که کارگر بتواند به آسانی روی کانسنگ ایستاده و عمل چال‌زنی را انجام دهد.



شکل ۷ــ۷ــ روش استخراج انباره‌ای

سنگ انبار شده نه تنها از ریزش دیواره‌ها جلوگیری می‌کند، بلکه سکویی است که امکان کار برای کارگران را به‌وجود می‌آورد. عملیات استخراج به ترتیبی که گفته شد روبه بالا ادامه یافته تا به انتهای کارگاه برسد.

پس از پایان استخراج، مادهٔ معدنی کنده و انبار شده را از داخل کارگاه و از طریق دریچه‌ها بیرون می‌کشند. قابل ذکر است که برای تهویه، باید دویل‌ها را با چوب بندی یا از طریق باقی‌گذاشتن لنگه در کناره‌ها حفظ کرد. این روش استخراج برای سنگ‌های سولفیدی و موادی که خاصیت خودسوزی دارند و تراکم‌پذیر باشند، کاربردی ندارد.

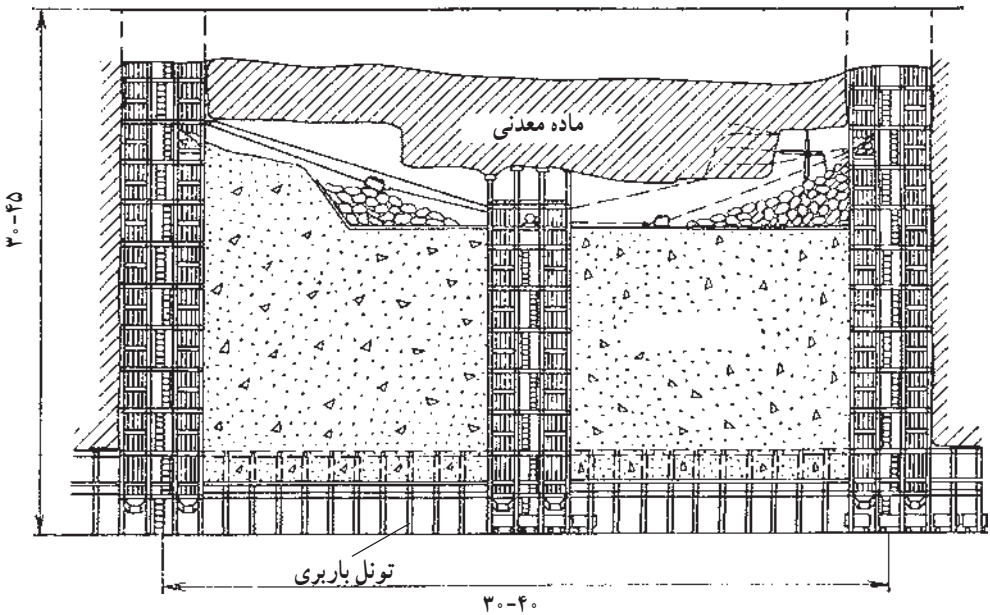


شکل ۸ــ۷ــ روش استخراج انباره‌ای

۲ــ روش کندن و آکندن (Cut & Fill)

استخراج به روش کندن و آکندن در رگه‌های پرشیب و ضخامت کم و در شرایط خاصی در استخراج رگه‌های ضخیم استفاده می‌شود. در این روش برای پرکردن محل استخراج شده، سنگ‌ها و خاک‌های باطله به کار می‌رود. مواد پرکننده را می‌توان از طریق حفر دستک‌هایی در کمر پایین و کمر بالای ماده معدنی و یا از بیرون تهیه کرد. یادآوری می‌شود که این روش یکی از گران‌ترین روش‌های استخراجی به شمار می‌رود.

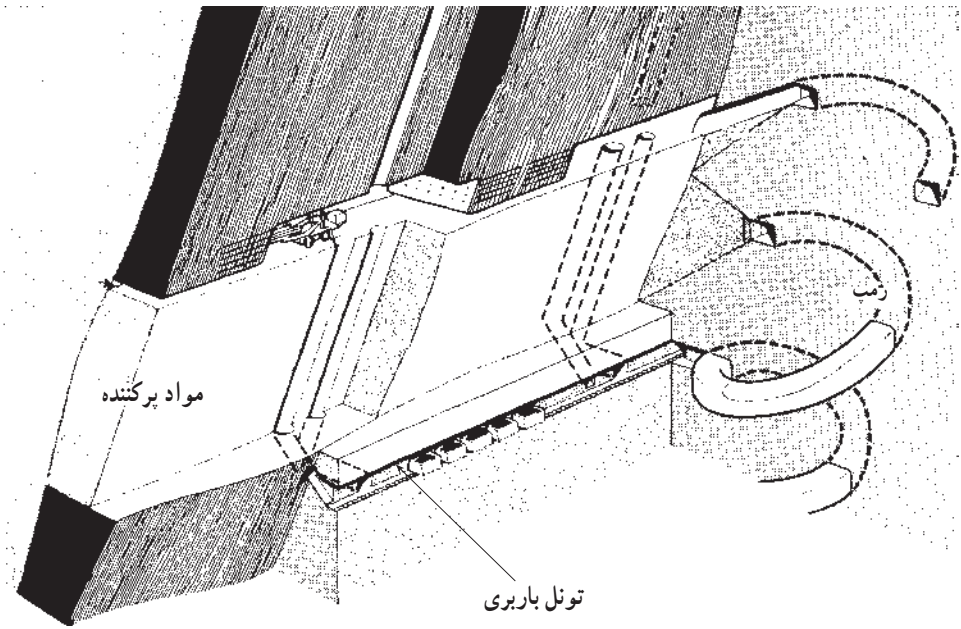
برای آماده‌سازی کارگاه، ابتدا دو دویل با فاصله مناسب (بسته به شرایط کار فاصله دویل‌ها بین ۴۰ تا ۱۰۰ متر است) زده می‌شود. طبق آنچه قبلاً گفته شد، تونل بالایی برای تهویه و همچنین، حمل مواد پرکننده و تونل پایینی برای باربری و حمل مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پس از باقی‌گذاردن لنگهٔ استخراجی، به اندازهٔ ۵ تا ۶ متر بالای تونل باربری از طریق دویل‌ها، عمل چال‌زنی و استخراج صورت می‌گیرد تا این‌که یک برش به‌طور کامل استخراج شود.



شکل ۹ــ۷ــ روش کندن و آکندن

پس از استخراج برش دوّم، بخش ابتدایی با مواد پرکننده پر می‌شود، ارتفاع هر برش در حدود ۲ تا ۲/۵ متر است. برای رساندن ماده معدنی به تونل باربری، می‌توان از یک دویل یا هردوی دویل‌ها استفاده کرد. در این صورت، دویل‌ها را باید با چوب‌بندی حفظ کنیم. همچنین ؛ در فاصلهٔ معین بین

دویل‌ها نیز می‌توان مجرا یا مجراهایی که دارای دریچه باشند، برای خروج مادهٔ معدنی تعبیه کرد. برای این‌که مواد معدنی استخراج شده با مواد پرکننده و باطله‌ها مخلوط نشوند کف کارگاه یک لایه تخته قرار داده تا مواد معدنی بر روی آن ریخته شوند. پس از حمل مواد معدنی به خارج کارگاه این تخته‌ها برداشته شده و مواد پرکننده در داخل کارگاه ریخته می‌شوند.



شکل ۱۰ــ۷ــ روش استخراج کندن و آکندن

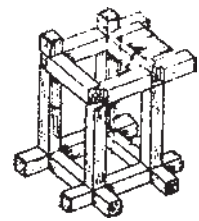
جبهه کارهای استخراجی در این روش افقی یا مایل‌اند. در حالت افقی برای خارج‌کردن سنگ معدن از اسکریپر یا لودر استفاده شده و در صورتی که جبهه کار مایل باشد، برای خارج‌کردن سنگ معدن و پرکردن باطله در کارگاه، از نیروی ثقل آن‌ها استفاده می‌شود.

۳ــ روش استخراج با کاربرد وسایل نگه‌داری در فضای استخراج شده

۴ ــ روش استخراج با کاربرد وسایل نگه‌داری و پرکردن فضای استخراج شده

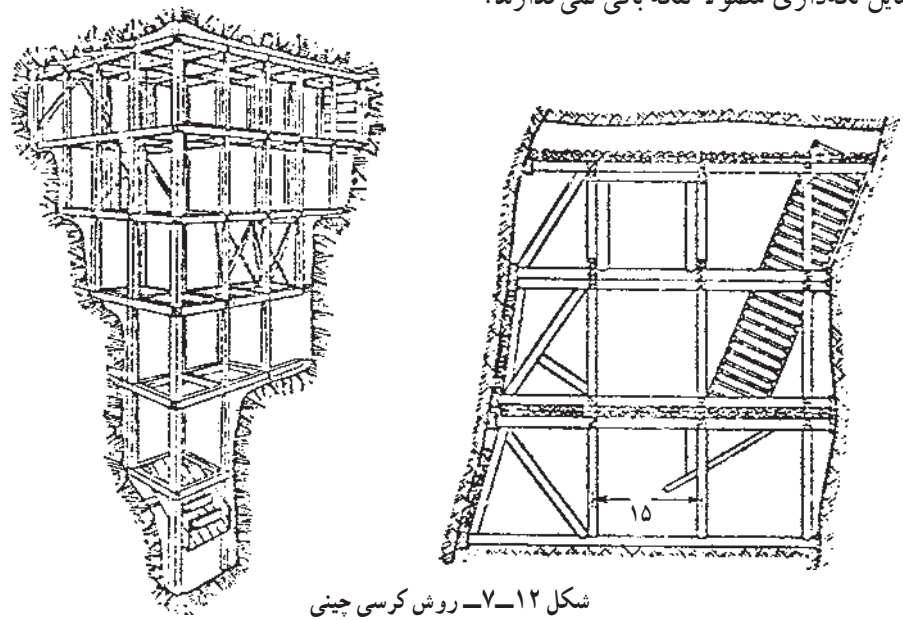
اجرای این روش‌ها در کانسارهایی صورت می‌گیرد که دارای سقف و دیواره‌های سست باشند. در این‌جا، محل‌های استخراج به روش‌های مختلف چوب‌بندی شده و وسایل نگه‌داری در کارگاه باقی‌می‌ماند. این روش‌ها زمانی اجرا می‌شود که چوب فراوان و ارزان در دست‌رس باشد. برای چوب‌بندی قاب‌هایی شامل یک دست ستون و یک کلاهک به کار می‌رود. شکل قاب‌ها عموماً به‌صورت چهارچوب یا کرسی است. استخراج به این روش در برش‌های افقی و قطعات کوچک

به‌اندازهٔ یک واحد کرسی انجام می‌گیرد. پس از استخراج یک برش کوچک، یک قطعه چهارچوب بسته می‌شود. کرسی‌ها بایستی طوری ساخته شوند که گوشه‌های آن‌ها در هم قفل شده و به‌طور یک‌نواخت در کنار هم قرار گیرند.



شکل ۱۱ــ۷ــ تصویر یک واحد کرسی

ابعاد چوب‌بندی‌ها در این روش در حدود ۲ ــ ۱/۵ متر و یا بیشتر است. اگر ضخامت رگه زیاد باشد برای حفظ ایمنی بیشتر، پس از چوب‌بندی کردن محل استخراج، فضای خالی بین چوب‌بندی‌ها با مواد باطله پر می‌شود. برای سهولت در رفت و آمد کارگران و جابه‌جایی وسایل و مواد معدنی فضای خالی کف کارگاه معمولاً تخته‌بندی می‌شود. خارج کردن مواد معدنی از کارگاه با دویل‌های کناری و یا از داخل فضای بین چوب‌بندی‌ها انجام می‌شود. در این روش، به دلیل وجود وسایل نگه‌داری معمولاً لنگه باقی نمی‌گذارند.



شکل ۱۲ــ۷ــ روش کرسی چینی

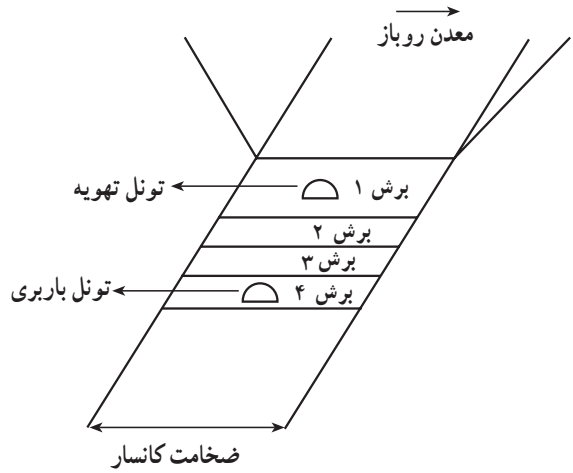
ج ــ روش‌های استخراج با تخریب محل استخراج شده: یکی از روش‌های استخراجی روش استخراج تخریبی است که بر مبنای تخریب کنترل شده طبقات و سنگ‌های دربرگیرندهٔ

ماده‌معدنی استوار است. امروزه، این روش‌ها استفادهٔ فراوانی در استخراج کانسارهای فلزی پیدا کرده است و برای استخراج کانسارهای توده‌ای و عدسی‌های بزرگ و یا ستون‌ها به کار می‌رود. مهم‌ترین مزایای استفاده از این روش، به کارگیری حداقل نیروی انسانی برای استخراج، بالارفتن میزان استخراج سالیانه و راندمان بالای استخراج بوده و اصولاً برای بهره‌برداری از مواد معدنی فلزی با ارزش، روش مناسبی خواهد بود. شیوه‌های مختلف اجرای این روش‌ها به شرح زیر است :

۱ــ روش استخراج با تخریب سنگ‌های فراگیر ماده معدنی (برش‌های از بالا به پایین) (Top Slicing)

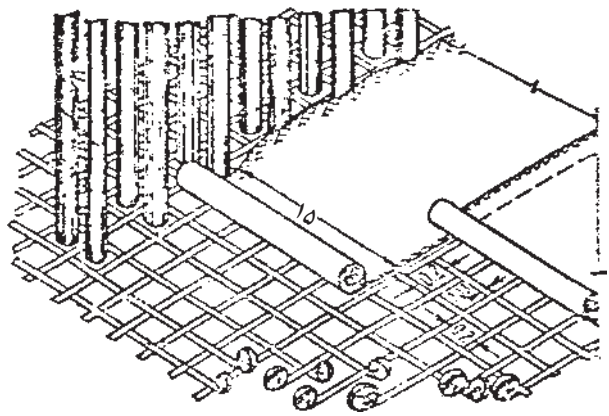
برای استخراج کانسارهای فلزی ضخیم با شیب نسبتاً زیاد که مقاومت کم تا متوسط داشته و سنگ‌های فراگیر آن نیز به راحتی تخریب می‌شود، از این روش می‌توان استفاده کرد. استخراج به شکل برش‌های افقی متوالی و از بالا به پایین صورت گرفته و هم‌زمان با پیش‌روی، سقف پشت جبهه کار تخریب می‌شود. در ضمن، به علت تخریب سقف فضای زیرزمینی، در روی سطح زمین، نشست به‌وجود خواهد آمد. بنابراین ؛ این روش زمانی به کار برده می‌شود که نشست زمین قبل از عملیات استخراج، حتماً در نظرگرفته شود و تأسیسات سطحی معدن خارج از محدودهٔ نشست باشند تا در هنگام کار به آن‌ها آسیبی وارد نشود. معمولاً در کانسارهایی که بخشی از آن به روش روباز بهره‌برداری شده است، نیز این روش کاربرد دارد.

پس از تعیین فاصلهٔ طبقات (در حدود ۵۰ متر) و طول کارگاه (در حدود ۳۰ متر) یک تونل در کف معدن روباز حفر می‌شود. حفر تونل‌های باربری و تهویه، بایستی در وسط ضخامت کانسار انجام شود.



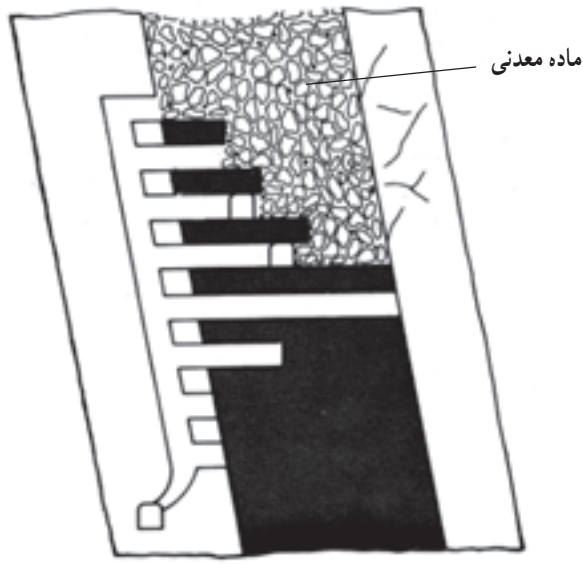
شکل ۱۳ــ ۷ــ نمایش تونل‌های باربری و تهویه در استخراج تخریبی

همان‌طور که گفته شد، استخراج از بالا به پایین و به شکل برشی است. به این صورت که هر برش به اندازهٔ ضخامت کانسار بوده و پس از استخراج هر برش پیش‌روی انجام می‌شود. در هنگام استخراج کارگاه، با چوب‌بندی نگه‌داری می‌شود و کف کارگاه تخته‌بندی شده و یا با توری و ورقه‌های آهنی فرش می‌شود. علت فرش کردن کف کارگاه، محافظت کارگاه و توزیع یک‌نواخت فشار سنگ‌های تخریب شده است.



شکل ۱۴ــ۷ــ تصویر فرش کف کارگاه

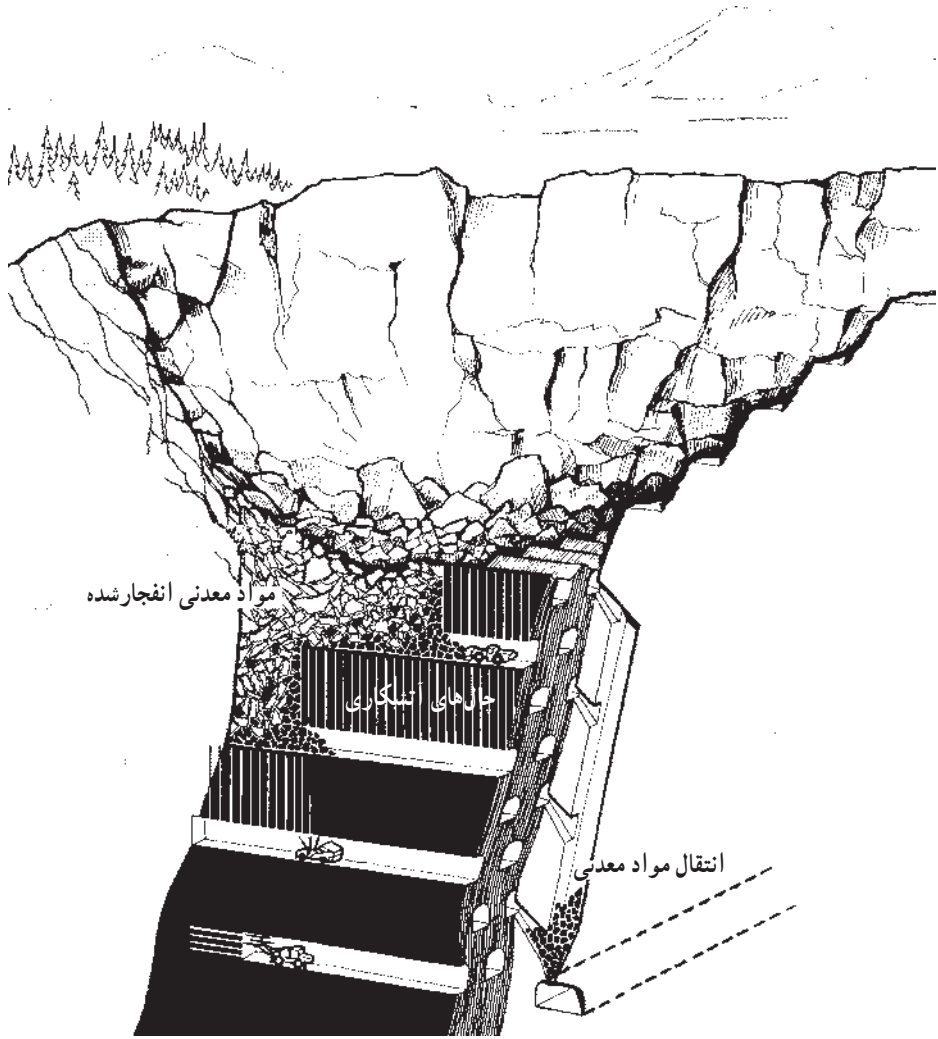
پس از استخراج هر قسمت سنگ‌های کنده‌شده، از طریق دویل‌ها به تونل باربری اصلی انتقال داده می‌شوند. انتقال مواد معدنی در دویل‌ها ممکن است با استفاده از نیروی ثقل آن‌ها انجام شود.



شکل ۱۵ــ۷ــ استخراج به روش برش‌های از بالا به پایین

۲ــ روش‌های استخراج با تخریب سنگ معدنی و سنگ‌های فراگیر

۱ــ۲ــ روش تخریب در طبقات فرعی (Sublevel Caving) : این روش در استخراج کانسارهای رگه‌ای بسیار ضخیم و کانسارهای توده‌ای کاربرد فراوانی دارد و زمانی استفاده می‌شود که سنگ معدنی و سنگ‌های فراگیر کمر بالای آن به آسانی تخریب شوند. در واقع تخریب صورت گرفته به‌صورت برشی و از بالا به پایین خواهد بود. در این روش نیز ممکن است، بخشی از کانسار به روش روباز استخراج شود. برای ادامه کار، به روش زیرزمینی به این‌صورت عمل می‌شود که در ابتدا چاه اصلی معدن در منطقه‌ای ایجاد می‌شود که تخریب بر آن تأثیر نداشته باشد. چاه اصلی با

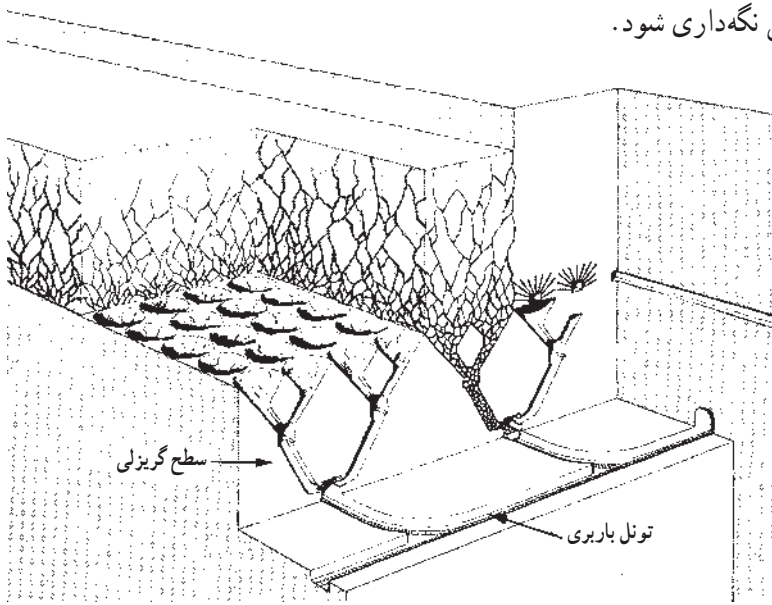


شکل ۱۶ــ۷ــ روش استخراج تخریب در طبقات فرعی

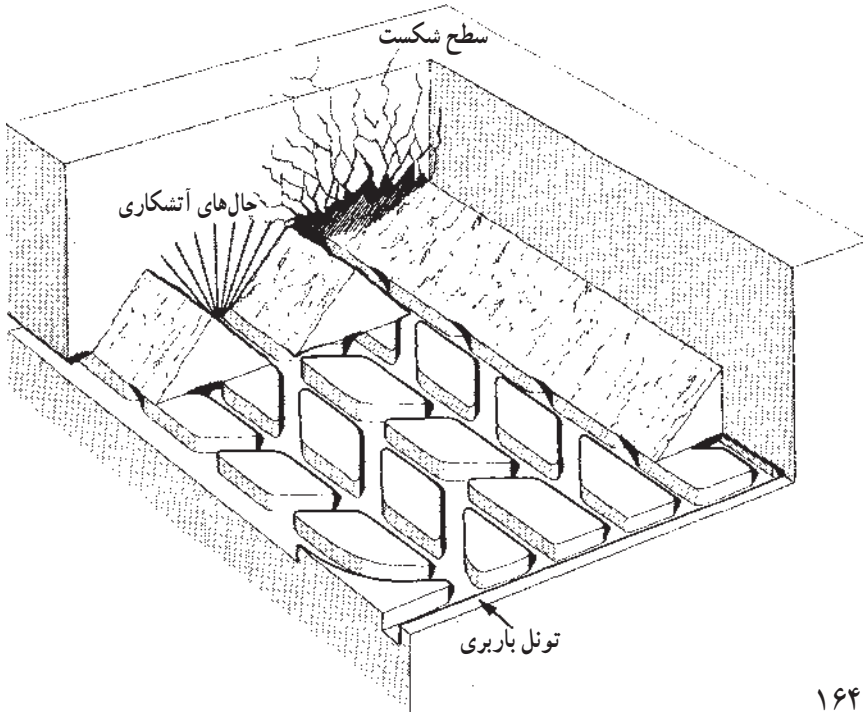
تونل‌هایی به کانسار ارتباط پیدا می‌کند. در هر طبقه یک تونل امتدادی به موازات امتداد رگه ایجاد می‌شود که این تونل‌های امتدادی با دویل‌هایی به هم متصل هستند و پایین‌ترین آن‌ها به عنوان تونل باربری اصلی است و باربری ماده معدنی با آن انجام می‌شود. همچنین ؛ در هر طبقه تونل‌هایی عمود بر امتداد رگه، در داخل ماده معدنی و به فواصل معین از هم زده می‌شوند، به‌طوری که کمر بالا و کمر پایین ماده معدنی به هم مرتبط شوند. از داخل این تونل‌ها چال‌های آتش‌کاری زده شده و تخریب انجام می‌شود. در ضمن ؛ فاصلهٔ تونل‌های داخل رگه باید به اندازهٔ دو برابر طول چال‌های آتش‌کاری باشند ؛ به این علت که چال‌های آتش‌کاری باید در میان این فاصله‌ها به هم برسند. اصولاً چال‌های آتش‌کاری شکل بادبزنی یا پروانه‌ای دارند. پس از آتش‌کاری در هر طبقه، سنگ معدنی بارگیری شده و به تونل باربری اصلی انتقال می‌یابد. بارگیری ماده معدنی تا آن‌جا ادامه پیدا می‌کند که سنگ باطله همراه آن نباشد. پس از مشاهدهٔ سنگ باطله بارگیری متوقف شده و یک برش به جلو پیش‌روی می‌کنند. باید توجه داشت که استخراج طبقه بالاتر مقداری جلوتر از طبقه تحتانی آن خواهد بود. در این روش می‌توان کف کارگاه را نیز تخته‌بندی یا توری فلزی قرار داد.

۲ــ۲ــ *روش استخراج تخریب توده‌ای* (Block Caving): این کار در اصل بر مبنای تخریب استوار است و کانسارهای توده‌ای بسیار بزرگ، به روش تخریب توده‌ای استخراج می‌شوند. در این روش کانسار را به بلوک‌های جداگانه تقسیم‌بندی کرده و هر بلوک یک باره تخریب گردیده و استخراج می‌شود. ابعاد بلوک‌ها معمولاً بین ۴۰ تا ۶۰ متر است. برای استخراج هر بلوک ابتدا زیر آن تخلیه شده و بخشی از آن نیز آتش‌کاری می‌گردد. در این صورت بقیه قسمت‌ها نیز تخریب شده و نشست می‌کند. برای شروع به کار، ابتدا تونل‌های باربری اصلی در زیر کانسار ایجاد می‌شود که فاصلهٔ آن‌ها در حدود ۳۰ متر است. از بالای این تونل‌ها، دویل‌هایی با زاویه ۴۵ تا ۵۰ درجه و با فاصلهٔ معین زده می‌شود. بعضی اوقات دویل‌ها در دو طرف تونل زده می‌شوند که در این صورت یکی از آن‌ها برای عبور و مرور کارگران بوده و دارای نردبان و دیگری برای خروج ماده معدنی است. در بسیاری موارد، به علت آن که دویل‌ها پس از تخریب قابل استفاده نیستند، فقط از یک طرف تونل دویل ایجاد می‌شود. در انتهای دویل‌ها تونل‌های امتدادی دیگری زده شده و از داخل این تونل‌ها چال‌های آتش‌کاری به شکل پروانه‌ای یا بادبزنی حفر می‌شود. انتهای دویل‌ها به شکل قیف درست می‌شود. سطح زیرین بلوک را در این حالت **سطح گریزلی** می‌گویند. پس از انفجار چال‌ها، ماده معدنی و سنگ‌های اطراف آن تخریب شده و از طریق دویل‌ها به تونل‌های باربری اصلی انتقال می‌یابند. اگر سنگ معدنی یا سنگ‌های اطراف آن، به آسانی تخریب نشوند، بایستی با حفر تونل‌هایی

در طبقات فوقانی، ماده معدنی را از دیوارهٔ بلوک جدا کرد. اگر هم سنگ معدنی دارای مقاومت خوبی نباشد، در هنگام حفاری سطح گریزلی و ایجاد چال‌های آتش‌کاری، قبل از تخریب باید فضای زیرزمینی نگه‌داری شود.



شکل ۱۷ــ۷ــ روش استخراج تخریب توده‌ای



شکل ۱۸ــ۷ــ نوع دیگری از روش استخراج تخریب توده‌ای

د ــ روش‌های استخراج مختلط: در بسیاری از موارد پس از تقسیم معدن به قطعات و بلوک‌های مختلف، ممکن است که هر بخش به یک روش استخراج گردد. یا این‌که ممکن است بخش بالایی هر بلوک به یک روش و بخش‌های باقی‌ماندهٔ آن نیز به روش دیگری استخراج شود. مثلاً در بعضی موارد یک قطعه از معدن به صورت اتاق و پایه استخراج شده و پایه‌های باقی‌مانده از ماده معدنی نیز به صورت تخریبی استخراج می‌شود.

در بعضی موارد، استخراج زیرزمینی و روباز، در شرایط مناسب، به صورت ترکیبی انجام می‌گیرد ؛ به طوری که برداشت باطله و مقداری از ماده معدنی تا جایی‌که شرایط اقتصادی اجازه دهد، به شکل روباز و استخراج باقی‌ماندهٔ ماده معدنی نیز به شکل زیرزمینی استخراج می شود. بنابراین ؛ برای استخراج کانسارهای معدنی با توجه به شرایط موجود، مناسب‌ترین روش استخراج در نظر گرفته می‌شود.

خودآزمایی

۱ــ روش‌های استخراج کانسارهای فلزی به چه گروه‌های اصلی تقسیم می‌شود؟

۲ــروش استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده شامل چه انواعی است؟

۳ــ روش استخراج با پرکردن فضای استخراج شده چه طریقه‌هایی را دربرمی‌گیرد؟

۴ــ روش‌های استخراج با تخریب محل استخراج شده چه انواعی دارد؟

۵ــ روش استخراج پلکانی مستقیم و معکوس را شرح دهید و پلان کارگاه استخراج را رسم کنید.

۶ــ ویژگی خاص روش استخراج اطاق و پایه چیست؟ به نظر شما عیب این روش کدام است؟

۷ــ روش استخراج احداث طبقه فرعی برای کجا مناسب است. روش را توضیح دهید.

۸ــ روش استخراج انباره‌ای چگونه اجرا می‌شود؟

۹ــ روش کندن و آکندن در چه مواردی به کار می‌رود و چگونه به اجرا درمی‌آید؟

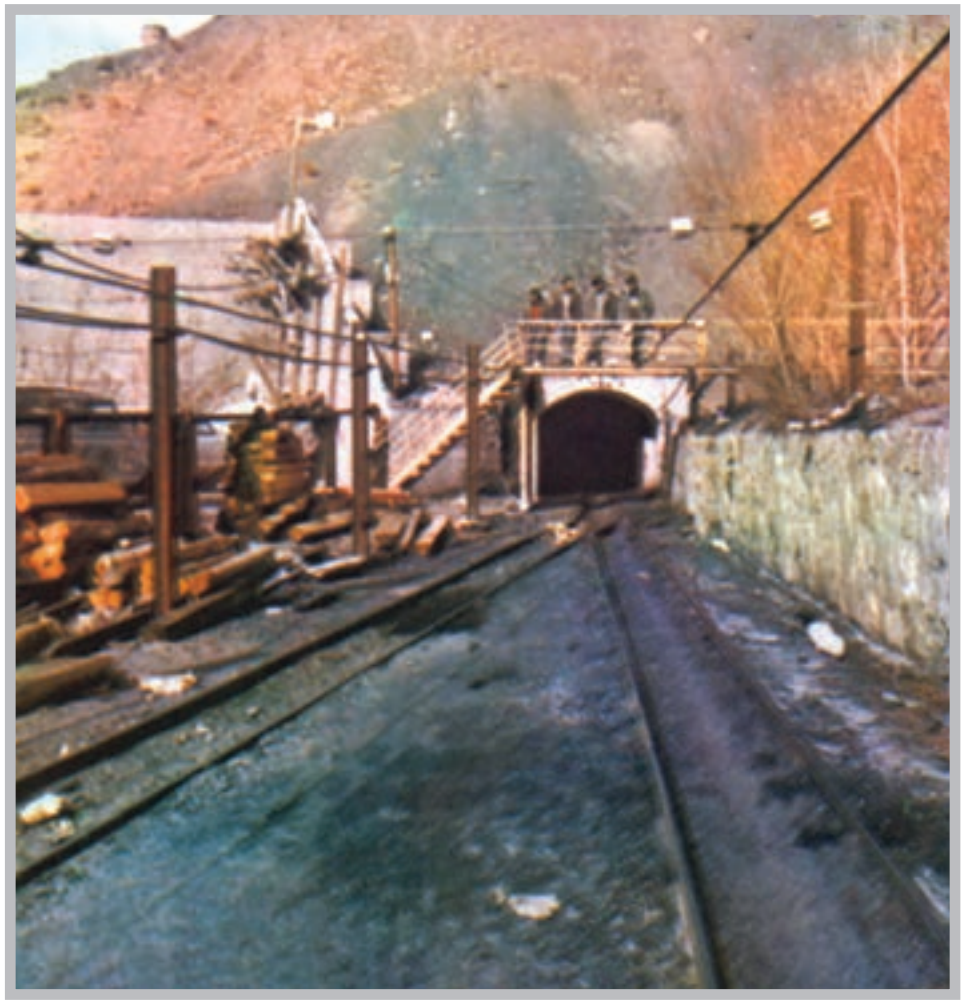
۱۰ــ روش کرسی‌چینی چیست؟ برای اجرای این روش چه اقداماتی صورت می‌گیرد؟

۱۱ــ روش تخریب در طبقات فرعی و روش استخراج با تخریب سنگ‌های فراگیر معدنی هرکدام در چه جاهایی به کارگرفته می‌شود؟

۱۲ــ روش استخراج تخریب توده‌ای را به اختصار شرح دهید.

فصل هشتم

روش‌های استخراج زغال سنگ و سایر کانسارهای رسوبی



هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلیّاتی در مورد روش‌های استخراج زغال‌سنگ و سایر کانسارهای رسوبی بیان کند.

۲ــ خواص مهم زغال سنگ را شرح دهد.

۳ــ عوامل مؤثر در انتخاب روش استخراج، به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات و وسایل نگه‌داری در کانسارهای رسوبی را تشریح کند.

۴ــ نحوهٔ آماده کردن کارگاه، برای استخراج و مراحل آن را توضیح دهد.

۵ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای رسوبی و زغال‌سنگ را تشریح کند.

۶ــ روش استخراج جبهه کار طویل و چگونگی آماده‌سازی و استخراج زغال‌سنگ را توضیح دهد.

۷ــ روش استخراج پایه‌ای (اتاق و پایه) را تشریح کند.

۸ــ روش استخراج کارگاه طویل با جبهه کار مورب را توضیح دهد.

۹ــ روش پلکانی معکوس را توضیح دهد.

۱۰ــ روش استخراج جبهه کار دندانه اره‌ای را شرح دهد.

۱۱ــ روش استخراج جبههٔ کار قوسی را بیان کند.

۱۲ــ روش استخراج کارگاه بالارو و خاکریزی را تشریح کند.

۱۳ــ روش استخراج اره را شرح دهد.

۱۴ــ روش‌های استخراج لایه‌های ضخیم، شامل نوارهای امتدادی، شیبی و مایل را توضیح دهد.

۱۵ــ روش استخراج سپر محافظ را شرح دهد.

۱۶ــ روش‌های استخراج با تقسیم‌بندی لایه به برش‌های جداگانه را بیان کند.

کلیّات

زغال‌سنگ در بین مواد معدنی اهمیت ویژه‌ای دارد و نوعی سنگ رسوبی به شمار می‌رود. در بسیاری موارد می‌توان آثاربرگ، ساقه و ریشهٔ گیاهان را در داخل لایه‌های زغال و سنگ‌های اطراف آن مشاهده کرد و این مطلب نشان دهندهٔ منشأ گیاهی این مادهٔ معدنی است. مواد گیاهی جمع شده و رسوب کرده، طی تغییراتی و در مراحل مختلف به زغال تبدیل می‌شوند که ذکر این مراحل از حوصله این بحث خارج است.

اهمیت معادن زغال‌سنگ از آن‌جا پدیدار می‌شود که در این معادن بایستی کلیه مسائل معدن‌کاری از جمله مسئله آبکشی، تهویه، نگه‌داری، آتش‌کاری و ... به دقت مورد توجه قرار گیرد و در صورت عدم توجه کافی به هر یک از این مسائل خطرات جبران‌ناپذیری به بار خواهد آمد.

استخراج مواد معدنی لایه‌ای به دو شکل روباز و زیرزمینی انجام می‌شود. نحوهٔ استخراج روباز در فصول قبل کاملاً بررسی شده است. در این فصل، به بررسی روش‌های استخراج زیرزمینی کانسارهای رسوبی که زغال یکی از مهم‌ترین آن‌هاست، می‌پردازیم. به دلیل آن که یکی از عمده‌ترین مواد معدنی استخراجی در ایران زغال است، قبل از بیان روش‌های استخراج، به شرح خواص مهم زغال‌سنگ می‌پردازیم :

خواص مهم زغال‌سنگ

الف ــ خاکستر: یکی از مهم‌ترین مشخصات زغال است و می‌توان آن را به نام ماده‌ای که پس از سوختن زغال برجا می‌ماند، تعریف کرد. خاکستر در ردیف مواد مضر زغال است و به خصوص برای مصرف در صنعت کک‌سازی، بایستی میزان آن، از حد معینی تجاوز نکند.

ب ــ مواد فرار: اگر زغال را بدون مجاورت هوا حرارت دهیم، قسمتی از آن به صورت گاز متصاعد می‌شود که به نام **مواد فرار** خوانده می‌شود.

ج ــ ارزش حرارتی: مقدار حرارتی که در اثر سوختن واحد وزن زغال حاصل می‌شود، به نام ارزش حرارتی آن نامیده می‌شود که برحسب کیلوکالری بر کیلوگرم بیان می‌شود.

د ــ خواص کک‌دهی: قابلیت زغال برای تهیهٔ کک برای کوره‌های ذوب فلزات به‌خصوص ذوب آهن، از جمله خواص مهم زغال است که به درجه زغال‌شدگی و میزان مواد فرار آن، بستگی دارد.

عوامل مؤثر در انتخاب روش استخراج، به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات و وسایل نگه داری در کانسارهای رسوبی

عمده‌ترین عواملی که در انتخاب روش استخراج، به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات و وسایل نگه‌داری در کانسارهای رسوبی تأثیرگذاراند، عبارت‌اند از :

۱ــ ضخامت لایه: بر این اساس کانسارهای لایه‌ای را به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی می‌کنند :

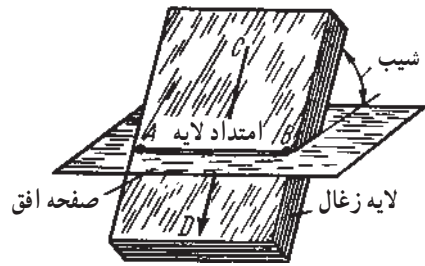
الف ــ خیلی نازک با ضخامت کمتر از ۰/۵ متر

ب ــ نازک با ضخامت بین ۱/۳ ــ ۰/۵ متر

ج ــ متوسط با ضخامت بین ۳/۵ ــ ۱/۳ متر

د ــ ضخیم با ضخامت بیش از ۳/۵ متر

۲ــ شیب لایه: زاویه بین خط بزرگ‌ترین شیب صفحهٔ مادهٔ معدنی و سطح افق را **شیب لایه** گویند.



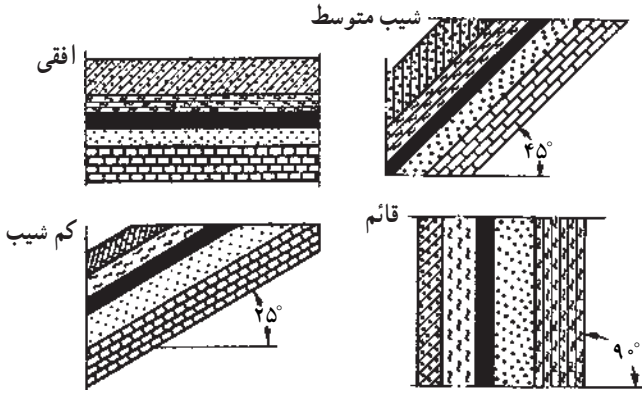
شکل ۱ــ۸

شیب لایه دارای طبقه‌بندی زیر است :

الف ــ لایه‌های کم شیب با زاویه شیب کم‌تر از ۲۵ درجه

ب ــ لایه‌های شیب متوسط با زاویه شیب بین ۴۵ــ۲۵ درجه

ج ــ لایه‌های پرشیب با زاویه شیب بیش از ۴۵ درجه



شکل ۲ــ۸ــ شیب لایه در حالت‌های مختلف

۳ــ ساختمان لایه: شکل و ساختمان لایه از نظر وجود ناخالصی و مواد غیرمفید، اهمیت بسیاری دارد. چون در بسیاری از موارد دیده شده که در بین لایه‌های ماده معدنی، موادی وجود دارند که بایستی جدا شوند و همین امر در روش استخراج تأثیر فراوانی دارد.

۴ــ لایه‌های پوشش دهندهٔ کانسارهای رسوبی: به طبقاتی که لایه‌های ماده معدنی را محصور کرده‌اند در اصطلاح کمرهای ماده معدنی گفته می‌شود. طبقات فوقانی لایه را **کمر بالا** و طبقه‌های تحتانی آن را **کمر پایین** گویند. به علت آن که کمرهای بالا و پایین کانسارهای زغال معمولاً سست هستند، بنابراین ؛ دقت در انجام عملیات نگه‌داری معادن زغال اهمیت بسیار بالایی دارد. جنس کمرهای زغالی در ایران، ماسه‌سنگ، شیل، سیلتستون (سنگ سیلت) و آهک است.

از عوامل دیگری که بر انتخاب روش استخراج تأثیر دارند، می‌توان از عمق لایه، میزان گازخیزی، مشخصات عمومی و زمین‌شناسی لایه و وجود آب در لایه‌ها نام برد.

نحوهٔ آماده‌کردن کارگاه برای استخراج

برای استخراج کلیّهٔ کانسارها از جمله زغال سنگ، بایستی به روش‌های مختلف به ماده معدنی نزدیک شد که معمولاً بسته به شیب ماده معدنی و چگونگی قرارگرفتن آن و پستی و بلندی مناطق معدنی با تونل، چاه مایل یا چاه قائم معادن گشایش می‌یابد که اگر معدن زغال با تونل گشایش یابد، بایستی تونل آن را عمود بر گسترش مادهٔ معدنی حفر کرد که به آن **تونل عمود بر لایه** می‌گویند ولی اگر با چاه قائم یا مایل معدن گشایش یافته باشد، بایستی از درون چاه تونل‌های عمود بر لایه را حفر کرد و در بعضی از معادن که لایه زغال از دید جانبی قابل رؤیت باشد، بدون حفر تونل عمود بر لایه مستقیماً می‌توان تونل‌های امتدادی را حفر کرد. بنابراین ؛ پس از حفر تونل‌های عمود بر لایه، در زیر مادهٔ معدنی (کمر پایین) برای تقسیم لایه معدنی به چند قطعه و استخراج قطعه‌ها، بایستی تونل‌های امتدادی در جهت گسترش ماده معدنی حفر کرد و به علت عمود بودن تونل‌های عمود بر لایه، با تونل امتدادی اقدام مقتضی انجام گیرد تا حمل و نقل دچار مشکل نشود که در روش‌های استخراج با رسم نماهای مختلف شرح داده می‌شود. و در ادامهٔ کار با حفر دویل‌هایی، افق زیرین را به افق بالاتر وصل می‌کنند که در این صورت جریان هوا بین دو افق برقرار می‌شود و از همین دویل از افق بالا، برای پرکردن کارگاه و از افق پایین برای تخلیه کارگاه استفاده می‌کنند و به صورت کلاسیک مراحل مختلف آماده کردن کارگاه از شروع گشایش تا مرحله استخراج به شرح ذیل است :

۱ــ گشایش با تونل، چاه مایل یا چاه قائم.

۲ــ حفر تونل عمود بر لایه، در صورتی که گشایش با چاه مایل یا چاه قائم باشد.

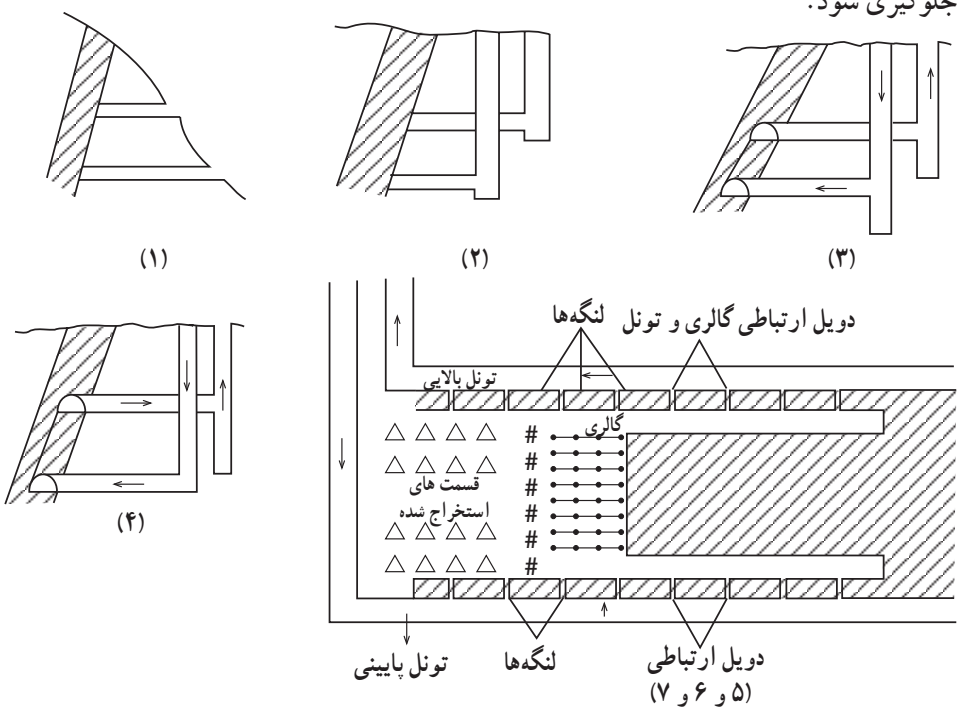
۳ــ حفر تونل‌های دنباله‌رو یا امتدادی افق‌های مختلف

۴ــ حفر بالا رو یا دویل از افق پایین به افق بالاتر پس از تقسیم طبقات

۵ــ حفر دو گالری از داخل بالارو با ایجاد لنگه‌های مناسب، در افق‌های بالا و پایین

۶ــ وصل گالری‌ها به افق‌های بالا و پایین در فاصلهٔ منظم برای تهویه مناسب و تخلیه یا پرکردن کارگاه

۷ــ پیش‌روی گالری نسبت به جبههٔ کارگاه بیشتر باشد تا از هرگونه اختلال در استخراج جلوگیری شود.



شکل ۳ــ۸ــ نمای کلی آماده‌سازی کارگاه استخراج

تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای رسوبی و زغال‌سنگ

به‌طور کلی، روش‌های استخراج زغال‌به شرح زیر است :

اول: استخراج لایه‌های نازک و متوسط

الف ــ استخراج لایه‌های کم شیب (با شیب کمتر از ۲۵°)

۱ــ روش استخراج جبههٔ کار طویل[۱]

۱ــ Long wall

۲ــ روش استخراج پایه‌ای (اتاق و پایه)

ب ــ استخراج لایه‌های شیب متوسط (با شیب بین ۴۵° ــ ۲۵°)

۱ــ روش استخراج کارگاه طویل با جبهه کار مورب

۲ــ روش استخراج پلکانی معکوس

۳ــ روش استخراج جبهه کار دندانه اره‌ای

۴ــ روش استخراج جبهه کار قوسی

ج ــ استخراج لایه‌های پرشیب (با شیب بیش از ۴۵°)

۱ــ روش استخراج کارگاه بالارو و خاک‌ریزی

۲ــ روش استخراج اره

دوم: روش‌های مختلف استخراج لایه‌های ضخیم

الف ــ استخراج بدون تقسیم لایه به برش‌های جداگانه

۱ــ روش استخراج با حفر نوارهایی از زغال

۱ــ۱ــ نوارهای امتدادی

۲ــ۱ــ نوارهای شیبی

۳ــ۱ــ نوارهای مایل

۲ــ روش سپر محافظ

ب ــ استخراج با تقسیم لایه به برش‌های جداگانه

۱ــ روش استخراج برش‌های مایل

۱ــ۱ــ برش‌های مایل از بالا به پایین

۲ــ۱ــ برش‌های مایل از پایین به بالا

۲ــ روش برش‌های افقی

۱ــ۲ــ برش‌های افقی از بالا به پایین

۲ــ۲ــ برش‌های افقی از پایین به بالا

سوم: سایر روش‌های استخراج زغال سنگ

در ادامه، روش‌های یادشده را بررسی می‌کنیم و برای کلیه روش‌های استخراجی عوامل مختلف از جمله مقاومت کمرها، نوع کارگاه، جهت استخراج و سایر عوامل مهم دیگر مورد رسیدگی قرار خواهد گرفت.

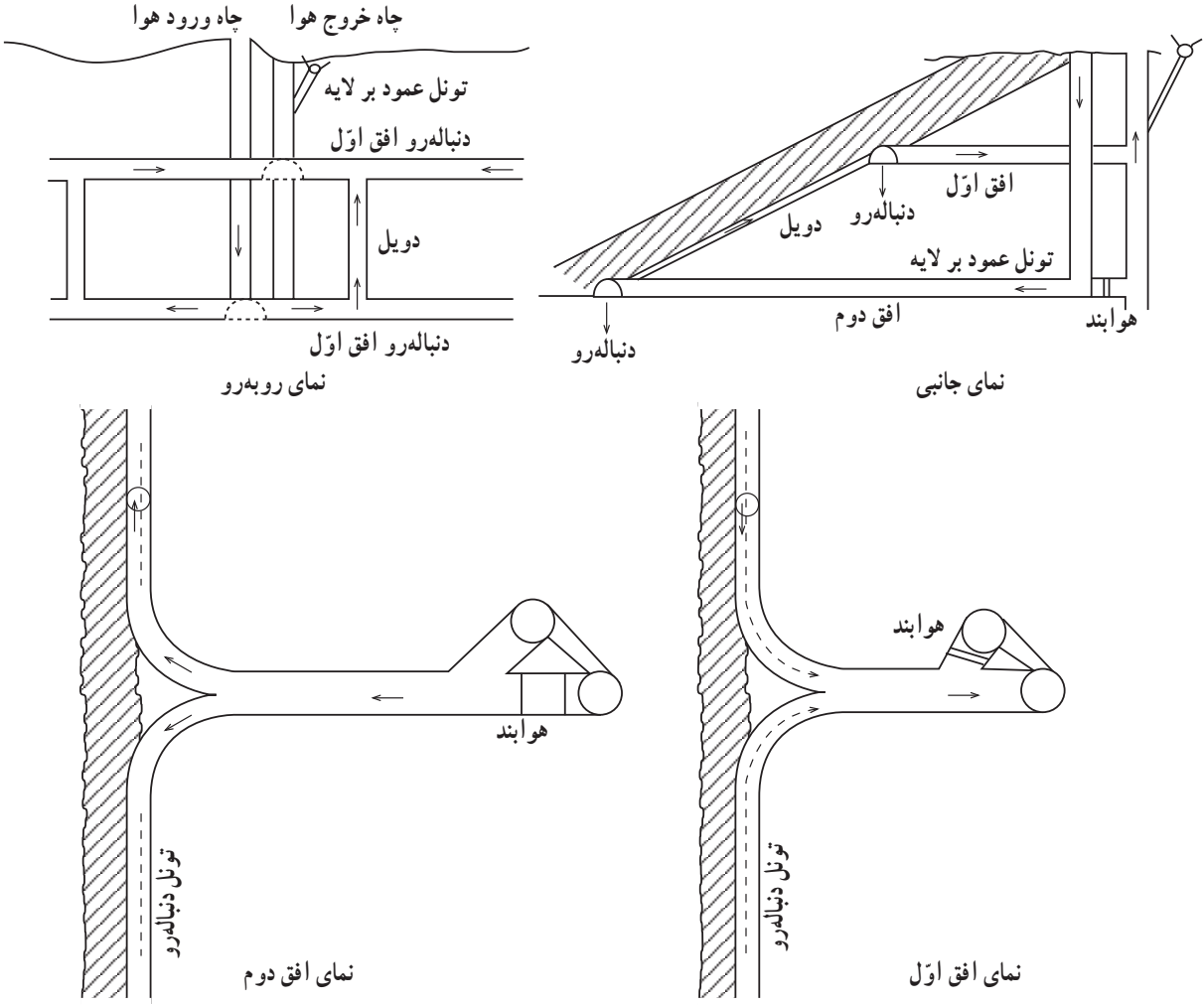
اول ــ استخراج لایه‌های نازک و متوسط

الف ــ استخراج لایه‌های کم شیب (با شیب کمتر از ۲۵°)

۱ــ روش استخراج جبهه کار طویل: این روش استخراج برای کانسارهای نازک و متوسط با شیب کم بسیار مناسب و جبههٔ کارگاه در امتداد خط بزرگ‌ترین شیب لایه است. به عبارت دیگر ؛ کارگاه از نوع شیبی است. روش جبهه کار طویل به شکل پیش‌رو و یا پس‌رو انجام می‌شود. همان‌طور که گفته شد تفاوت روش‌پیش‌رو و پس‌رو در این است که در روش پس‌رو، ابتدا تونل‌های امتدادی تهویه و باربری تا انتهای کارگاه حفر شده و استخراج از انتها به ابتدای کارگاه صورت می‌گیرد ؛ اما در روش پیش‌رو، هم‌زمان با پیش‌روی جبهه‌کار، تونل‌های تهویه و باربری حفر می‌شوند. برای نگه‌داری کارگاه در نزدیک جبهه‌کار، از چوب بست یا پایه‌های فلزی استفاده می‌شود و معمولاً پس از استخراج، پشت جبهه کار را با مواد باطله پرکرده و یا تخریب کرده یا با جرزهای چوبی نگه‌داری می‌کنند. حمل و نقل در داخل کارگاه در صورت شیب کم با ناو زنجیری و در صورت داشتن شیب فراوان با ناو ثابت صورت می‌گیرد.

چگونگی آماده‌سازی و استخراج زغال‌سنگ به روش جبهه‌کار طویل: برای آماده‌سازی، با فرض این‌که معدن، با چاه گشایش یافته باشد، چنانچه در شکل نشان داده می‌شود، ابتدا با حفر تونل‌های دنباله‌رو در افق‌های اول و دوم و دویل ارتباطی بین افق‌ها، جریان هوا را در معدن برقرار می‌کنیم. برای فهم و درک بهتر، وضعیت قرارگرفتن تونل‌های مختلف، چاه و دویل، کلیه حفره‌ها در سه نما نمایش داده شده است که نماهای جانبی و روبرو و نماهای افق‌ها به‌طور مجزا و بدون در نظرگرفتن مقیاس و قوانین رسم کشیده شده است. چنانچه می‌دانید، در معادن، چاه‌های دست‌رسی به ماده معدنی در نمای جانبی پشت سر هم قرار می‌گیرند ؛ ولی برای درک بهتر درس، به این شکل نشان داده می‌شود که در نماهای افق‌ها هم تأثیر گذاشته و با واقعیت معدن هم‌خوانی ندارد ؛ زیرا در معادن دو چاه در یک امتداد و موازی لایه‌زده می‌شوند. شروع استخراج به شرح زیر است :

ابتدا از داخل دویل با حفظ حریم مناسب در قسمت بالا و پایین دویل، گالری‌هایی حفر می‌شود. که همیشه نسبت به جبهه‌کار جلوتر هستند و با استفاده از ماشین‌آلات مختلف از پایین به بالا شروع به استخراج می‌کنیم. البته ؛ کارگاه کاملاً در شیب لایه قرار می‌گیرد. در هر نوبت پیش‌روی، محل استخراج‌شده را نگه‌داری کرده و بار دیگر از پایین شروع به استخراج می‌کنیم تا سه تا چهارمتر پیش‌روی، بایستی محل استخراج شده را پر یا تخریب کرد. با ادامهٔ پیش‌روی با حفر دویل‌های کوچک در داخل حریم، گالری‌ها به افق‌های پایین و بالا برای تخلیه، تهویه و پرکردن کارگاه وصل می‌شوند.



شکل ۴ــ۸ــ روش استخراج جبهه کار طویل

مزایا و معایب روش استخراج جبههٔ کار طولانی

مزایا

۱ــ روش پُر تولیدی است.

۲ــ ایمنی کار بالا است.

۳ــ تقریباً همهٔ وسایل نگه‌داری، بار دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند و به هیچ وجه وسیله نگه‌داری هدر نمی‌رود.

۴ــ بازیابی کانسار بسیار بالا است. (نزدیک به ۱۰۰٪)

۵ــ تهویه به راحتی کنترل می‌شود.

معایب

۱ــ تجهیزات این سیستم بسیار مفصل است.

۲ــ به سرمایهٔ اولیه بسیاری نیاز دارد.

۳ــ در معادن مکانیزه، جابه‌جایی دستگاه‌ها در داخل کارگاه، مشکل است.

۴ــ در معادنی که کانسار یک‌نواخت نیست، کاربردی ندارد.

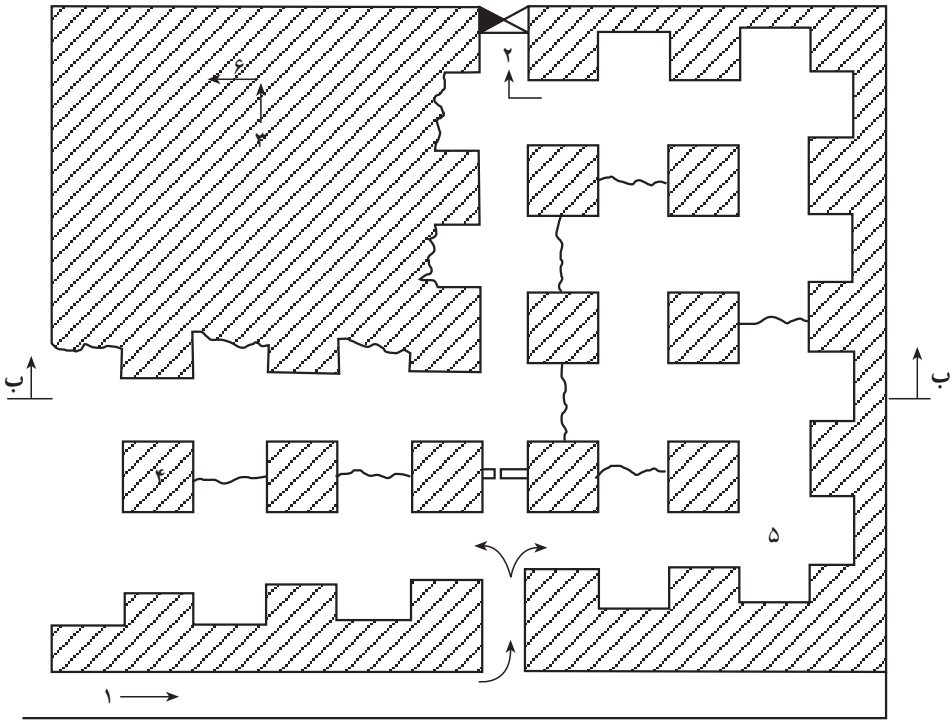
۵ــ در معادن کم‌عمق تخریب صورت نمی‌گیرد و به کاربردن این روش، مشکل است.

۶ــ به علت وسعت کارگاه در صورت بروز اشکال در یک جبهه کار، تمام تجهیزات کارگاه متوقف می‌شود.

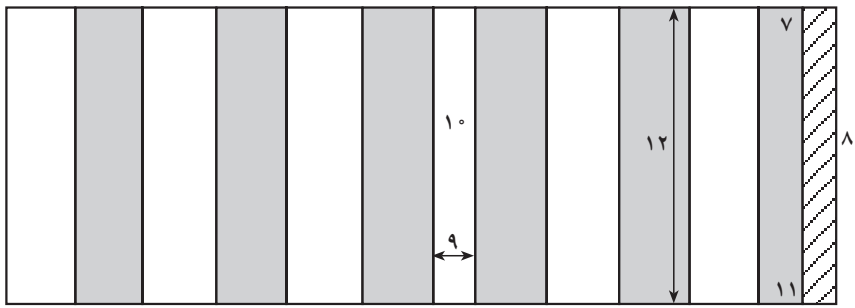
۲ــ روش استخراج پایه‌ای (اتاق و پایه): این روش جزء روش‌های استخراج لایه‌های نازک و متوسط با شیب کم است و به دو صورت اتاق و پایه با پایه‌های برجا و اتاق و پایه، با پایه‌های استخراج شده، انجام می‌شود و ابعاد پایه به عوامل مختلفی از جمله عمق و مشخصات کف و سقف بستگی دارد.

چنانچه در شکل ۵ــ۸ مشاهده می‌کنید، چگونگی استخراج به روش اتاق و پایه نشان داده می‌شود. لایه‌های قابل استخراج به روش پایه‌ای، بایستی تخت و یا دارای شیب ملایمی باشند.

عرض اتاق‌ها که تا محدودهٔ ایمن و ایستادگی سقف قابل طرح هستند، اساساً به حالت‌ها و خواص سنگ‌های سقف و نزدیک به سقف بستگی دارد. اندازهٔ مقطع ستون‌ها به علاوه عرض اتاق‌ها تعیین کنندهٔ استخراج هستند و این نیز به عمق، مقاومت و خواص مکانیکی سنگ معدن و سنگ‌های ستون‌ها و سقف بستگی دارد.



الف ــ نمای افقی از کارگاه فعال اتاق و پایه



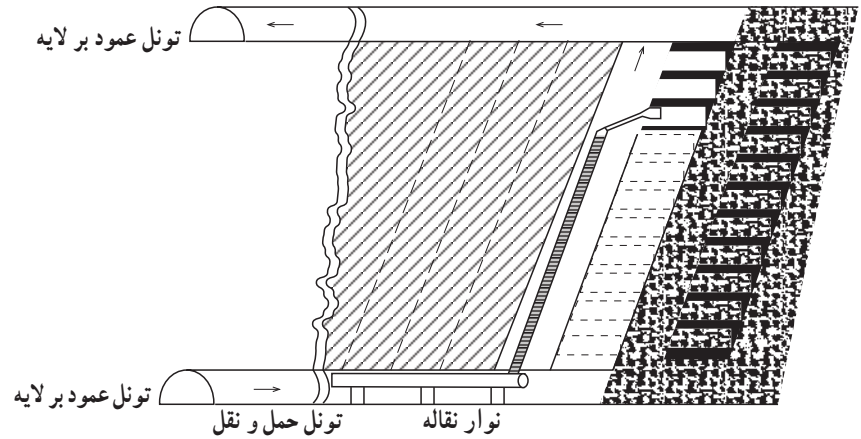
ب ــ مقطع در محور (ب ــ ب)

توضیحات:

۱ــ راهروی اصلی	۲ــ چاه تهویه	۳ــ ناحیهٔ استخراج	۴ــ مقطع ستون
۵ــ اتاق	۶ــ مسیر استخراج	۷ــ ناحیه کمر بالا	۸ــ ارتفاع کارگاه
۹ــ امتداد رگه	۱۰ــ راهروی فرعی	۱۱ــ ناحیه کمر بالا	۱۲ــ بلندی پایه

شکل ۵ــ۸ــ روش استخراج اتاق و پایه

در استخراج زغال‌سنگ بسته به شرایط لایه عرض اتاق‌ها، بین ۳ تا ۱۵ متر متغیر و میانگین پهنای اتاق در استخراج زغال‌سنگ حدود ۹ متر است. روش استخراج اتاق و پایه در زغال سنگ به علت یک‌نواخت بودن عیار به صورت پایه‌های منظم انجام می‌شود و در معادنی که به صورت مکانیزه استخراج انجام می‌گیرد، همه یا بخشی از پایه‌ها هم استخراج می‌شوند. نحوهٔ اجرا به صورت زیر است.



شکل ۶ــ۸ــ روش استخراج اتاق و پایه

مزایا و معایب روش اتاق و پایه: روش اتاق و پایه دارای مزایا و معایب زیر است :

مزایا

۱ــ شرایط کار با ماشین آلات مختلف وجود دارد.

۲ــ روش استخراج ساده است و کارگران را می‌توان به آسانی آموزش داد.

۳ــ راندمان تولید بالا است.

۴ــ امکان استخراج انتخابی به آسانی وجود دارد.

۵ــ چون تمام حفریات اصلی در داخل ماده معدنی است، هزینه‌های پیش‌روی بسیار کم است.

۶ــ برای استخراج کانسارهای ضخیم هم کاربرد دارد.

معایب

۱ــ روش پرهزینه‌ای در مقایسه با روش جبهه کار طولانی است. (هزینه‌های نگه‌داری سقف، مهار گرد و غبار و تهویه فراوان است.)

۲ــ تعداد سینه کارها زیاد است و تجهیزات فراوانی لازم دارد.

۳ــ تأمین نیرو، آب و ... مشکل است.

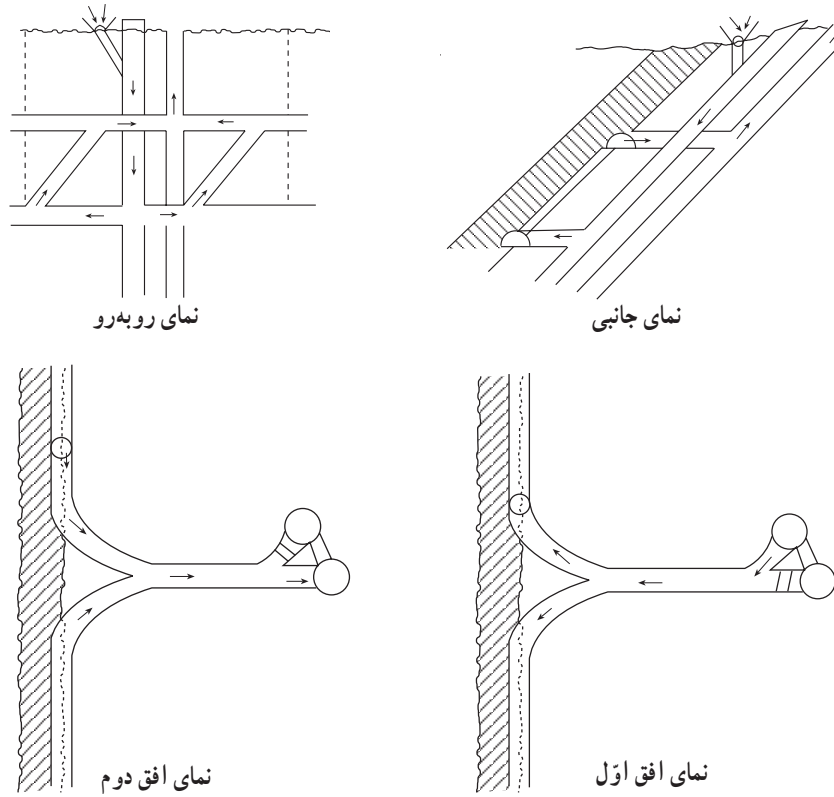
۴ــ به علت وجود کارگاه‌های متعدد، مسئلهٔ سرپرستی مشکل است.

۵ــ کانسارهای بسیار نازک را به روش مکانیزه نمی‌توان استخراج کرد.

ب ــ استخراج لایه‌های شیب متوسط (با شیب‌های بین ۴۵° ــ ۲۵°)

۱ــ روش استخراج کارگاه طویل با جبهه کار مورب: این روش جزء روش‌های استخراج لایه‌های نازک و متوسط، با شیب متوسط است و به علت شیبی که دارد، با انتخاب کارگاه مورب، شیب کارگاه را طوری می‌سازیم که بتوان در آن شیب به راحتی کارکرد و نحوهٔ آماده‌سازی این روش کاملاً شبیه روش استخراج جبهه کار طویل است و فرق روش کارگاه طویل و جبهه کار طویل، فقط در نوع کارگاه می‌باشد.

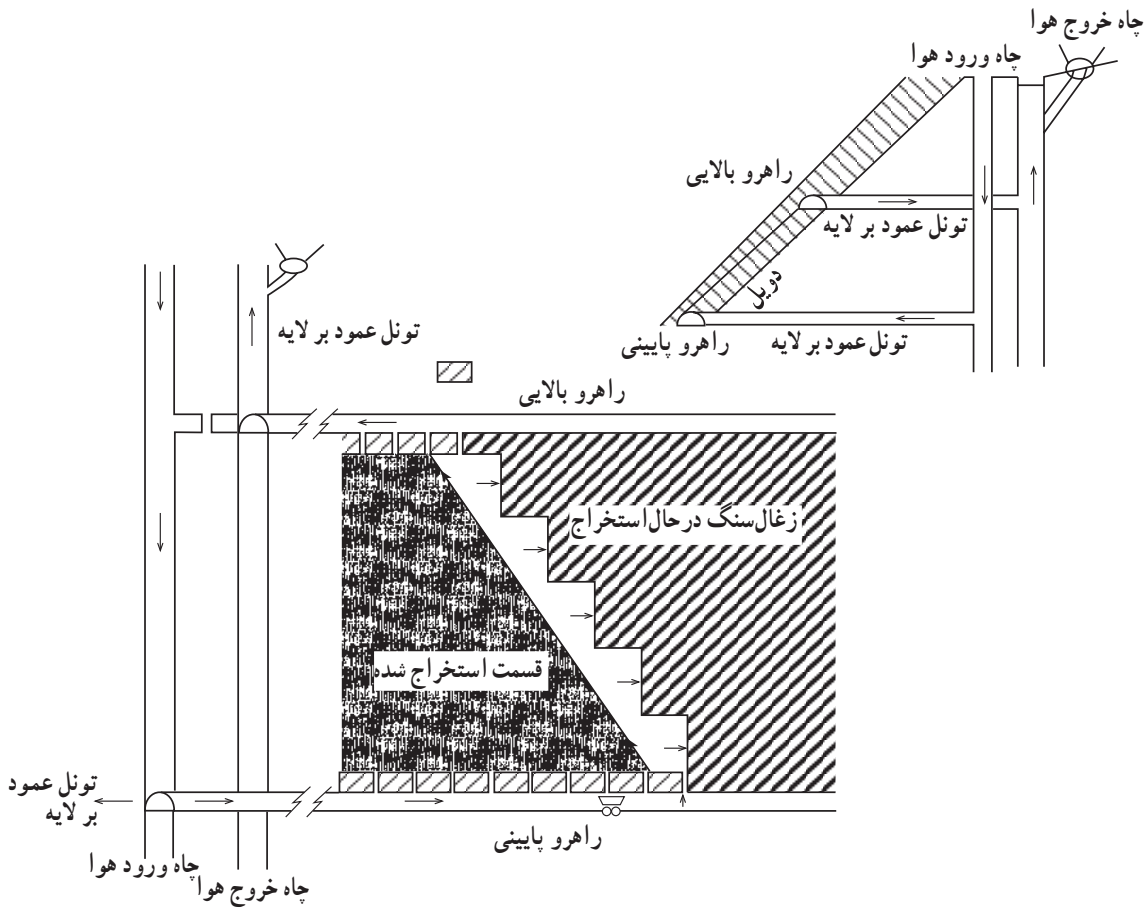
در شکل ۷ــ۸ روش فوق در سه نمای مختلف نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، هوای تمیز، از یکی از تونل‌ها وارد می‌شود و پس از آن که به افق پایین‌تر رفت، از طریق دویل‌های ارتباطی به داخل کارگاه رفته و در نهایت پس از تهویهٔ کارگاه به افق دوم می‌رود و در افق دوم از طریق چاه خروج، از معدن خارج می‌شود. تهویه در این روش از نوع دهشی در نظر گرفته شده است. مزایا و معایب این روش مانند روش استخراج جبهه کار طویل است. محل استخراج شده در این روش را خاک‌ریزی کرده و جبههٔ خاک‌ریزی موازی جبهه کار کارگاه است.



شکل ۷ــ۸ــ روش استخراج کارگاه طویل با جبههٔ کار مورب

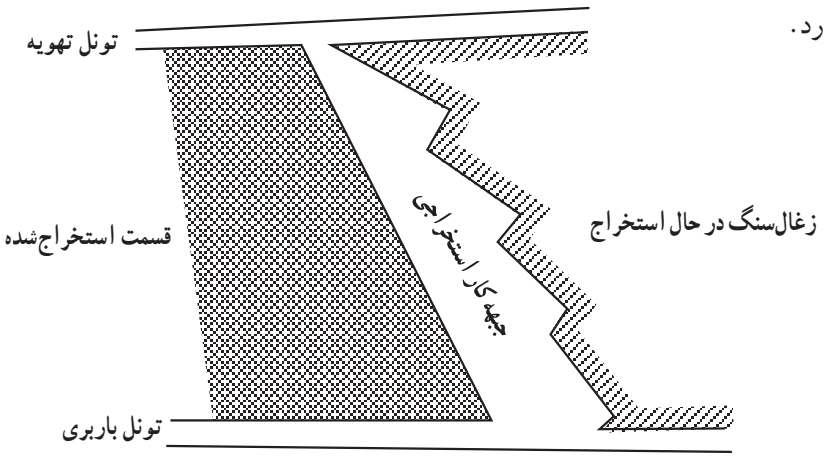
۲ــ روش پلکانی معکوس: این روش برای استخراج لایه‌های نازک و متوسط، با شیب متوسط استفاده شده و یکی از متداول‌ترین روش‌های استخراج زغال‌سنگ در ایران است و تقریباً در بیشتر معادن ایران که شرایط قرارگیری کانسار، از نظر شیب مناسب باشد، از این‌روش استفاده می‌شود. در این روش، جبهه کار مرکب از پله‌هایی است که هرگاه لبه‌های آن را با خطی فرضی به هم وصل کنیم، با امتداد لایه زاویهٔ °۴۵ تشکیل می‌دهد. با انتخاب پله‌های معکوس، تعداد سینه‌کارهای استخراجی افزایش می‌یابد و کارگران بیشتری می‌توانند در کارگاه استخراج، کار کنند ؛ زیرا هر گروه کارگران یکی از پله‌ها را حفر و از پله فوقانی برای پناهگاه استفاده می‌کنند.

پیش‌روی روزانهٔ پله‌ها، بایستی مساوی با هم باشد و امتداد عمومی آن‌ها همواره ثابت باقی بماند. در شکل ۸ــ۸ نحوهٔ آماده‌سازی این روش استخراجی در دو نمای روبه‌رو و جانبی، نمایش داده شده است.



شکل ۸ــ۸ ــ روش استخراج پلکانی معکوس

۳ــ روش استخراج جبهه‌کار دندانهٔ اره‌ای: این روش برای استخراج لایه‌های نازک و متوسط با شیب متوسط می‌باشد و مشابه روش پلکانی معکوس است. فرق آن با روش پلکانی معکوس در این است که در روش دندانه اره‌ای پله‌ها به شکل دندانه‌های اره بوده و پیش‌روی به صورت مایل و کمی به سمت پایین است. این روش، برای کار در لایه‌هایی که مشکل گاز متان دارند، روش مناسبی است ؛ زیرا با توجه به شکل پله‌ها گوشه‌های بسته در کارگاه وجود نداشته و گاز در کارگاه انباشته نمی‌شود. بنابراین ؛ عمل تهویه به راحتی انجام گرفته و از نظر ایمنی گازگرفتگی، مناسب است. برای کار در زغال‌های نرم که کمر بالای سستی دارند، می‌توان جبهه‌کار را به شکل دندانه اره‌ای آماده کرد. این روش در مقایسه با روش پلکانی معکوس، راندمان کمتری داشته و در عوض کارگر کمتری نیز نیاز دارد.



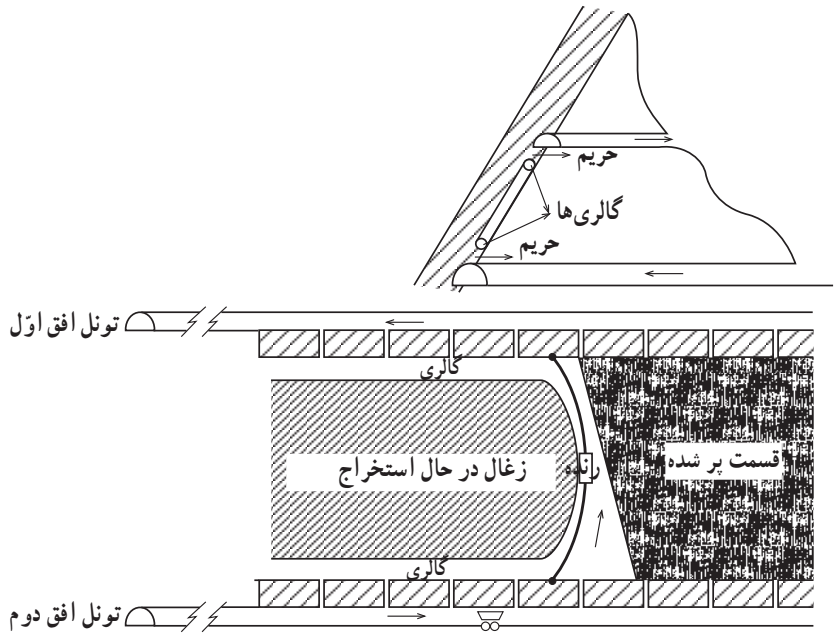
شکل ۹ــ۸ــ روش استخراج جبهه کار دندانه اره‌ای

۴ــ روش استخراج جبههٔ‌کار قوسی: این روش نیز یکی از روش‌های استخراج کانسارهای نازک و متوسط با شیب متوسط است و نحوهٔ آماده‌سازی این روش، مشابه روش‌های استخراج کارگاه طویل و پلکانی معکوس می‌باشد. یعنی ؛ با احداث تونل‌های امتدادی و یا دنباله‌رو در افق‌های بالا و پایین و تقسیم هر طبقه به قسمت‌های جداگانه، عملیات استخراجی هر قسمت را شروع می‌کنیم. چنانچه مشاهده می‌کنید ؛ در این طریقهٔ استخراج، جبهه‌کارگاه قوسی شکل است و با استفاده از رنده زغال از سینه کارها تراشیده و به پایین کارگاه ریخته می‌شود و معمولاً در لایه‌هایی که وضعیت شکستگی و جابه‌جایی کمتری داشته باشند، این روش کاربرد خوبی دارد.

برای شروع استخراج ابتدا یک دویل از افق پایین به افق بالاتر زده می‌شود و داخل این دویل با حفظ حریم (باقی‌گذاشتن لنگه) از افق‌های اوّل و دوم، داخل مادهٔ معدنی گالری‌هایی زده می‌شود و

فاصله دو گالری با رنده استخراج می‌گردد. با انتخاب کارگاه قوسی، راندمان کار رنده به علت فشار، پشت رنده افزایش می‌یابد و رنده در حرکت بالا و پایین داخل کارگاه به طور مرتب، کار حفر زغال را انجام می‌دهد. به همین دلیل، رنده‌های مخصوصی که بتوانند عمل حفر را در بالا و پایین رفتن انجام دهند، ساخته شده است.

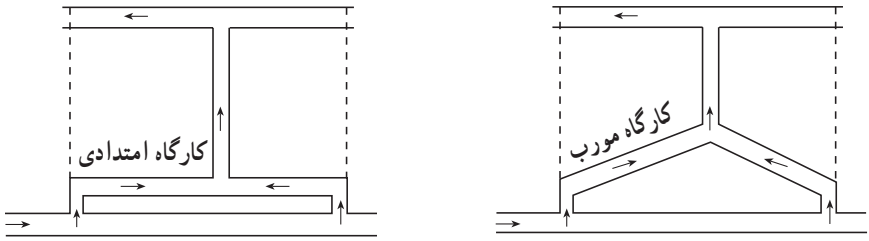
برای انتقال مواد حفر شده، چون شیب کارگاه مناسب است، فقط با نصب یک ناو ثابت می‌توان مواد حفر شده را از کارگاه خارج کرد و نگه‌داری کارگاه نیز مانند روش‌های دیگر این گروه در سینه کارها با پایه‌های چوبی یا فلزی صورت می‌گیرد و در فاصله ۲ تا ۴ متری از سینه کارها با جرزهای چوبی که پس از آن بایستی کارگاه را با مواد باطله پرکرد.



شکل ۱۰ــ۸ــ روش استخراج جبههٔ کار قوسی

ج ــ استخراج لایه‌های پرشیب (با شیب بیش از °۴۵)

۱ــ روش استخراج کارگاه بالارو و خاکریزی: این روش استخراج، شباهت فراوانی با روش کندن و آکندن که در فصل استخراج کانسارهای فلزی شرح داده شد، دارد و در معادن زغال به این نام معروف است. این روش معمولاً به دو صورت اجرا می‌شود یکی با کارگاه امتدادی و دیگری با کارگاه مورب که در معادن زغال‌سنگ ایران این روش بیشتر به صورت کارگاه مورب انجام می‌شود. در شکل ۱۱ــ۸ این دو نوع کارگاه نشان داده شده است.



شکل ۱۱ــ۸ــ روش کارگاه بالارو و خاکریزی

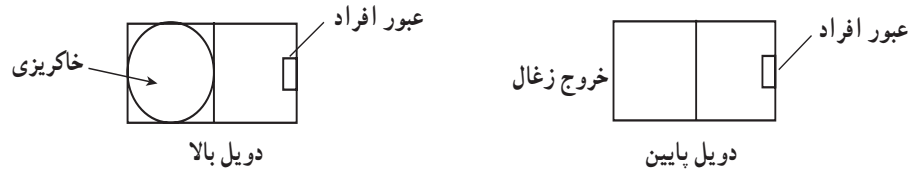
نحوهٔ استخراج در شکل کاملاً مشاهده می‌شود. این روش در معدن باب نیزوی کرمان انجام می‌گیرد و کارگاه آن از نوع مورب است.

همان‌طورکه در شکل مشاهده می‌شود، برای آماده‌سازی کارگاه فرض شده که می‌خواهیم با چاه به ماده معدنی دست‌رسی پیدا کنیم و با حفر تونل‌های مختلف، خود را به مادهٔ معدنی رسانده‌ایم. اگر میزان استخراج و تعداد کارگاه‌های فعال زیاد باشد، به جای یک تونل امتدادی یا دنباله‌رو، بایستی دو تونل در امتداد مادهٔ معدنی حفر کرد که در معادن زغال به نام **اشترک** معروف هستند. این اشترک‌ها به موازات هم و در امتداد مادهٔ معدنی حفر می‌شوند و **اشترک زغالی و سنگی** نامیده می‌شوند و معمولاً در فاصله مشخصی از هم قرار گرفته‌اند که به عمق و مشخصات کمر پایین ماده معدنی بستگی دارد. اشترک زغالی برای بازگشایی کارگاه‌ها و زیر ماده معدنی حفر می‌شود و اشترک سنگی به حمل مواد استخراج شده در داخل کارگاه‌ها کمک می‌کند که همان تونل باربری است. برای انتقال بار از اشترک زغالی به اشترک سنگی معمولاً در هر ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر این دو اشترک را با تونلی به نام **رکوب** به هم وصل می‌کنند که برای وصل کردن اشترک سنگی به زغالی، بایستی جهت خروج بار در نظر گرفته شود ؛ به طوری‌که جهت حرکت از اشترک زغالی به اشترک سنگی، در جهت خروج بار از معدن باشد.

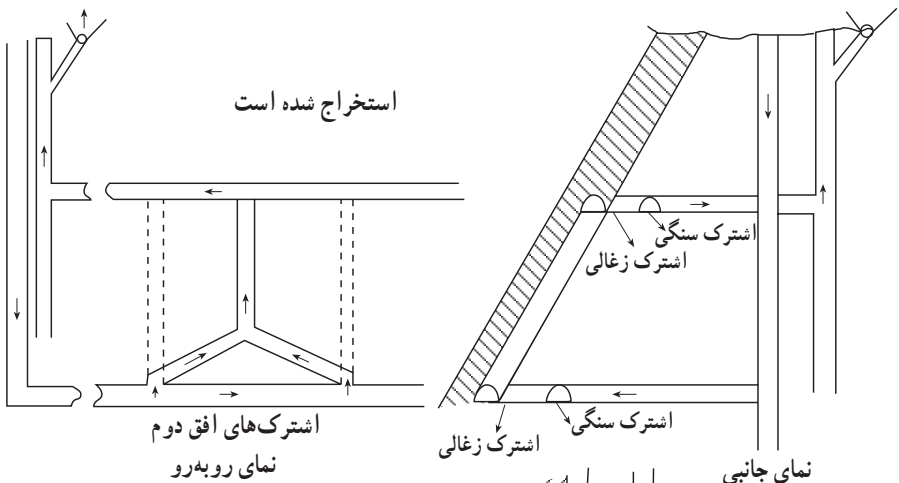
همان‌طور که در شکل ۱۳ــ۸ مشاهده می‌شود، برای احداث کارگاه‌ها پس از حفر تونل‌های امتدادی بالا و پایین، بایستی از داخل اشترک‌های زغالی دویل‌هایی در داخل ماده معدنی حفر شود و از افق دوم، دو دویل در داخل ماده معدنی به صورت مورب زده شده و هم‌زمان با حفر دویل‌های پایینی، یک دویل از بالا به پایین در داخل ماده معدنی به طرف پایین زده می‌شود و زمانی یک کارگاه کامل می‌شود که این سه دویل در یک نقطه یکدیگر را قطع کنند. محصول استخراج شده از طریق دویل‌هایی که از پایین زده می‌شود، به تونل پایینی کارگاه ریخته شده و سپس به خارج از معدن حمل می‌شود. هم‌زمان با استخراج ماده معدنی که از پایین به بالا می‌باشد، با ساخت دویل‌های چوبی در دو طرف کارگاه که داخل خاکریز احداث می‌شود، عمل تخلیه زغال استخراجی از کارگاه انجام می‌گیرد. دویل حفر شده بالایی نیز برای تهیه کارگاه و پرکردن محل استخراج شده، به‌کار می‌رود و برای انتقال مواد استخراجی از درون کارگاه بهتر است از روش کارگاه مورب استفاده کرد که با نصب ناوهای

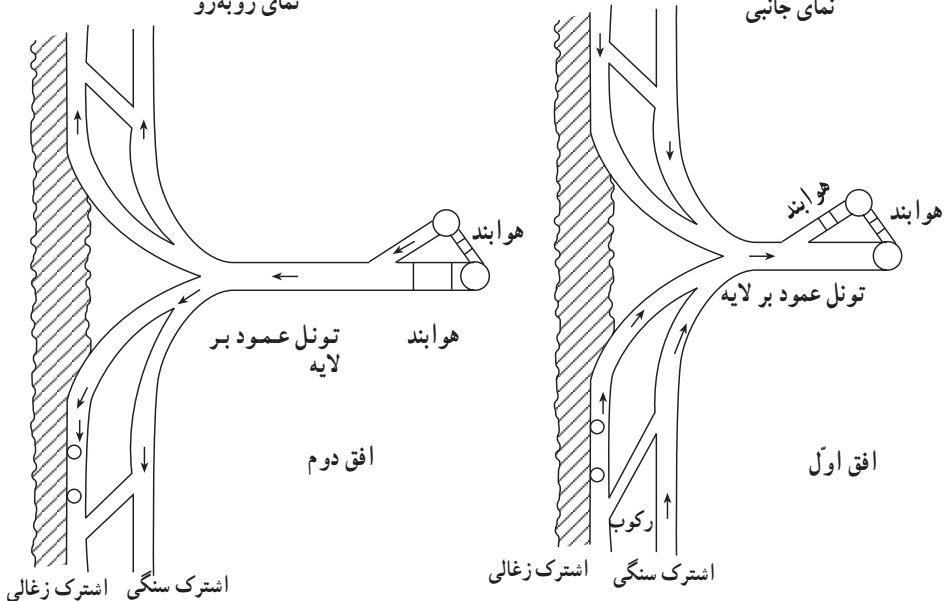
ثابت با هزینهٔ بسیار کم مواد استخراجی از درون کارگاه در اثر وزن خود خارج می‌شوند.

مقاطع هر یک از دویل‌های خاکریزی و یا زغالی احداث شده در کارگاه، به دو بخش مجزا تقسیم می‌شوند که از هر قسمت آن استفادهٔ خاصی می‌شود. مثلاً از یکی از قسمت‌ها خاکریزی می‌شود و از قسمت دیگر برای تهویه و انتقال کارگران استفاده می‌شود. شکل آن در زیر نمایش داده شده است.



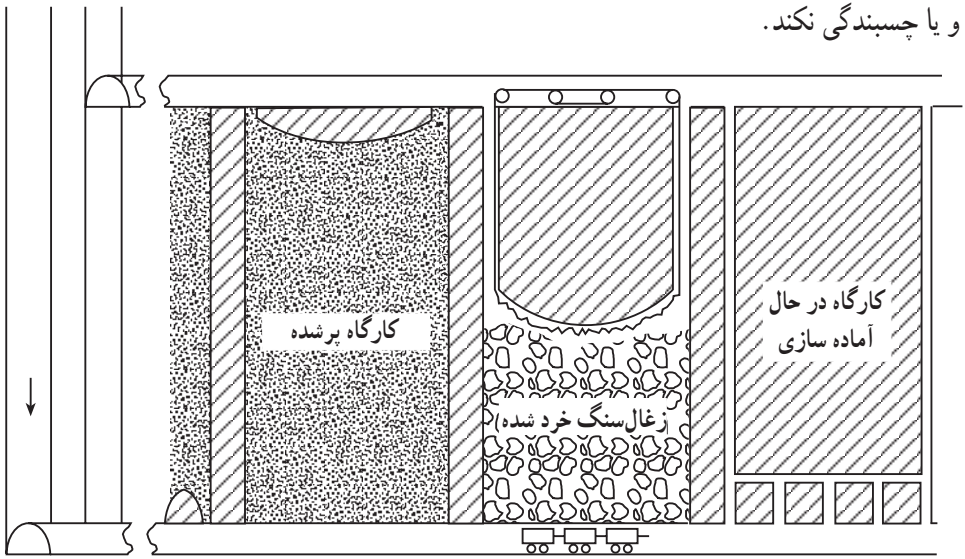
شکل ۱۲ــ۸ــ جدا کردن دویل‌های خاکریز و زغال‌ریز





شکل ۱۳ــ۸ــ روش استخراج کارگاه بالارو و خاکریزی

۲ــ روش استخراج اره: این روش استخراج نیز مانند روش استخراج بالارو و خاکریزی، یکی از روش‌های استخراج لایه‌های نازک و متوسط با شیب فراوان است و دست‌رسی به ماده معدنی در این روش نیز کاملاً مشابه روش بالارو و خاکریزی است. برای آماده‌سازی کارگاه ابتدا تعدادی دویل سرتاسری از افق پایین‌تر به افق بالازده می‌شود و با حفظ حریم مناسب، از پایین به بالا با یک زنجیر که دارای دندانه‌های برنده است، زغال استخراج می‌شود در شروع کار دو سر زنجیر را از دو دویل مجاور عبور می‌دهند و آن‌را به دور دو استوانه جرثقیل که در افق بالاتر قرارگرفته است، می‌پیچانند. با گردش متناوب این استوانه‌ها، زنجیر مانند اره، زغال را حفر می‌کند. زغال کنده شده به پایین کارگاه و از آن‌جا به داخل تونل باربری می‌ریزد. فاصلهٔ دویل‌های حفر شده به عمق و مقاومت کانسار و کمربالا و کمر پایین زغال بستگی دارد. برای خروج ماده معدنی پایین کارگاه را به شکل قیف درمی‌آورند، همان‌گونه که در روش انباره‌ای برای استخراج کانسارهای فلزی شرح داده شد. بایستی توجه داشت که برای استخراج زغال از قیف، کانسار باید شرایط ویژه‌ای داشته باشد و ایجاد خودسوزی و یا چسبندگی نکند.



شکل ۱۴ــ۸ــ روش استخراج ارّه

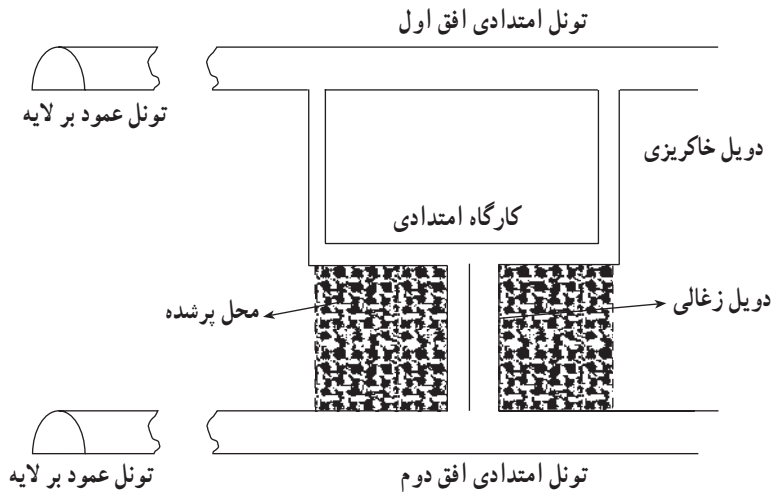
دوم ــ روش‌های استخراج لایه‌های ضخیم

الف ــ استخراج بدون تقسیم لایه به برش‌های جداگانه

۱ــ روش استخراج با حفر نوارهایی از زغال: این روش برای استخراج لایه‌های ضخیم بدون تقسیم لایه به برش‌های جداگانه است و به سه شکل مختلف نوارهای امتدادی، شیبی و نوارهای

مایل انجام می‌شود که به شرح زیر است :

۱ــ۱ــ *روش استخراج نوارهای امتدادی:* در این روش، جبهه کار کارگاه در امتداد لایه است و در هر مرتبه پیش‌روی یک نوار افقی از کانسار استخراج می‌شود. این روش، مانند روش استخراج کندن و آکندن است و بایستی پس از استخراج هر نوار، محل استخراج شده را پر کرد. نحوهٔ آماده‌سازی و استخراج در کارگاه مشابه روش کندن و آکندن است ؛ به‌طوری‌که باید حتماً در افق‌های مختلف تونل‌های امتدادی حفر و آن‌گاه دویل‌های مورد نظر زده شود و سپس، استخراج انجام گیرد.

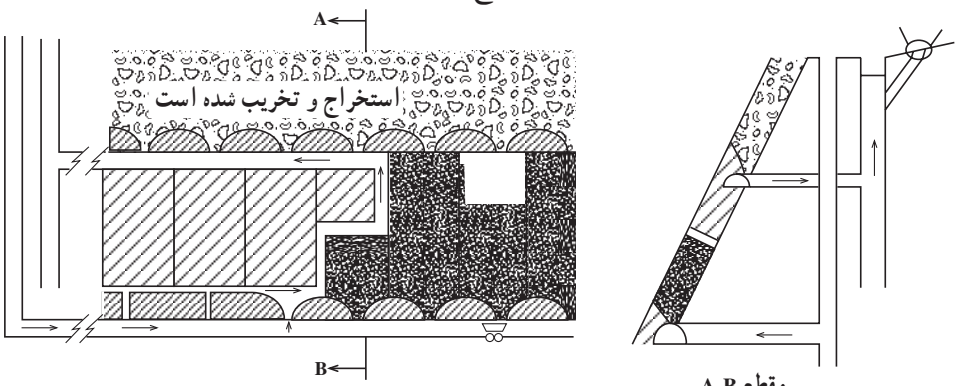


شکل ۱۵ــ۸ــ روش استخراج نوارهای امتدادی

۲ــ۱ــ *روش استخراج نوارهای شیبی:* در این روش، به علت ضخیم بودن لایه، بایستی ارتفاع قطعه‌ها را کم در نظر گرفت، یعنی ؛ فاصله افق‌ها کمتر از روش معمولی است (کمتر از حدود ۱۰۰ متر) آن‌گاه کانسار را به نوارهای شیبی تقسیم می‌کنند که هر نوار به طور مجزا از پایین به بالا استخراج می‌شود. روش استخراج هر نوار کاملاً مشابه روش انباره‌ای است. در این صورت، با حفر تونل‌های امتدادی در افق‌های بالا و پایین و حفر دویل‌های ارتباطی، بین افق‌ها و همچنین، ساخت قیف‌های تخلیه در افق پایین، شرایط برای استخراج مهیا می‌شود. آن‌گاه با استخراج ماده معدنی، آن قسمت از مواد استخراجی که به علت اضافه حجم به‌وجود می‌آید، تخلیه شده و مابقی برای تخلیه نهایی در کارگاه باقی گذاشته می‌شود.

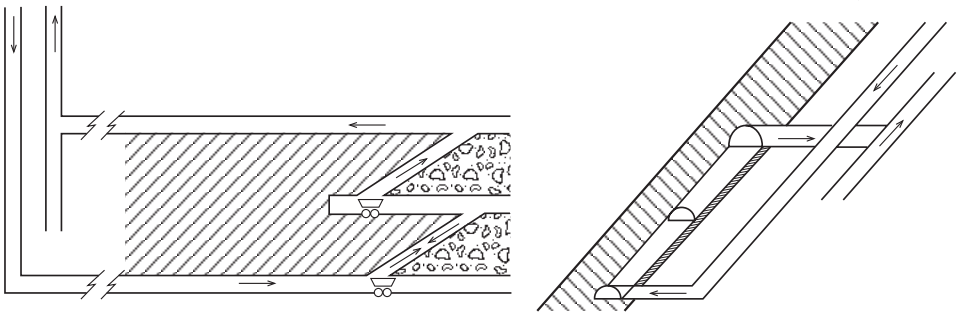
همان‌طور که در شکل ۱۶ــ۸ مشاهده می‌شود، در صورتی که در افق بالا کلیه کارگاه‌ها استخراج شده باشد، می‌توان از افق پایینی برای استخراج فاصله افق اول و دوم استفاده کرد. البته

باید بدانیم که در معادن عموماً چند افق در حال کار هم‌زمان با هم وجود دارند و باید کارگاه‌های افق‌های بالاتر قبل از کارگاه‌های پایین‌تر استخراج شده باشند.



شکل ۱۶ــ۸ــ روش استخراج نوارهای شیبی

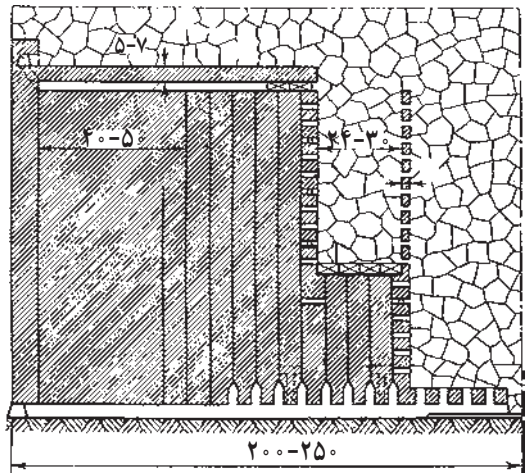
۳ــ۱ ــ *روش حفر نوارهای مایل:* در این روش که برای استخراج لایه‌های ضخیم و بدون تقسیم لایه، به برش‌های جداگانه صورت می‌گیرد، با انتخاب کارگاه مایل، شیب مناسبی برای استخراج لایه به‌وجود می‌آوریم. ابتدا، قطعهٔ معدن را به طبقات فرعی تقسیم کرده و هر یک از طبقات فرعی را توسط نوارهایی که نسبت به امتداد لایه مایل است، استخراج می‌کنند و مواد استخراجی از طبقات فرعی به پایین‌ترین افق و در نهایت به تونل باربری انتقال می‌یابند. پس از استخراج ماده معدنی عمل پرکردن هم صورت می‌گیرد.



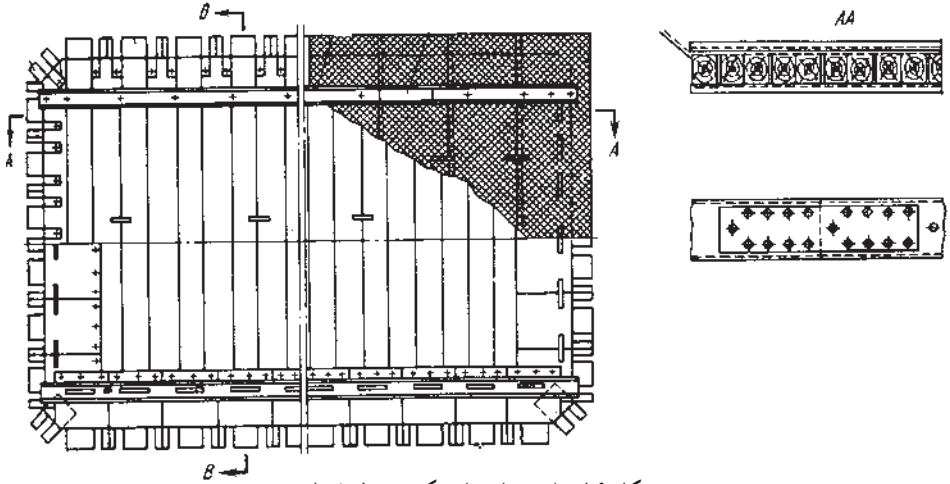
شکل ۱۷ــ۸ــ روش حفر نوارهای مایل

۲ــ روش استخراج سپر محافظ: نحوهٔ استخراج در این روش، این است که پس از دست‌رسی به زغال با حفر تونل‌های امتدادی در افق‌های اول و دوم به فاصله بین ۸ تا ۱۰ متر از پایین به بالا، دویل‌هایی حفر می‌شود و روش استخراج از بالا به پایین است در این روش، نوارهای استخراجی یک‌جا استخراج می‌شوند. برای حفاظت کارگران از ریزش سنگ‌ها، داخل کارگاه استخراج سپر محافظی از

جنس قطعات فولادی در بالای محل کار احداث می‌شود. توسط تیرهای آهنی و الوارهای چوبی و قطعات نبشی سپرهای مقاوم و محافظ در انتهای دویل‌ها ساخته می‌شود و اگر ضخامت لایه بیش از ۱۰ متر باشد دو سپر در مجاور هم استفاده می‌شود ؛ به‌طوری‌که سراسر ضخامت لایه پوشیده شود. برای بالابردن ایمنی کار معمولاً هر ۲۴ تا ۳۰ متر پایه‌هایی از زغال که ابعاد آن‌ها ۲×۲ متر است، در دو طرف هر برش به جا می‌ماند و استخراج زغال از زیر سپر شروع می‌شود و به تدریج که زیر سپر استخراج شد، با کشیدن وسایل نگه‌داری زیر آن، سقف ریزش کرده و این عمل تا آخرین مرحله انجام می‌شود. در این روش بیشتر تیرهای چوبی و آهنی و نبشی‌ها بازیافت می‌شوند و مقداری از آن نیز از بین می‌رود.



شکل ۱۸ــ۸ــ روش استخراج سپر محافظ

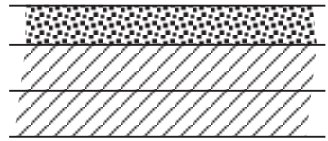


شکل ۱۹ــ۸ــ ساختمان یک سپر (منفرد)

ب ــ روش‌های استخراج با تقسیم لایه‌به برش‌های جداگانه

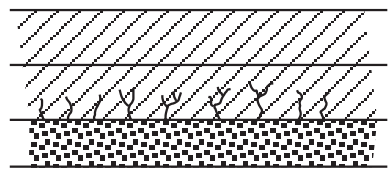
۱ ــ روش برش‌های مایل: در این روش، لایه ضخیم ماده معدنی را به چند برش با ضخامت متوسط تقسیم کرده و هر برش را به‌طور مجزا استخراج می‌کنند. برای استخراج برش‌ها هم می‌توان از بالا به پایین و هم از پایین به بالا این عمل را انجام داد. همچنین اگر در داخل لایه مادهٔ معدنی یک یا چند لایه باطله وجود داشته باشد، می‌توان اندازه برش‌ها را به میزان این لایه‌ها انتخاب کرد. حال به شرح هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم :

۱ ــ ۱ ــ برش‌های مایل از بالا به پایین: همان‌طور که از نام آن پیداست، استخراج برش‌های مایل در این روش، از بالا به پایین انجام می‌شود. در لایه‌هایی که کمر بالای آن‌ها سست باشد، می‌توان پس از استخراج برش‌ها سقف را تخریب کرد و در لایه‌هایی که کمر بالای مقاوم‌تری دارند، محل استخراج را می‌توان پر کرد. تونل‌های اصلی باربری معمولاً در بخش زیرین لایه و در کمر پایین یا نزدیک آن حفر می‌شوند. در هر برش، راهروهای افقی مربوط به آن برش جداگانه حفر شده و با عمود بر لایه‌های کوتاه که در داخل لایه قرار دارند، به دویل‌های باربری در پایین‌ترین قسمت لایه اتصال پیدا می‌کنند. برای تأمین ایمنی لازم در حین کار و همچنین، برای عدم تداخل سنگ سقف با زغال برش‌های پایینی کف کارگاه را تخته‌بندی کرده یا از توری سیمی استفاده می‌کنند.

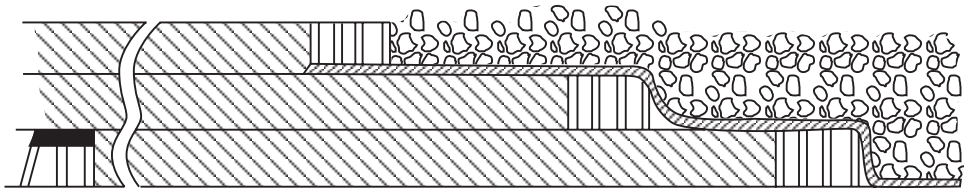


شکل ۲۰ــ۸ــ استخراج به روش برش‌های مایل از بالا به پایین

۲ ــ ۱ ــ برش‌های مایل از پایین به بالا: در صورتی‌که لایه، شیب‌دار باشد، از این روش می‌توان استفاده کرد. تونل باربری در روی کمر پایین قرار می‌گیرد ولی اگر فشار طبقات فراوان باشد، در داخل کمر پایین و زیر زغال حفر می‌شود. معمولاً ضخامت برش‌های پایینی، بیشتر از برش‌های بالاتر انتخاب می‌شود. پس از استخراج هر برش، محل استخراج شده کاملاً پرمی‌شود و فقط برش آخر را می‌توان تخریب کرد. همچنین ؛ جبهه کار برش تحتانی همیشه تا حدی جلوتر از جبهه‌کار برش فوقانی است.

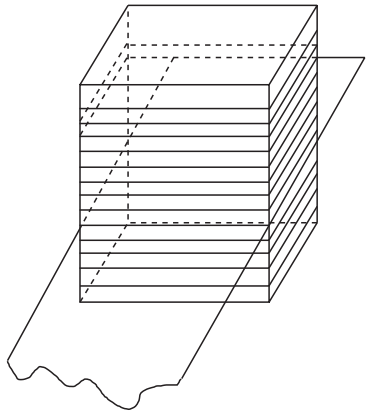


شکل ۲۱ــ۸ــ استخراج به روش برش‌های مایل از پایین به بالا



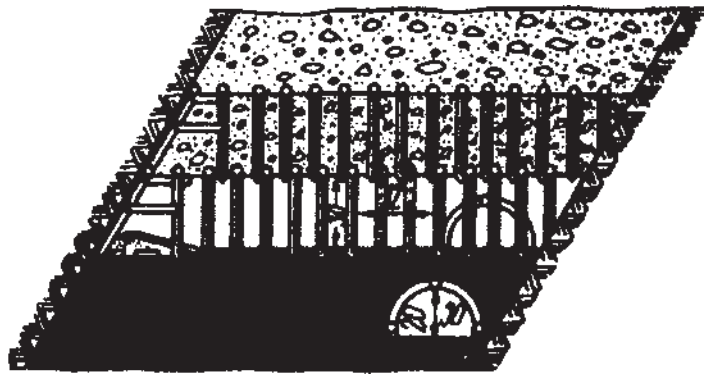
شکل ۲۲ــ۸ــ استخراج سه برش هم‌زمان با هم

۲ــ روش برش‌های افقی: معمولاً در لایه‌هایی که ضخامت آن‌ها بیش از ۸ تا ۹ متر بوده و شیب بالای ۴۰° دارند، از این روش می‌توان استفاده کرد. در یک طبقهٔ کار استخراج برش‌ها می‌تواند رو به پایین و یا روبه‌بالا انجام گیرد. باید بدانیم این روش را می‌توان در شیب‌ها و ضخامت‌های کمتر نیز انجام داد. در این روش، عرض جبهه کار محدود به ضخامت افقی لایه و طول آن مساوی طول قطعه است. حال به شرح هر یک از این دو روش می‌پردازیم :

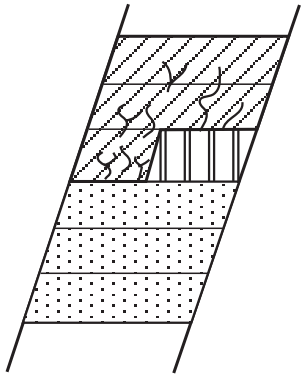


شکل ۲۳ــ۸ــ روش برش‌های افقی

۱ــ۲ــ *برش‌های افقی از بالا به پایین:* در این روش، طبقهٔ کار به طبقات فرعی تقسیم نمی‌شود و جبهه کار استخراجی در جهت امتدادی و یا عمود بر امتداد لایه است. اگر جبهه کار در جهت امتدادی باشد، از کمر پایین به کمر بالا پیش‌روی می‌کند و اگر جبههٔ کار عمود بر امتداد لایه باشد، از مرزهای قطعه به‌طرف مرکز پیش‌روی کرده و پس از تکمیل یک برش، برش بعدی پایین آن انجام می‌شود. در این روش نیز برای نگه‌داری وزن مواد پرکننده در بالای سر، از چوب و تخته‌بندی و یا قراردادن توری سیمی در کف کارگاه استفاده می‌شود.

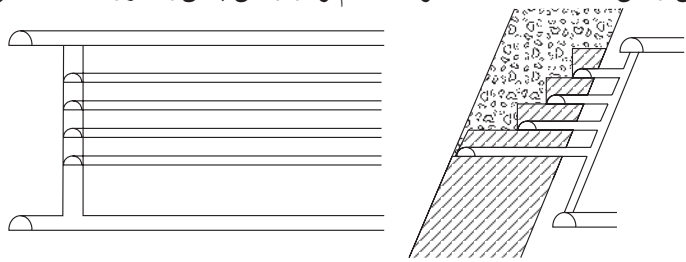


شکل ۲۴ــ۸ــ روش استخراج برش‌های افقی از بالا به پایین



شکل ۲۵ــ۸ــ روش استخراج برش‌های افقی از پایین به بالا

۲ــ۲ــ *برش‌های افقی از پایین به بالا:* در این روش، استخراج به طرف بالا بوده و کارگاه با کرسی‌چینی تخته‌بندی می‌شود و جهت پیش‌روی استخراج از کمر پایین به طرف کمر بالا است. پس از استخراج دو برش و هنگام شروع استخراج برش سوم، برش اول را پر می‌کنند. به علت ضخامت بسیار لایه، چون تراکم مواد پرکننده به هیچ وجه به اندازهٔ تراکم ماده معدنی برجا نیست، فشار زیاد طبقات فوقانی کمر بالا باعث نشست فراوانی شده و فشار فوق‌العاده‌ای به مادهٔ معدنی بالای جبههٔ کار که هنوز استخراج نشده، وارد می‌آورد و سبب ایجاد شکستگی در لایه می‌شود که این شکستگی‌ها، عمل استخراج را دشوار و خطرناک می‌کند. به‌طور کلی، این روش به علت مشکلات فراوان، کم‌تر از روش پایین‌رو مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲۶ــ۸ــ برش‌های افقی از پایین به بالا

سوم ــ سایر روش‌های استخراج

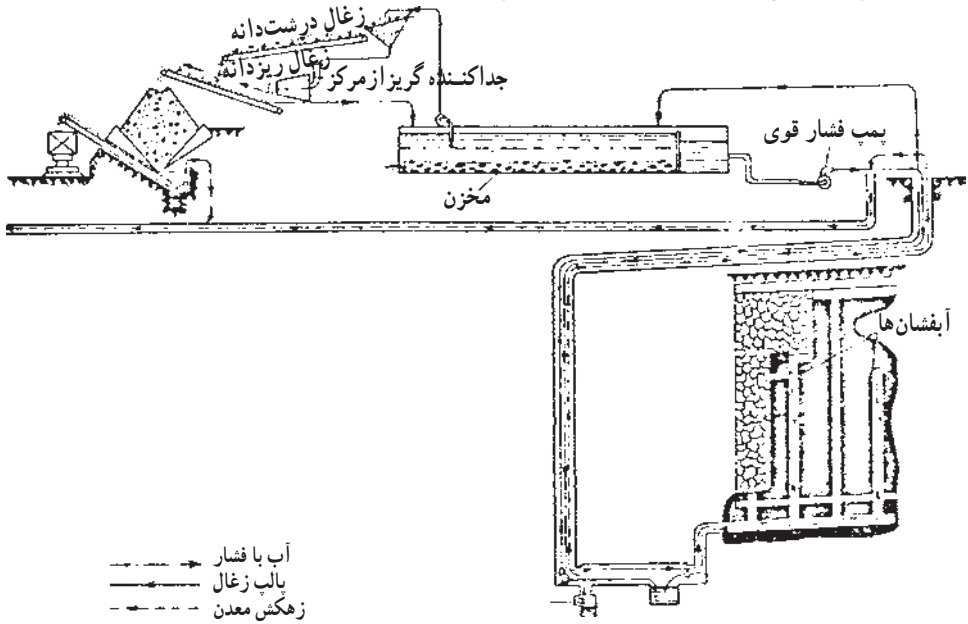
الف ــ استخراج به وسیله فشار آب (استخراج هیدرولیکی): یکی از روش‌هایی که امروزه در بعضی از معادن زغال‌سنگ دنیا متداول شده است. استخراج آن با استفاده از فشار آب می‌باشد. برای استخراج به این روش همانند آن‌چه در استخراج سنگ‌های تزیینی و نمای‌گفته شد، دستگاه‌های آبفشان مخصوصی به کار برده می‌شود که دارای نازل‌هایی بوده و آب را با فشار به سینه کار استخراجی روانه می‌کند. برای شروع به کار استخراج، بعد از دست‌رسی به ماده معدنی و آماده‌سازی کارگاه استخراج به یکی از صورت‌هایی که قبلاً هم توضیح داده شده، دستگاه آبفشان و پمپ‌های آن در یک محل مخصوص و مناسب در سطح زمین قرارگرفته و به کمک شیلنگ‌های مخصوص نازل‌ها که به نام مونیتور[1] معروف است در فاصلهٔ معین از جبهه کار نصب می‌گردند. با روشن شدن پمپ‌ها آب با فشار به جبهه‌کار برخورد کرده و باعث کنده‌شدن زغال می‌شود. مخلوط آب و زغال کنده شده[2] از داخل کارگاه

۱ــ monitor یا jaint ۲ــ Pulp

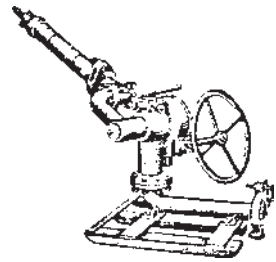
استخراج به تونل باربری پایین کارگاه هدایت شده و از آن‌جا توسط کانال‌ها یا جوی‌هایی که عمدتاً از چوب ساخته شده‌اند، به مخزن ته چاه انتقال می‌یابد. سپس از طریق لوله به سطح زمین پمپاژ می‌شود.

اگر زغال استخراجی نیاز به فرآوری داشته باشد، در این صورت مخلوط آب و زغال کنده شده مستقیماً به کارخانه منتقل شده و در آن‌جا آب موجود در زغال تصفیه می‌شود. اگر هم نیاز به تغلیظ نباشد آب و زغال به‌طور ساده وارد حوضچه‌های ته نشینی شده و صاف می‌شوند. در هر حال آب جدا شده از زغال استخراجی مجدداً وارد سیکل استخراج می‌گردد.

در این روش می‌توان قبل از شروع به استخراج و به منظور شل کردن لایه‌های زغال از تزریق هوای فشرده یا آتش‌کاری درون زغال کمک گرفت.

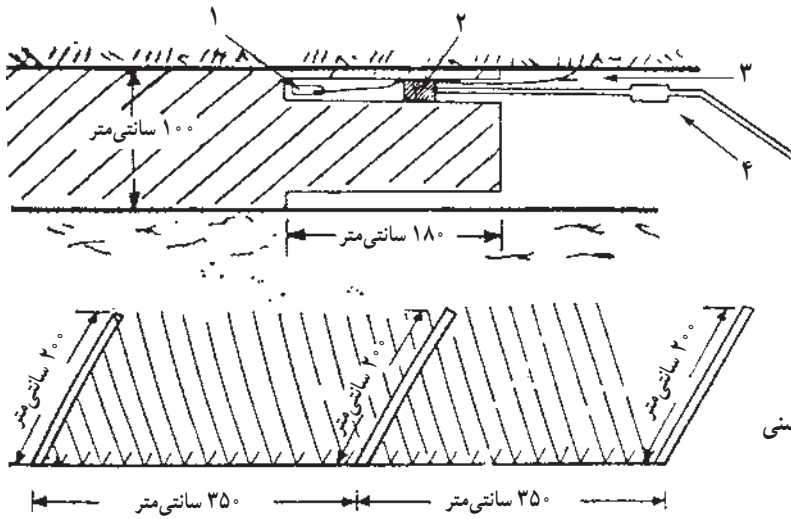


شکل ۲۷ــ۸ــ روش استخراج هیدرولیکی زغال

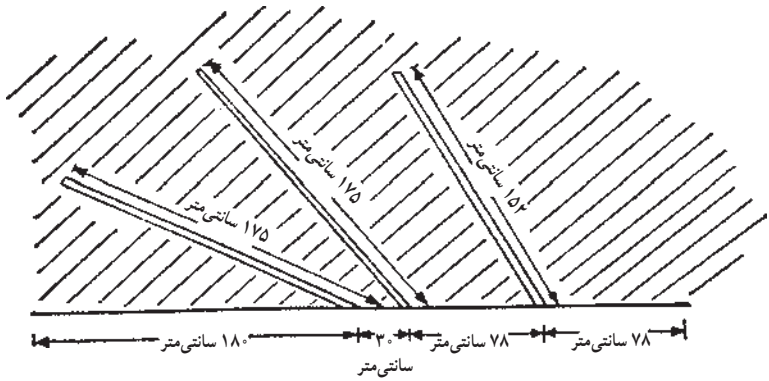


شکل ۲۸ــ۸ــ دستگاه تزریق آب (مونیتور)

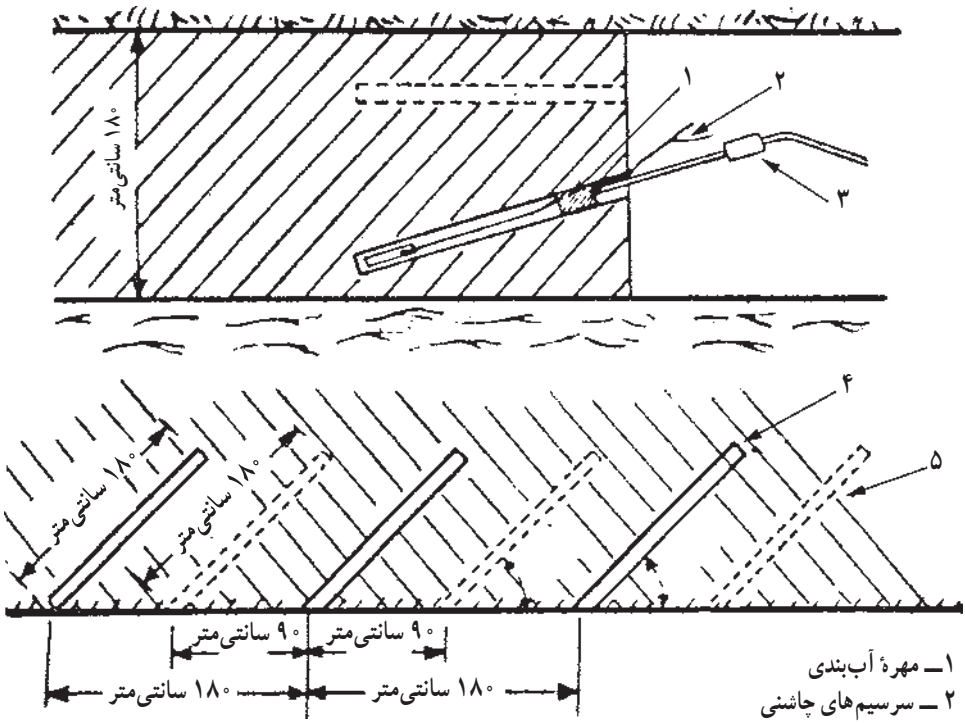
ب ــ استخراج زغال به کمک آتش‌کاری و تزریق آب: روش استخراج آتش‌کاری با تزریق آب در اکثر لایه‌های زغالی قابل اجرا بوده و با وجود توسعه روش‌های مکانیکی همواره مورد توجه معدنکاران قرار داشته است. در این روش علاوه بر مواد منفجره داخل چال‌ها، آب، تحت فشار ۱۵ــ۲۳ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع به چال وارد شده و دهانهٔ آن مسدود می‌گردد. به کمک این روش تا حدود بسیار زیادی می‌توان از تولید گرد و غبار در هنگام آتش‌کاری جلوگیری کرده و همچنین از خطر آتش‌گیری و انفجار در محیط‌های گازدار کانسار کاسته می‌شود.



شکل ۲۹ــ۸ــ روش آتش‌کاری با برش زیرین (برش و مقطع عمودی)



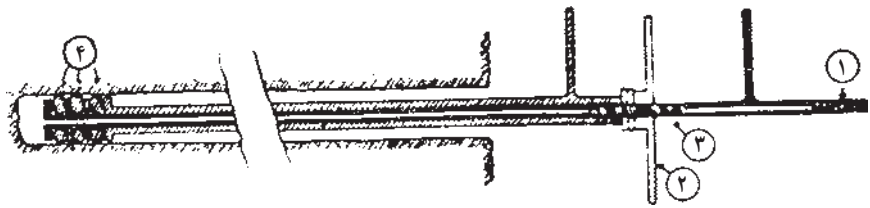
شکل ۳۰ــ۸ــ استفاده از چال‌های مورب برای تزریق آب و آتش‌کاری



۱ــ مهرهٔ آب‌بندی
۲ ــ سرسیم‌های چاشنی
۳ــ لوله تزریق آب
۴ــ چال‌های تحتانی
۵ــ چال‌های فوقانی

شکل ۳۱ــ۸ــ آتش‌کاری زغال در جا (برش و مقطع عمودی)

همان‌گونه که مطرح شد، علاوه بر کاهش گرد و غبار که بر اثر تزریق آب حاصل می‌شود، درزه و شکاف موجود در لایه‌های زغال که ممکن است دارای گاز متان باشند، پر از آب شده و در این صورت خطر انفجار نیز کاهش می‌یابد. میزان گرد و غبار ناشی از انفجار این قبیل چال‌ها هم به علت وجود آب و مقدار کم ماده منفجره، معمولاً خیلی کمتر از مواقعی است که در روش‌های معمولی آتش‌کاری دیده می‌شود.



۱ــلوله ورود آب ۲ــ دسته مخصوص آب‌بندی چال ۳ــ پیچ جوش داده شده ۴ــ حلقه‌های لاستیکی آب‌بندی

شکل ۳۲ــ۸ــ لوله تزریق آب

ج ــ استخراج زغال از طریق تبدیل آن به گاز: این روش هنوز به طور کامل توجیه فنی و اقتصادی نداشته و بیشتر برای آزمایش‌های اولیه در معادن مورد استفاده قرار می‌گیرد. استخراج زغال در این حالت از طریق سوزاندن و تبدیل آن به گاز انجام می‌شود. بدین ترتیب که ابتدا دو چاه قائم یا مایل در دو انتهای ناحیه موردنظر حفر شده و این دو چاه توسط یک تونل دنبال لایه به یکدیگر مرتبط می‌گردد. زغال موجود در راهرو به طرق مختلف آتش‌زده شده و سوزانده می‌شود. سپس از یک چاه هوا را وارد جبهه کار کرده و از چاه دیگر گاز حاصل از سوختن را بیرون می‌کشند. در واقع در این روش از گاز بدست آمده در اثر سوختن زغال استفاده می‌برند.

امروزه برای کاهش هزینه‌ها به جای حفر چاه و تونل از حفر گمانه توسط دستگاه‌های گمانه‌زنی استفاده می‌کنند. در این حالت هم هوا از یک گمانه وارد شده و از گمانهٔ دیگر گاز بیرون می‌آید.

خودآزمایی

۱ــ خواص مهم زغال سنگ چیست؟ در مورد هر یک توضیح دهید.
۲ــ عوامل مؤثر در روش استخراج کانسارهای رسوبی چیست؟
۳ــ نحوهٔ آماده‌سازی کارگاه استخراج چگونه انجام می‌شود؟
۴ــ مهم‌ترین روش‌های استخراج کانسارهای رسوبی و زغال چیست؟
۵ــ در استخراج به روش جبهه‌کار طویل چه مواردی را باید رعایت نمود؟
۶ــ روش استخراج اتاق و پایه در کانسارهای رسوبی چگونه صورت می‌گیرد؟
۷ــ استخراج دندانه ارّه‌ای چگونه صورت می‌گیرد؟
۸ــ در استخراج نوارهای امتدادی و شیبی چه مواردی باید رعایت شود؟
۹ــ نحوهٔ استخراج به روش برش‌های مایل چگونه است؟
۱۰ــ استخراج با استفاده از فشار آب در زغال چگونه انجام می‌شود؟
۱۱ــ در چه مواردی برای استخراج زغال آن را به گاز تبدیل می‌کنند؟

فصل نهم

ماشین‌های ویژه استخراج زغال‌سنگ در معادن زیرزمینی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلّیّاتی درمورد ماشین‌های ویژه استخراج زغال در معادن زیرزمینی بیان کند.

۲ــ ماشین هاواژ را تشریح کند.

۳ــ ماشین‌های حفار بارکننده را توضیح دهد.

۴ــ ماشین رنده حفاری را شرح دهد.

۵ــ سایر ماشین آلات استخراج زغال‌سنگ را بیان کند.

کلّیّات

فعال‌ترین صحنه عملیات در معادن زغال‌سنگ کارگاه‌های استخراج است. با پیش‌رفت‌هایی که در سال‌های اخیر در زمینهٔ استخراج زغال‌سنگ حاصل شده بالا رفتن ظرفیت تولید و افزایش پیش‌روی روزانه در سینه‌کار و کارگاه‌های استخراج، مورد توجه قرار گرفته است. امروزه ؛ کاربرد ماشین‌آلات جدید و فناوری توسعه یافته سبب شده که در کارگاه‌های استخراج زغال‌سنگ در زیرزمین شرایط آسان‌تری برای حفر و انتقال زغال سنگ به بیرون معدن فراهم شود. درواقع اصول کار این دستگاه‌ها و ماشین‌آلات بر پایه استفاده از اجزای برش یا دندانه‌های برنده برای برش دادن، کندن و تراشیدن زغال قرار دارد. وضعیت دندانه‌های برنده و نصب صحیح و تیزی مناسب آن‌ها، خواه برروی زنجیر، دیسک، غلتک و یا هر نوع وسیله دورانی دیگر نصب شده باشند، دارای اهمیت بسیار است! در این مبحث به شرح تعدادی از ماشین‌آلات مخصوصی که در این زمینه در کارگاه‌های زیرزمینی استخراج زغال به‌کار می‌رود، می‌پردازیم.

ماشین‌های هاواژ

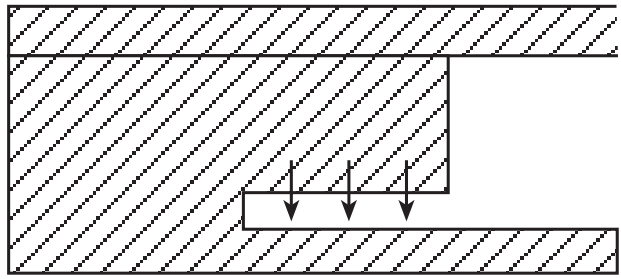
به این ماشین‌ها زغال بُر نیز می‌گویند که کار آن‌ها ایجاد شکاف در قسمت‌های کف، سقف یا دوطرف زغال‌سنگ از طریق برش ماده معدنی است.

کلّیّه ماشین‌های هاواژ، کار خود را با خرد کردن فیزیکی زغال‌سنگ یا هر نوع مادهٔ معدنی نرم دیگر انجام می‌دهند.

دندانه‌های برندهٔ متحرک که برروی زنجیر، دیسک یا غلتک‌هایی نصب شده‌اند، در برخورد شدید با ماده معدنی و اعمال نیروهای فشاری و برشی، آن‌ها را خرد می‌کنند.

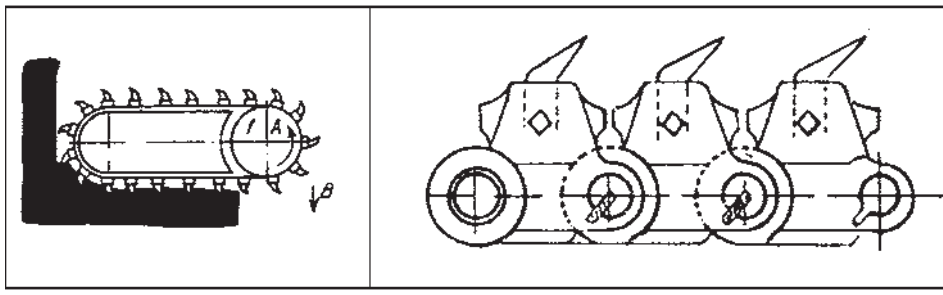
هرگاه، مطابق شکل ۱ــ۹ در زیر یک لایه زغال شکافی حفر شود، وزن زغال قسمت‌های بالای

شکاف، باعث می‌شود که قسمت مذکور به‌راحتی بریزد و چنانچه زغال سخت باشد، بر اثر ایجاد سطح آزادی که هاواژ آن را بریده است، می‌توان با نیروی کمتر و به‌کمک اهرم، زغال را از لایه جدا کرد.

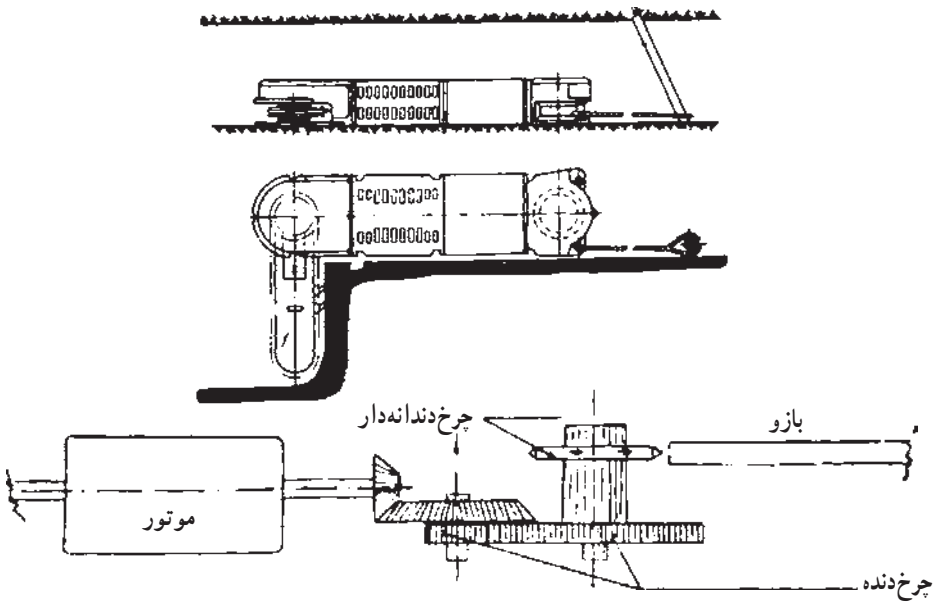


شکل ۱ــ۹ــ ایجاد شکاف در زیر لایه ماده معدنی

به‌طور کلی ماشین‌های هاواژ از یک موتور الکتریکی تشکیل شده‌اند که نیروی لازم را برای به گردش درآوردن یک مکانیزم متحرک برنده تأمین می‌کند. با توجه به این که در کارگاه‌های زغال‌سنگ گاز متان از لایه متصاعد می‌شود، بایستی از تجهیزات برقی ضد انفجار در دستگاه استفاده شود و کلیه کابل‌ها و اتصالات و کلیدهای خودکار بدون استثناء، ضد جرقه و انفجار باشند. پس از آن که نیروی موتور تولید شد، حرکت دورانی آن را به یک چرخ دندانه‌دار منتقل می‌کنند و چون سوراخ‌های زنجیر در دندانه‌های چرخ درگیر می‌شوند، حرکت چرخ دندانه‌دار سبب حرکت زنجیر بی‌انتها می‌شود و این حرکت به طور مستمر ادامه پیدا می‌کند و قسمت اصلی برنده زغال را تشکیل می‌دهد.

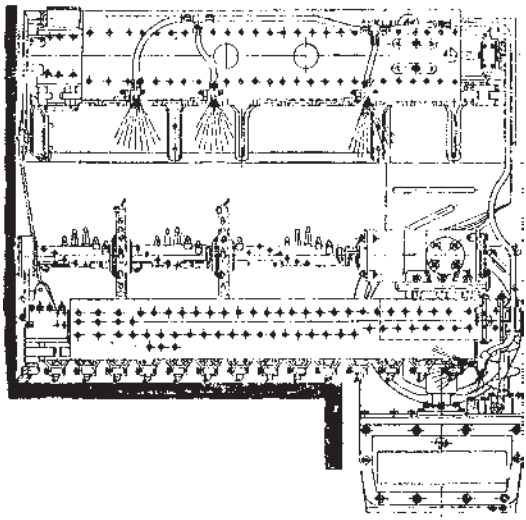


شکل ۲ــ۹ــ مکانیزم متحرک زنجیر و نحوه ایجاد شیار



شکل ۳ــ۹ــ قسمت کشش و حرکت‌دهنده زنجیر

مهم‌ترین بخش ماشین‌های هاواژ، بازوی حفاری آن‌هاست که حول محوری در قسمت حرکت‌دهنده زنجیر قابل دوران است. یک موتور هیدرولیکی کار حرکت بازوی حفاری نسبت به دستگاه را انجام می‌دهد و زاویه آن را می‌توان تغییر داد ؛ به‌طوری که بازو بتواند در امتداد دستگاه یا به‌حالت عمود نسبت به دستگاه قرارگیرد. در سراسر محیط بازوی حفاری، زنجیر برنده واقع شده که عمل برش زغال و ایجاد شکاف را انجام می‌دهد. یادآوری می‌شود که بعضی از دستگاه‌های هاواژ با کمک نیروی محرکه هوای فشرده کار می‌کنند و درنتیجهٔ خروج هوای فشرده از دهانهٔ خروجی این ماشین‌ها و یا حرکت خود ماشین، گرد و غبار زیادی ایجاد و منتشر می‌شود که برای این منظور سیستم‌های آب‌پاش مخصوصی در آن‌ها تعبیه شده که آب را از محل مناسبی دریافت می‌کند و به محل حفاری و یا زنجیر حفار هدایت می‌کند ؛ سپس با کمک دستگاه آب‌پاش گرد و غبار را فرو می‌نشانند.



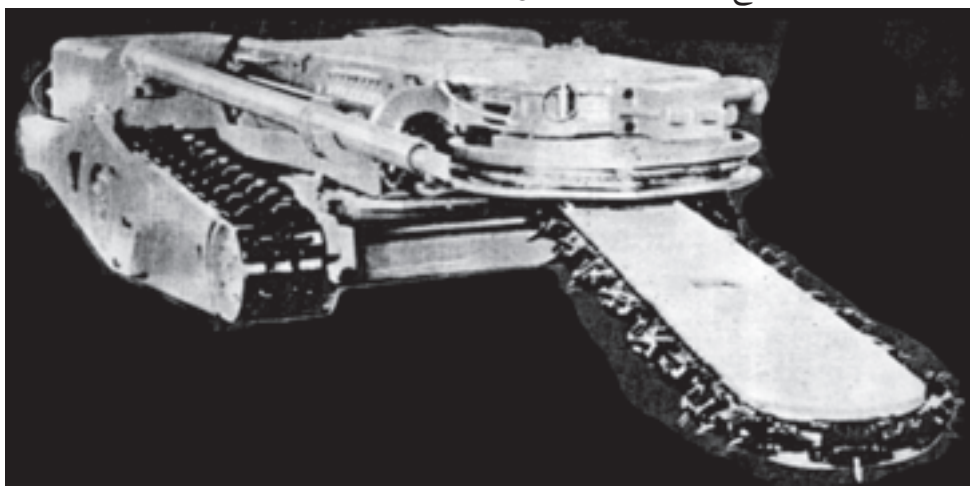
شکل ۴ــ۹ــ سیستم آب‌پاشی در ماشین هاواژ

زنجیر بُرنده در ماشین هاواژ شامل قطعات متعددی است که هرکدام از این قطعات شامل یک دندانهٔ برنده است و کلّیّه آن‌ها با لولا به یکدیگر متصل و در نهایت زنجیر بی‌انتها و بازوی حفاری را به‌وجود می‌آورند.

شکل ۵ــ۹ــ تیغه ماشین هاواژ

در انتهای ماشین هاواژ، قسمت کشش قرار گرفته است که شامل قرقره‌ای است که به دور آن چند ردیف کابل پیچیده شده است. در هنگام کار با دستگاه، آن را در قسمت پائین کارگاه قرار می‌دهند و کابل مربوط به کشش را به دور ستونی که در بالای کارگاه استخراج در محل مناسبی واقع

است، می‌بندند و به‌طورهم‌زمان دستگاه قرقره می‌چرخد و پس از آن که کابل به‌تدریج دور آن پیچیده شد، کل دستگاه به‌تدریج به‌طرف بالا کشیده می‌شود.



شکل ۶ــ۹ــ یک نوع ماشین هاواژ

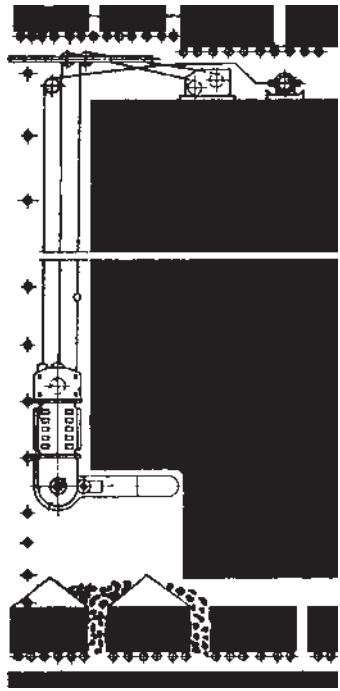
محدودیت‌های ماشین هاواژ

یکی از محدودیت‌های کاربرد ماشین‌های هاواژ این است که آن‌ها را فقط در لایه‌های منظم می‌توان به‌کار بُرد ؛ زیرا چنانچه لایه پله‌پله یا شکستگی داشته باشد، جابه‌جا کردن دستگاه وقت و انرژی فراوانی را صرف کرده است. درنتیجه ؛ راندمان کار کارگاه تقلیل می‌یابد محدودیت دیگری که وجود دارد، این است که امکان استفاده از ماشین‌های هاواژ در لایه‌های پرشیب وجود ندارد و فقط از آن‌ها در لایه‌های با شیب کم و متوسط (کمتر از ۴۵ درجه) می‌توان استفاده کرد. بدیهی است، از لحاظ عمق شکاف ایجاد شده در داخل زغال و ضخامت آن، محدودیت به‌طول بازوی حفاری و ارتفاع آن باز می‌گردد. معمولاً در شرایط عادی، عمق حدود ۱ تا ۱/۲۵ متر و ضخامت ۱۲ تا ۲۰ سانتی‌متر برای شکاف مناسب تشخیص داده می‌شود و همین اندازه‌ها مورد عمل واقع می‌گردد.

روش استفاده از ماشین هاواژ در کارگاه استخراج

همان‌طور که از قبل بیان شد، برای شروع عملیات، ماشین‌هاواژ را در قسمت پایین کارگاه استخراج، مستقر می‌کنند و کابل مربوط به قسمت کشش دستگاه را به ستون‌هایی که در بالای کارگاه استخراج قرار دارند، می‌بندند. سپس ؛ زنجیر برنده را به‌کار می‌اندازند و با کمک موتور هیدرولیکی بازوی حفاری را به‌تدریج بر بدنهٔ دستگاه عمود می‌کنند. در این حالت بازو شکافی در زیر لایه زغال

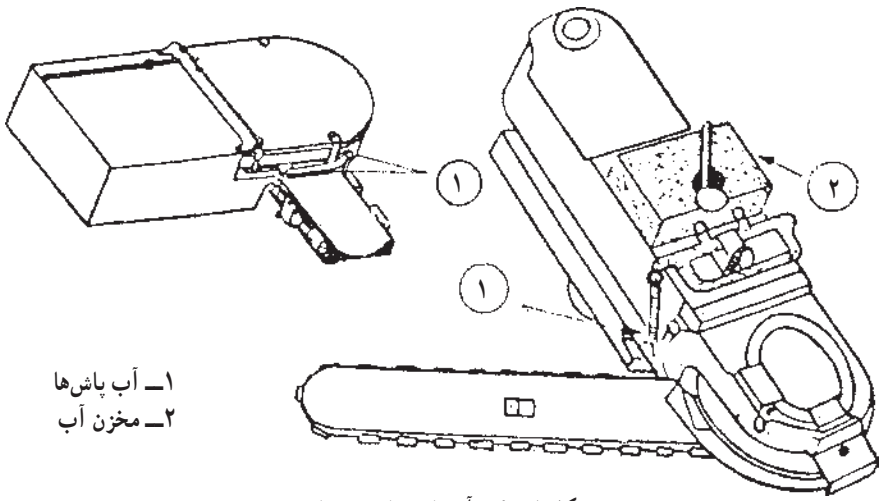
ایجاد می‌کند. حال بازوی حفاری در بهترین موقعیت خود قرار گرفته و کافی است که دستگاه از طریق کابل و قرقره‌های مربوط به‌طرف بالای کارگاه استخراج هدایت شود. در این حالت، یک برش طولی در کارگاه استخراج توسط ماشین‌هاواژ حفر شده و پس از آن که زغال‌سنگ واقع در بالای برش، استخراج شد ؛ دستگاه بدون آن که برشی از سمت بالا به‌طرف پایین در لایه دهد، برای شروع مرحلهٔ بعد، به پایین کارگاه انتقال می‌یابد و مطابق وضعیّت اشاره شده در بالا، بار دیگر کار حفر زغال و ایجاد شکاف در طول لایه تکرار می‌شود.



شکل ۷ــ۹ــ نحوهٔ عملکرد ماشین هاواژ در جبهه کار

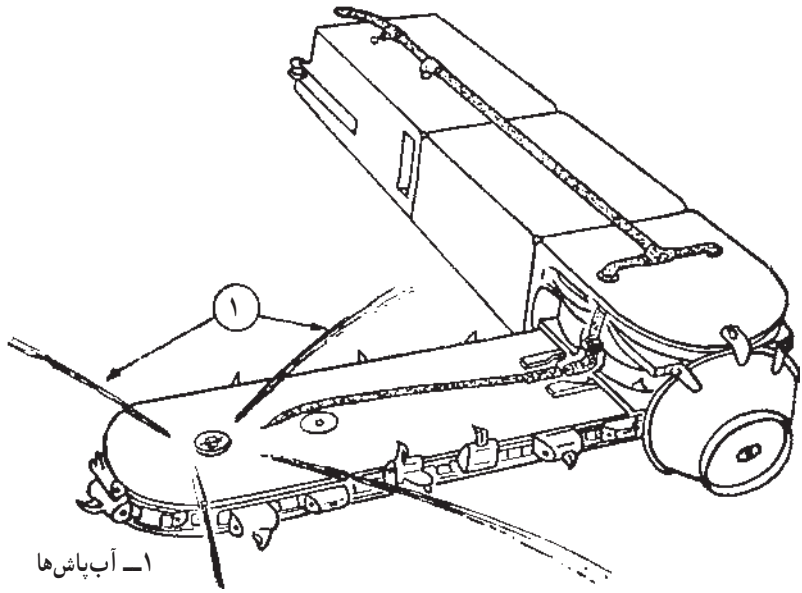
فرو نشانی گرد و غبار حاصل از کار دستگاه هاواژ

همان‌طور که توضیح داده شد، مشکل بزرگ گرد و غبار که درنتیجهٔ کار ماشین‌های هاواژ پدیدار می‌شود، کاربرد آب در این دستگاه برای فرونشانی گرد زغال است. به این علت روش هاواژ به طریق مرطوب با استفاده از آب‌پاش‌ها متداول شده است. اولین تلاش در این زمینه عبارت از آب‌پاشی دستی بود که به‌علت ایجاد توده بزرگ گل و لای زغال چسبناک چندان مفید واقع نمی‌شد. در حال‌حاضر، با استفاده از دو سیستم آب‌پاش خارجی و سیستم تغذیه آب داخلی از ایجاد گرد و غبار با ماشین‌هاواژ جلوگیری می‌شود.



۱ــ آب پاش‌ها
۲ــ مخزن آب

شکل ۸ــ۹ــ آب‌پاش ماشین حفار



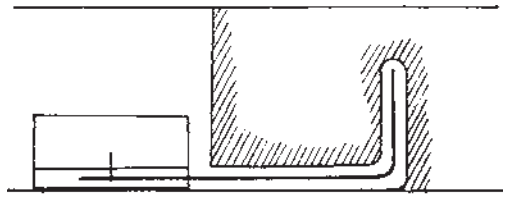
۱ــ آب‌پاش‌ها

شکل ۹ــ۹ــ بازوی حفار با تغذیه آب داخلی

در زمینهٔ استفاده از مواد دیگر به‌جای آب، برای فرونشانی گرد زغال حاصل از کار ماشین‌های هاواژ، آزمایش‌هایی انجام شده تا مخلوطی از کف و محلول‌های مرطوب کننده، با قدرت‌های مختلف را جانشین آب خالص کنند. به‌طوری که مشخص شده هزینه‌های کاربرد کف در مقایسه با هزینهٔ مبارزه با گرد و غبار ناشی از حفاری زغال‌های مرغوب که با اشکال مرطوب می‌شوند، ممکن است کمتر باشد ولی هنوز این اقدامات جنبه عمومی و اجرایی پیدا نکرده است.

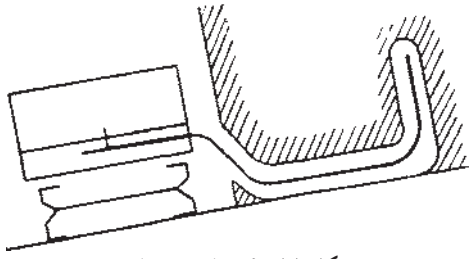
ماشین‌های حفار بارکننده

امروزه، کاربرد ماشین‌های حفار بارکننده در معادن زیرزمینی، سبب شده تا فعالیت‌هایی که در روش‌های قدیمی استخراج معدن، نیاز به محوطهٔ وسیع و چندین گروه کارگر، در طول مدت دو یا چند شیفت کار داشته است، در مکانی محدود و متمرکز و با صرف وقت کمتر و تعداد کارگر کمتر، با راندمان بالایی انجام شود. این نوع ماشین‌آلات، دارای این ویژگی هستند که عملیات حفر زغال‌سنگ و بارگیری به‌طور هم‌زمان با یکدیگر و در یک ماشین انجام می‌گیرد. ماشین‌های حفار بارکننده، شامل دو مکانیزم جداگانه حفاری و بارگیری هستند. وظیفهٔ سیستم حفاری، کندن لایه زغال‌سنگ با دندانه‌های بُرنده و هدایت مواد حفر شده به سمت سیستم بارکننده است. این دستگاه‌ها از نظر نحوهٔ عمل‌کرد ماشین، به هاواژ شبیه‌اند ولی با این تفاوت که به‌جای یک شکاف مستقیم، چندین شکاف را با هم برش می‌دهند و به این‌ترتیب حجم بیشتری از زغال‌سنگ در هر مرحله کنده می‌شود. ماشین‌های حفار بارکننده معمولاً در روی ناو زنجیری حرکت می‌کنند و به این ترتیب مواد حفر شده را به‌داخل ناو می‌ریزند. بازوهای حفاری این ماشین‌ها، انواع متفاوتی دارند ؛ بعضی از آن‌ها خم شونده هستند و بازوی حفر کننده که زنجیر به دور آن حرکت می‌کند، به شکل گونیاست و تولید شکافی افقی متصل به شکاف قائم می‌کند.



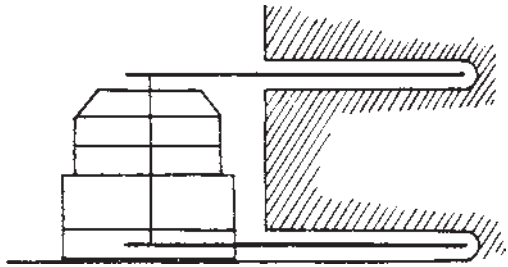
شکل ۱۰ــ۹ــ بازوی حفار

در نوع دیگری می‌توان بازوی خم شده‌ای به‌کاربرد که شکاف افقی کاملاً در زیر لایه ایجاد شود. بازوی حفار دوبار خم شده را، فقط در لایه‌های متوسط یا سُست به‌کار می‌برند.



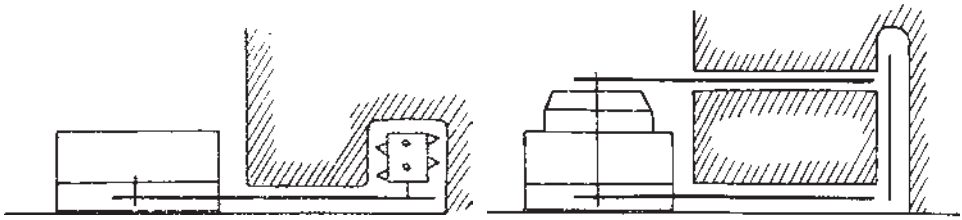
شکل ۱۱ــ۹ــ بازوی حفار

نوع دیگر آن دو بازوی شبیه به هم داشته و دو شکاف موازی ایجاد می‌کند.



شکل ۱۲ــ۹ــ ماشین دوبازو

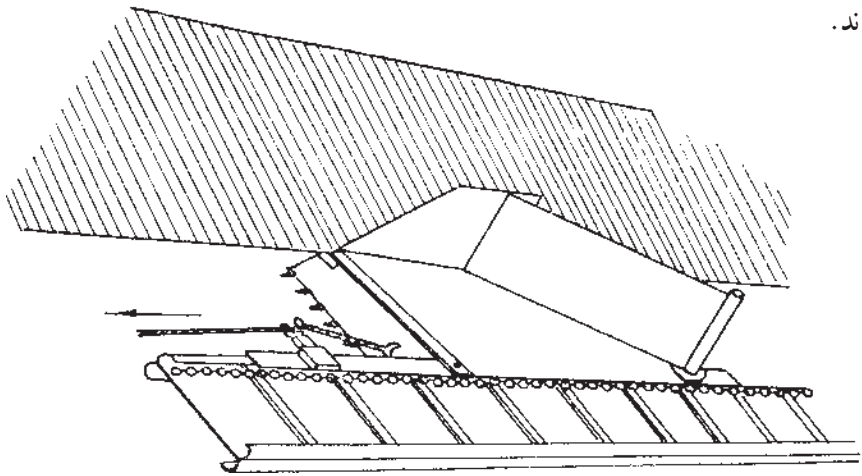
یک سیستم بازو و میله نیز در ماشین‌های حفار بارکننده طراحی شده که در انتهای دو بازو و به‌طور عمودبر آن یک استوانهٔ ساده و یا دو طبقه که در سطح آن دندانه‌هایی نصب شده قرار می‌دهند.



شکل ۱۳ــ۹ــ ماشین دوبازو و میله

مکانیزم بارگیری در ماشین‌های حفار بارکننده، به‌گونه‌ای است که در حین حفاری، حدود ۵۰ درصد مواد کنده شده، خودبه‌خود در ناو بارگیری می‌شود. ۳۰ درصد از بقیه نیز در هنگام جابه‌جایی و تغییر جهت حرکت زنجیر بارگیری می‌شود و بقیه را با بیل دستی بارگیری می‌کنند. وسیلهٔ بارگیری

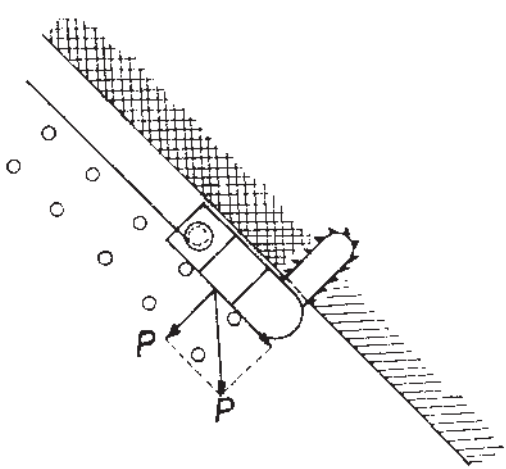
نیز مطابق شکل دارای تیغه‌ای است که مواد را روی صفحه آورده و دیوارهٔ آن‌ها را به‌طرف ناو می‌راند.



شکل ۱۴ــ۹ــ نحوهٔ بارگیری در ماشین حفار بارکننده

ماشین حفار مخصوص لایه‌های پرشیب: وجود شیب فراوان در لایه‌های زغال‌سنگ، مشکلات خاصی را از نظر ایمنی، برای کاربرد ماشین‌های حفاری به‌وجود می‌آورد ؛ اما از سوی دیگر به لحاظ شیب فراوان به‌نظر می‌رسد که استخراج زغال در مقایسه با لایه‌های افقی و کم‌شیب تا شیب متوسط کاری آسان‌تر باشد.

هرگاه جبهه کار مستقیم و به‌موازات بزرگ‌ترین شیب لایه باشد، احتمال سقوط ماشین‌آلات به‌پایین کارگاه فراوان است و باید ماشین را به کابل اطمینان متصل کرد و درضمن کارکردن افراد در قسمت‌های پایین دست محل استقرار ماشین را باید ممنوع کرد ولی به این ترتیب محصول روزانهٔ کارگاه محدود می‌شود. اما اگر جبهه کار مایل باشد، زغال کنده شده با آرامی روی کف کارگاه سُر خواهد خورد ولی به علت فراوانی فشار ماشین حفاری روی پایه‌های نگه‌داری، ممکن است پایه از محل خود خارج شود.

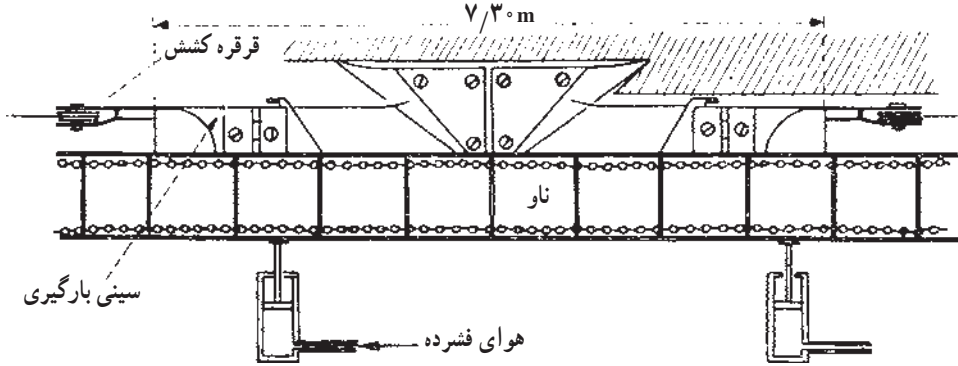


شکل ۱۵ــ۹

با توجه به مشکلات فوق در فعالیت‌های مکانیکی استخراج در لایه‌های پرشیب زغال‌سنگ به‌روش فوق عمل نمی‌شود.

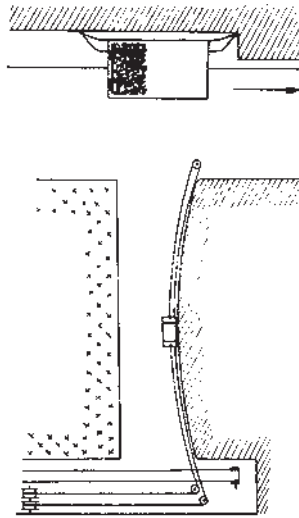
ماشین رنده حفاری: برای نخستین بار ماشین رندهٔ حفاری در سال ۱۹۴۲ و در معادن ناحیه روهر آلمان مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه، دارای تیغه‌ای است که مثل رنده نجاری پوسته‌ای به ضخامت ۳۰ میلی‌متر از لایه جدا می‌کند و پس از چند نوبت که کار جدایش زغال را انجام داد، شکاف بزرگی در زیر لایه به‌وجود می‌آورد؛ درنتیجه قسمت بالای شکاف خودبه‌خود ریزش خواهد کرد. جابه‌جایی رنده با جرثقیل و کابل یا زنجیر صورت می‌گیرد.

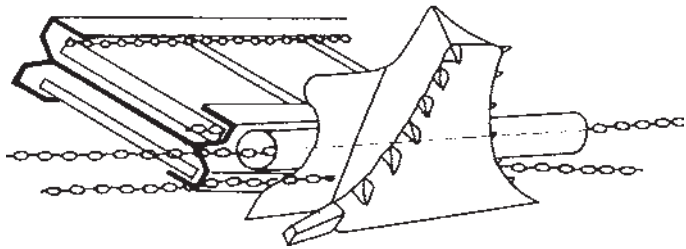
از آن‌جایی که بدنهٔ تیغهٔ رنده، روی کف لایه و بین سینه کار و دیواره ناو حرکت می‌کند، فشار لازم برای جدا کردن پوسته را، ناو به رنده وارد می‌کند. به فاصله کمی از رنده یک وسیله بارگیری نیز قرار می‌دهند که به دنبال رنده حرکت می‌کند و مواد کنده شده را به داخل ناو بارگیری هدایت می‌کند.



شکل ۱۶ــ۹ــ رنده حفاری

رنده‌های فوق در لایه‌های سخت قابل استفاده نیستند، بنابراین؛ از رنده‌های سریع استفاده می‌شود که رنده‌هایی دارای تیغه مرکب‌اند و از دندانه‌هایی تشکیل می‌شود که هم در حالت رفت و هم برگشت زغال را می‌تراشند. برای آن که تیغهٔ رنده روی لایه زغال‌سنگ فشار وارد آورد و مقدار بیشتری زغال را حفر کند، جبههٔ کارگاه را قوسی درنظر می‌گیرند.


شکل ۱۷ــ۹ــ ایجاد جبهه‌کار قوسی



شکل ۱۸ــ۹ــ تیغه‌رنده

راندمان کار رنده برحسب نوع و سختی لایه و امتداد رخ‌ها تغییر می‌کند و اصولاً تیغهٔ رنده، فشاری به لایه وارد می‌کند که اگر از مقاومت آن بیشتر باشد، یک پوسته از لایه جدا می‌شود.

هرگاه سقف لایه سست نباشد، می‌توان کارگاه استخراجی به‌وجود آورد که بدون حضور کارگران در آن عملیات حفاری و باربری انجام شود، در این صورت، امتداد جبهه کار را قوسی در نظر می‌گیرند و در این‌صورت رنده فشار لازم را به جبهه کار وارد می‌کند.

اشکالات کار با ماشین رنده: رنده با وجود مزایایی که در کار استخراج زغال‌سنگ در کارگاه‌های زیرزمینی دارد، مع‌الوصف، ممکن است، در حین انجام کار، با اشکالاتی مواجه شود که بایستی مراقب آن‌ها بود. مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ احتمال دارد، رنده از کف لایه جدا شود و حتی ناو باربری را نیز واژگون سازد ؛ به‌همین علت دندانه‌های طرف پایین رنده را بلندتر می‌سازند و درضمن پوسته نازک‌تری از لایه را بایستی تراش دهد.

۲ــ با تغییر ناگهانی سختی زغال، ماشین رنده متوقف می‌شود. بنابراین ؛ بایستی به‌طور دائم مراقب کار آن باشند.

۳ــ چنانچه کف لایه در کارگاه استخراج سست باشد. رنده در آن فرو می‌رود.

سایر ماشین آلات استخراج زغال‌سنگ

۱ــ شیرر بار کننده[1] : این ماشین شبیه به یک ماشین هاواژ معمولی است که بازوی حفاری آن با غلتکی که برروی آن دندانه‌های حفاری نصب شده، جایگزین شده است.

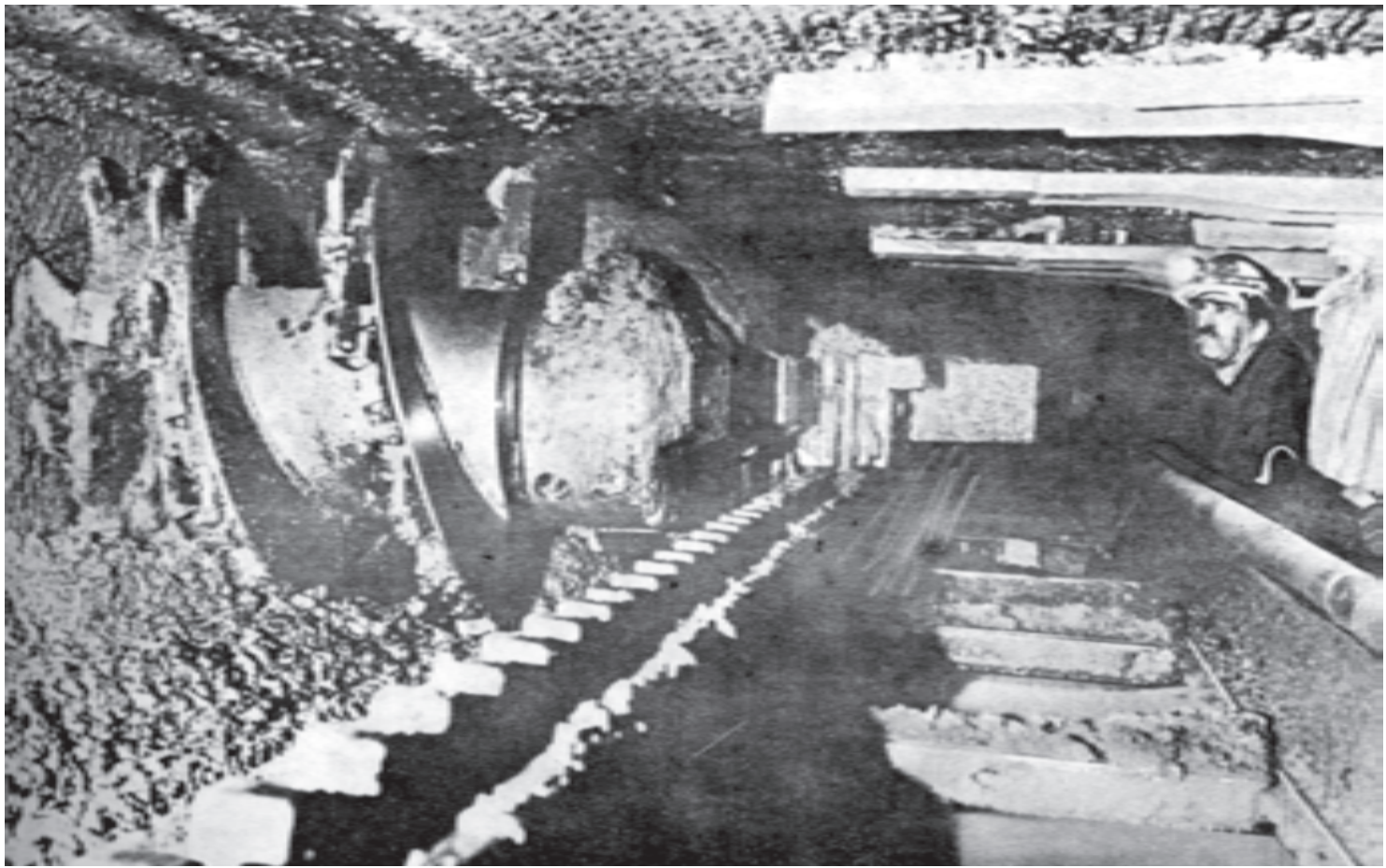
صفحات فولادی بار کننده‌ای که برروی ماشین نصب شده‌اند، زغال استخراج شده را برروی وسیلهٔ باربری منتقل می‌کنند. شیررها انواع و اندازه‌های متفاوتی دارند. غلتک‌های بُرندهٔ آن‌ها ممکن است به‌صورت منفرد یا دوتایی باشند. در اکثر موارد هنگامی‌که از شیرر یا سایر تجهیزات مکانیزه برای استخراج زغال استفاده می‌شود، برای نگهداری سقف جک‌های هیدرولیکی[2] به‌کار برده می‌شود.

۱ــ Shearer Loader ۲ــ Shield

۲ــ ماشین زغال تراش با چرخ بُرنده: این ماشین‌ها از چرخ بُرنده‌ای استفاده می‌کنند که در حین حرکت دورانی نسبت به سینه کار، به حالت عمودی قرار می‌گیرند. دندانه‌هایی که برروی چرخ تعبیه شده‌اند، در جهت پیش‌روی قرار گرفته‌اند و ضمن حرکت پوسته‌ای از لایه زغال جدا می‌کنند که برروی وسیلهٔ باربری که در کنارش قرار گرفته، می‌ریزد.

شکل ۱۹ــ۹ــ ماشین زغال‌تراش با چرخ برنده در کارگاه استخراج

ماشین‌های دیگری نیز وجود دارند که ترکیبی از دو یا چند ماشین فوق هستند. مانند ماشین زغال تراش با پیچ برنده که قسمت برنده آن به‌صورت پیچ بزرگی است که در اثر چرخش آن زغال تراشیده می‌شود. نکتهٔ مهم در هنگام به‌کار بردن این قبیل ماشین‌آلات، موضوع تولید گرد زغال در فضای کارگاه با ماشین است که باید موردتوجه دقیق قرارگیرد. آب پاش‌هایی که برروی این ماشین‌ها نصب می‌شوند، باید طوری عمل کنند که در موقع برخورد تیغه‌های برش دهنده به لایه زغال‌سنگ آن را خیس کنند تا گرد و غبار تا حد امکان، کاهش یابد.



شکل ۲۰ــ۹ــ ماشین زغال‌تراش در حال کار

خودآزمایی

۱ــ کارگاه‌های استخراج معادن زغال‌سنگ از لحاظ ماشین‌آلات چه تفاوت‌هایی با گذشته پیدا کرده‌اند؟

۲ــ ماشین هاواژ چه کار مهمی را انجام می‌دهد؟ با شکل نشان دهید.

۳ــ محدودیت‌های ماشین هاواژ چیست؟

۴ــ ماشین هاواژ چگونه در کارگاه استخراج مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

۵ــ گرد و غبار ناشی از کار ماشین هاواژ چگونه فرو نشانده می‌شود؟

۶ــ ماشین‌های حفار بار کننده چیست و چه عملی انجام می‌دهد؟

۷ــ مکانیزم‌های موجود در ماشین حفار بارکننده هرکدام چگونه عمل می‌کنند؟

۸ــ در لایه‌های پرشیب ماشین حفار چگونه کار می‌کند؟

۹ــ ماشین رنده چیست؟ این ماشین‌ها چگونه عمل می‌کنند؟

۱۰ــ اشکالات کار با ماشین رنده کدام‌ها هستند؟

۱۱ــ شیرر بارکننده چگونه ماشینی است؟

۱۲ــ درموقع کار ماشین‌های مخصوص استخراج زغال توجه به چه نکته‌ای اهمیت فراوان دارد؟

فصل دهم

ایمنی در معادن روباز

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلّیّاتی درمورد ایمنی در معادن روباز را شرح دهد.

۲ــ عوامل عمومی ایجاد خطر را توضیح دهد.

۳ــ خطرات مربوط به قسمت‌های متحرک ماشین‌آلات و تجهیزات را شرح دهد.

۴ــ خطرات مربوط به پرتاب قطعات و تکه‌هایی از سنگ‌ها یا مواد اولیه در حین کار را بیان کند.

۵ــ مخاطرات حاصل از حرارت و شعله را شرح دهد.

۶ــ برق گرفتگی و خطرات حاصله را توضیح دهد.

۷ــ آثار زیان‌بار مایعات خورنده را بیان کند.

۸ــ گرد و غبارهای صنعتی را شرح دهد.

۹ــ اشعهٔ زیان‌آور را شرح دهد.

۱۰ــ نتایج حاصل از سر و صدا، تکان و لرزش در محیط کار را بیان کند.

۱۱ــ خطرات مربوط به انفجار مواد منفجره را شرح دهد.

۱۲ــ خطر کاربرد آب و گازهای تحت فشار در استخراج هیدرولیکی را شرح دهد.

۱۳ــ چگونگی هوای کارگاه‌ها در معادن روباز را شرح دهد.

۱۴ــ خطرات مختلف موجود در معادن روباز را تشریح کند.

۱۵ــ سقوط و ریزش دیواره و سینه کارهای معادن روباز را با ذکر مثال‌هایی تشریح کند.

۱۶ــ نحوهٔ جلوگیری از ریزش و سقوط در معادن روباز را تشریح کند.

۱۷ــ حفاظت در برابر ریزش و سقوط را تشریح کند.

کلّیّات

در سال‌های اخیر، عملیات استخراج به روش روباز اهمیت و توسعه فراوانی یافته است و تجهیزات و امکانات بسیار جدیدی با قدرت و بازدهی فراوان برای بهره‌برداری از معادن روباز به‌کار می‌رود اصولاً استخراج به طریقهٔ روباز هنگامی انجام می‌شود که ضخامت سنگ‌های پوشانندهٔ مواد معدنی کم باشد و بتوان این سنگ‌ها و مواد پوشاننده را از سطح زمین با عملیات خاک‌برداری برداشت و پس از دست‌رسی به ماده معدنی آن را استخراج کرد. به این ترتیب ؛ در معادن روباز

محدودیت‌هایی در زمینه کاربرد وسایل الکتریکی، استفاده از دستگاه‌های شعله‌دار و تنگی و تاریکی فضای کارگاه وجود ندارد و می‌توان با استفاده از ماشین‌آلات سنگین به راندمان بالایی از لحاظ حفاری و حمل و نقل دست یافت. همچنین ؛ در این معادن هزینه‌های مربوط به تهویه و روشنایی اصلاً وجود ندارد یا این که مقدار آن بسیار ناچیز است. علاوه‌بر مزایای فراوان استخراج روباز برروش‌های استخراج زیرزمینی در این نوع معدن‌کاری از نظر شرایط کار ایمنی بیشتری برای کارکنان وجود دارد و تعداد حوادث در آن فقط بخش کوچکی از کل حوادث مربوط به معادن را تشکیل می‌دهد. هیچ‌کدام از خطرات موجود در معادن زیرزمینی از قبیل آتش گرفتن زغال یا گازها، حریق و انفجار معدن و ایجاد شکاف‌های ناگهانی و یا ریزش سقف کارگاه و غیره در معادن روباز وجود ندارد. بنابراین ملاحظه می‌شود که حوادث ناگوار در معادن زیرزمینی به‌وقوع می‌پیوندند و معادن روباز از ایمنی و حفاظت بیشتری برخوردارند. البته، در روش‌های استخراج روباز نیز خطراتی وجود دارد که در این فصل به چگونگی پیش‌گیری از وقوع این خطرات می‌پردازیم.

عوامل عمومی ایجاد خطر

تعیین کلیهٔ عوامل خطرآفرین برای زندگی و بهداشت انسان کاری بسیار دشوار است زیرا عوامل مذکور در شرایط خاصی اثر خود را ظاهر می‌سازند ؛ لکن در زمان تولید، این عوامل تغییر کرده و چه‌بسا عوامل جدیدی پدیدار می‌شود و یا اثر آن‌ها به نحو قابل توجهی عوض می‌شود.

امروزه، عوامل متعددی وجود دارند که در زمرهٔ عوامل خطرآفرین قرار می‌گیرند و با وجود وجه اشتراکی که این خطرات در معادن روباز و زیرزمینی دارند، از نظر اهمیّتی که دارند، در این فصل بررسی می‌شوند.

قسمت‌های متحرک ماشین‌آلات و تجهیزات: هرگاه قسمت‌های متحرک ماشین‌ها بدون حفاظ باشند، ممکن است افراد به آن نزدیک شوند و در اثر تماس لباس یا دست، خطراتی به‌وجود آید. از طرف دیگر، قسمت‌هایی که حرکت گردشی یا متناوب دارند، می‌توانند در اثر بی‌توجهی، فرد را به دستگاه یا دیوار بفشارند و حادثه‌ای ایجاد کنند. در جاهایی که قسمت‌های متحرک ماشین‌آلات تولید خطر می‌کنند، بایستی با نصب حفاظی از جنس توری، فلز یا قاب مخصوص ایمنی لازم را تأمین کرد. در این‌جا توجه به موارد زیر اهمیت بسیاری دارد :

۱ــ حفاظ باید ایمنی را کاملاً تأمین کند ؛ به‌طوری که در صورت از کار افتادن حفاظ، ماشین به‌طور خودکار متوقف شود یا این که اصولاً نزدیک شدن به محل خطر را غیرممکن سازد.

۲ــ حفاظ باید مانع ورود افراد به منطقه خطر گردد و تنها به اعلام خطر مثل زنگ یا چراغ اکتفا نشود.

۳ــ حفاظ نباید برای کارگر دستگاه ایجاد ناراحتی یا اشکال کند ؛ زیرا در این صورت کارگر آن را برداشته و از آن استفاده نخواهد کرد.

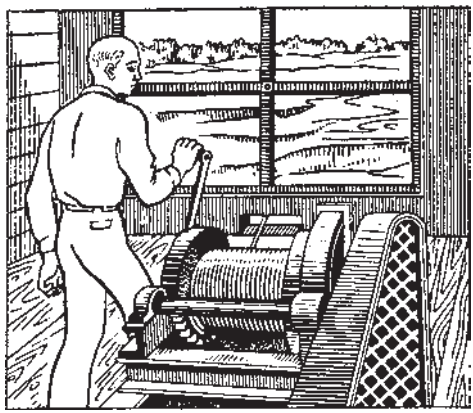
۴ــ حفاظ هرچند، نباید سبب کاهش تولید و محصول گردد، اما باید دانست که همیشه حفاظت جان کارگر، بر میزان تولید، اولویت دارد.

۵ــ حفاظ باید به‌طور خودکار و با حداقل زحمت به‌کار بیفتد و بهتر است که جزیی از ماشین باشد ؛ چون نتایج بهتری می‌توان از آن به‌دست آورد.

۶ــ تأثیر دستگاه حفاظتی زمانی بیشتر می‌شود که متناسب با ماشین و کاری که باید انجام گیرد باشد و خود خطری برای کارگر به‌وجود نیاورد، به‌علاوه طوری تنظیم و نصب شود که مانعی در کار تعمیرات و روغن‌کاری ماشین، ایجاد نکند.

۷ــ دستگاه‌های حفاظتی، نه تنها باید کارگر را در برابر خطراتی که او را تهدید می‌کند، حفظ کند، بلکه در مقابل حوادث پیش‌بینی نشده‌ای که ارتباط با کار دارد، نیز محافظت کند.

پرتاب قطعات و تکه‌هایی از سنگ‌ها یا مواد اولیه در حین کار: به‌طور کلی، در کلّیهٔ کارهای صنعتی و معدنی در هنگام کار با ماشین‌های مختلفی مثل برش فلز، سنگ‌بری، چوب‌بری، حفاری و غیره قطعات و ذراتی از جسم به اطراف پرتاب می‌شود که در اثر برخورد با افرادی که در پیرامون آن قرار دارند ممکن است زخم‌های عمیق و آسیب جدّی به اعضای بدن آنان برساند. در معادن، قطعات سنگ نیز جزءِ این دسته از خطرات هستند ؛ زیرا در حین کار با ماشین‌های سنگ‌بری و حفاری، قطعات سنگ در جهت‌های مختلف پرتاب می‌شوند. در کارهای آتش‌کاری نیز علاوه‌بر ایجاد پناهگاه مخصوص، بایستی منطقه خطر را با طناب‌کشی و سایر روش‌های مناسب مشخّص کرد. قطعات پرتاب شده در کلّیهٔ موارد، به‌خصوص برای چشم و صورت خطرناک هستند و بایستی حتماً از عینک‌ها و نقاب‌های حفاظتی و درمواردی از دستکش حفاظتی نیز استفاده کرد.



شکل ۱ــ۱۰ــ حفاظ تسمه و فلکه جرثقیل سطح شیبدار

حرارت و شعله: حرارت به شکل‌های مختلفی از جمله شعله‌های روباز، مایعات داغ و بخار و گازهای داغ در محیط کار ظاهر می‌شود و ناراحتی و احتمالاً خطر به‌وجود می‌آورد. کلیه منابع حرارتی ممکن است تولید سوختگی کرده و گاهی نیز منجر به مرگ شود. سوختگی در اثر عدم رعایت کامل مقررات حفاظتی به‌وجود می‌آید، کار با مته‌های حرارتی هنگام برش سنگ گرانیت را می‌توان برای مثال نام برد. خطر جدی موقعی است که مخلوط سوخت و اکسیژن منفجر شود و خطر دیگر مربوط به شعله‌های روباز است که در این مورد نیز بایستی با استفاده از وسایل مخصوصی جهت نگه‌داری شعله‌ها از بروز خطر پیش‌گیری کرد.

برق گرفتگی: درنتیجه تماس مستقیم فرد با قسمت‌های برق‌دار وسیله‌های الکتریکی یا رساناها خطر شوک الکتریکی به‌وجود می‌آید که در چنین حالتی جریان برق از بدن عبور کرده و می‌تواند خطرناک باشد. آمار نشان می‌دهد که ۵/۲ درصد از حوادثی که در معادن روباز اتفاق می‌افتد، ناشی از برق گرفتگی است. حوادث منجر به فوت در این امر، فراوان بوده و در بعضی از معادن روباز ۲۵ــ۲۰ درصد از کل حوادث مرگ‌آور را تشکیل می‌دهد. آمار حوادث ناشی از برق گرفتگی نشان می‌دهد که ارقام آن و همین‌طور موارد منجر به فوت، در سال‌های اخیر رو به افزایش است و علّت این امر جز نادیده گرفتن مقررات ایمنی مربوط به مصرف نیروی برق در معادن روباز چیز دیگری نیست. خطرناک‌ترین مورد برق گرفتگی، هنگامی است که اعضای بدن به‌طور مستقیم، با سیم حامل جریان تماس برقرار کند و این قبیل حوادث بیشتر درمواقع شروع به تعمیر ماشین آلات قبل از قطع جریان کامل برق و یا وصل کردن برق، قبل از آن که کارهای تعمیراتی تمام شده باشد، صورت می‌گیرد.

در بیشتر مواقع حوادث ناشی از تماس مستقیم با سیم‌های جریان‌دار، برای افرادی که مسئول تعمیر و کاربرد ماشین آلات برقی و سیم‌های حامل جریان هستند، اتفاق می‌افتد. در نقاطی که اختلاف پتانسیل‌های زیاد به‌کار می‌رود، قوس الکتریکی که بر اثر برقراری جریان برق به‌وجود می‌آید، آن‌قدر زیاد است که چنانچه به‌دست نزدیک باشد، موجب سوختن آن خواهد شد. برای فرونشاندن قوس الکتریکی ناشی از برقراری جریان با فشار زیاد، از کلیدهای روغنی خودکار استفاده می‌شود که چنانچه به‌طور نادرست مورد بهره‌برداری قرار گیرند، خطرناک بوده و بر اثر درجه حرارت زیاد قوس الکتریکی باعث انفجار گاز و بخارهای حاصله در داخل مخزن روغن کلید خواهد شد. زیرا تولید قوس الکتریکی همواره سبب پیدایش درجهٔ حرارت فوق‌العاده زیادی می‌شود. درنتیجه ؛ روغن داخل مخزن بخار و تجزیه می‌شود که حاصل آن مخلوطی از ۵۰ تا ۸۰ درصد هیدروژن و ۳ تا ۲۰ درصد متان است. گازهای مذکور در قسمت بالای مخزن جمع شده و با هوای موجود مخلوط می‌گردند که در اثر جرقه یا حرارت زیاد می‌توانند منفجر شوند. برای جلوگیری از انفجار بایستی سعی شود که روغن داخل کلیدها همواره در سطح مناسبی باشد، به‌طوری که کنتاکت‌ها

همیشه در داخل روغن قرار بگیرند و قبل از جمع شدن حباب‌های گاز در قسمت بالای مخزن خنک شوند.

برای حفاظت افراد در برابر خطرات کلیدهای روغنی خودکار بایستی آن را با دیوارهای حائل نسوز محصور کرد تا چنانچه مخزن روغن منفجر شود، قطره‌های گرم روغن به کسی آسیب نرساند. حوادث ناشی از جریان برق ممکن است، بر اثر بروز آتش‌سوزی در قسمتی از مدار ماشین آلات مثلاً ترانسفورماتور، کلیدهای برق یا کابل‌های انتقال نیرو رخ دهد. خطر جدی هنگامی رخ می‌دهد که در تأسیسات حاوی روغن آتش‌سوزی به‌وقوع بپیوندد ؛ زیرا دودهای ناشی از سوختن روغن نواحی گسترده‌ای را خواهد پوشاند و درنتیجهٔ انفجار جراحت زیادی به‌وجود خواهد آمد.

سموم صنعتی: سموم صنعتی، گروهی از مواد سمی‌اند که در میان آن‌ها موادی از قبیل منواکسیدکربن، دی‌اکسید سولفور، اکسید ازت، هیدروژن، سولفوره، فرمالدئید، آلدئید و غیره را می‌توان نام برد که در حین عملیات معدن‌کاری تولید می‌شوند. مواد سمی که از طریق دستگاه تنفسی و یا پوست وارد بدن می‌شوند، می‌توانند جذب اعضای مختلف بدن شوند و مسمومیت به‌وجود آورند.

مایعات خورنده: مایعات خورنده، نظیر انواع مختلف اسیدها و بازها در صنعت معدن‌کاری مثلاً در باتری‌ها به‌کار می‌روند. این قبیل اجسام برروی پوست و مخاط بینی اثرات ناگواری دارند و اگر به‌زمین پاشیده شده و یا به‌صورت قطره‌هایی روی افراد ریخته شوند، خطراتی را به‌وجود می‌آورند. اگر بخارهای آن‌ها وارد دستگاه تنفسی انسان شود، تولید زخم می‌کنند. روش‌های ابتدایی تقلیل خطر مایعات خورنده، عبارت‌اند از جدا گذاشتن و غیرقابل نفوذ ساختن ظروف محتوی اسیدها و بازها، استفاده از دستکش‌های بلند لاستیکی، پوتین، پیش‌بند، ماسک و نصب دستگاه تهویهٔ مناسب در محل‌هایی که از مایعات خورنده استفاده می‌شود.

گرد و غبارهای صنعتی: گرد و غبارهای صنعتی به ذرات جامد و ریزی گفته می‌شود که در هنگام فعالیت‌های تولیدی و شکستن و خرد کردن مواد سخت در هوا پراکنده می‌شوند. در جریان عملیات معدن‌کاری مانند حفر چال، آتش‌کاری، کانه‌آرایی و غیره، مقادیر زیادی گرد و غبار تولید و در هوای کارگاه‌ها پخش می‌شود. در شرایط معادن روباز، بایستی گرد و غبارهای حاصل از عملیات معدن‌کاری را کنترل کرد و نیز در کنار آن بعضی از عوامل طبیعی را که سبب فرسایش خاک شده و در مناطق خشک ممکن است، حتی طوفان‌های خاکی ایجاد کنند، مهار کرد.

موضوع کنترل گرد و غبار در صنعت، مورد توجه مسئولین امور بهداشتی است ؛ زیرا ثابت شده که انواع گرد و غبار برای تندرستی انسان زیان‌آور است. درنتیجه به‌علت تنفس گرد و غبارهای زیان‌آور، هر سال افراد فراوانی فوت می‌کنند و رقم مرگ و میر کارگران معدن در کشورهایی که نسبت

به کنترل گرد و غبار کارگاه‌ها، اقدام‌های مؤثری صورت نمی‌گیرد، بسیار بالا است. بدن یک کارگر در مدت ۱۰ ساعت کار در کارخانهٔ ارّه‌کشی، ۱۰ سانتی گرم گرد و غبار معدنی و نباتی جذب می‌کند. در کارخانه ذوب آهن ۱۲ سانتی‌گرم و در کارخانهٔ سیمان مقدار زیادتری، یعنی ؛ حدود ۱/۱۲ گرم گرد و خاک جذب می‌کند. در چنین شرایطی، کارگران تندرستی خود را به‌زودی از دست می‌دهند و به بیماری‌هایی نظیر سیلیکوز و امثال آن مبتلا می‌شوند که به مرگ آن‌ها منجر می‌شود.

اشعهٔ زیان‌آور: امروزه، انواع اشعه کاربرد وسیعی در پزشکی و صنعت پیدا کرده است. مثلاً از اشعهٔ ایکس در بلورشناسی و عکس‌برداری از اجسام مختلف، کنترل‌های صنعتی و سایر تحقیقات علمی استفاده می‌شود. در جوش‌کاری با قوس الکتریکی فرد با اشعهٔ ماورای بنفش سروکار دارد. در طی چند سال اخیر، اشعهٔ رادیواکتیو موارد استعمال فراوانی در صنعت پیدا کرده است و در عملیات معدن‌کاری نیز برای کنترل و اندازه‌گیری اتوماتیک فرآیندهای مختلف و همچنین، کشف و استخراج مواد معدنی به‌کار می‌رود ؛ بدین سبب است که اهمیت آگاهی به خطرات آن روز به روز بیشتر می‌شود. ایزوتوپ‌ها در کاربرد مواد رادیو اکتیو، خطرات فراوانی دارند ؛ زیرا از طریق دستگاه‌های تنفسی و گوارشی و همچنین ؛ زخم‌های روباز و محل بریدگی‌ها وارد بدن شده و باعث بیماری‌های عصبی و امراض خونی و سوختگی می‌شوند.

سر و صدا ــ تکان و لرزش: این عوامل هریک به نوبهٔ خود به طریقی، در سلامتی و راندمان کار کارگران لطمه وارد می‌کنند. کار مداوم در محیط پر سر و صدا، باعث خستگی عمومی، ضعف قدرت تمرکز، ضعف شنوایی و کاهش قدرت واکنش در برابر علامت‌های رنگی و شنیداری می‌شود.

عوارض مذکور به بدتر شدن شرایط کار منجر شده و به‌طور غیر مستقیم موجب افزایش سوانح و حوادث می‌شوند. سر و صدا و تکان و لرزش در اغلب رشته‌های صنعتی وجود دارد. در معادن بر اثر کار ماشین آلات پنوماتیکی، جک‌های بادی، وسایل حفاری، بولدوزرها، مته‌ها و سایر عملیات مربوط به حمل و نقل، همواره محیط کار پر سر و صدا و توأم با تولید ضربه و تکان است. ضربه‌ها معمولاً با دستگاه‌هایی نظیر نقاله‌ها، ویبراتورها، ماشین‌های پیستون‌دار، الک‌های مخصوص و غیره تولید می‌شوند.

انفجار مواد منفجره: تجزیه و تحلیل حوادث نشان می‌دهد که تعداد حوادث عملیات آتش‌کاری نسبت به تعداد کل حوادث و عملیات معادن روباز، بالغ بر ۳/۸ درصد می‌شود. درصورتی که تعداد حوادث مرگبار آن تعداد ۱۲ــ۱۰ درصد تعداد کل حوادث را تشکیل می‌دهد، منشأ خطرات ناشی از انفجار مواد منفجره را می‌توان در ایجاد انرژی ناگهانی فوق‌العاده فراوان در نقطهٔ انفجار ذکر کرد ؛ زیرا خطر به‌طور مستقیم از طریق ضربه و امواج تولید شده ایجاد می‌شود و یا در اثر پرتاب

تکه‌سنگ‌ها و مواد معدنی محیط ناامن می‌شود. در بعضی مواقع انفجار می‌تواند زلزلهٔ خفیفی ایجاد کند که باعث خرابی و فرو ریختن محل‌هایی شود که در حوزه برد امواج قرار گرفته‌اند. در محل انفجار مقدار زیادی گازهای زیان‌آور و گرد و غبار تولید می‌شود.

آب و گازهای تحت فشار: هنگامی که در معادن روباز روش‌های هیدرولیکی و استفاده از نیروی هوا در عملیات معدن‌کاری به‌کار رود، آب و گاز تحت فشارمورد استعمال پیدا می‌کنند. فواره‌ای از آب که با فشار از دستگاه خارج می‌شود، برحسب فاصلهٔ آن از دهانه دستگاه، تولید خطر می‌کند و هرچه فاصله از دهانه بیشتر باشد، نیروی فواره کمتر می‌شود. دربارهٔ هوای فشرده، تقلیل نیرو، فوق‌العاده زیاد است، به‌طوری که می‌توان گفت فقط در محل خروج هوای فشردهٔ لوله یا شیلنگ خطر وجود دارد.

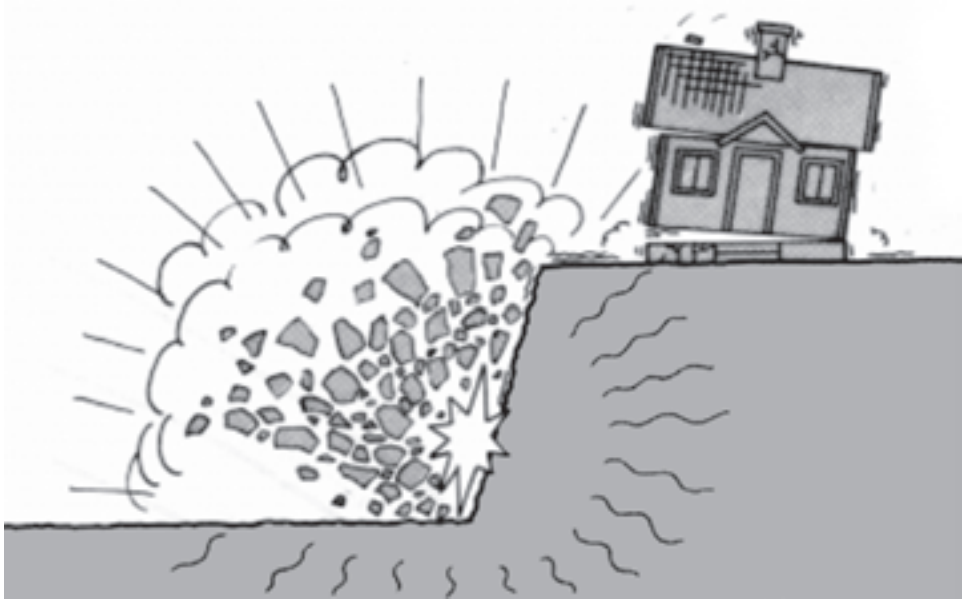
چگونگی هوای کارگاه‌ها در معادن روباز

تا این اواخر چنین تصور می‌شد که به‌علت جریان طبیعی هوا در معادن روباز، نیازی به تهویه کارگاه‌ها نیست، زیرا کارگران در هوای آزاد کار می‌کنند. البته نبایستی منکر شد که معادن روباز از نظر شرایط هوای قابل تنفس، به‌مراتب مناسب‌تر از معادن زیرزمینی هستند امّا با توجه به تحولات فراوان در استخراج روباز و پیش‌رفت عملیات تا سطوح عمیق‌تر و استفاده از موتورهای پرقدرت درون‌سوز و وجود گازهای حاصل از زغال‌سنگ، مسئله تهویهٔ معادن روباز نیز اهمیت خاصی پیدا کرده است. البته مسلّم است که گازهایی با وزن مخصوص کمتر از هوا نظیر گاز متان در معادن روباز به هیچ‌وجه متراکم نخواهد شد و اکسیژن با وزن مخصوص ۱/۱ همیشه در معدن به اندازهٔ کافی موجود است ؛ ولی تجمع گازهایی مانند گازکربنیک با وزن مخصوص ۱/۵۲ و انیدریدسولفوره با وزن مخصوص ۲/۵ در قسمت پایین معادن روباز ایجاد خطر خواهد کرد.

امروزه، کامیون‌های دیزلی مخصوص که با سیستم دو ضربه‌ای کار می‌کنند، بزرگترین منابع آلودگی هوای معادن روباز را تشکیل می‌دهند و در کنار آن بایستی خطرات ناشی از آتش گرفتن بعضی نواحی درکان‌های زغال‌سنگ و گازهای ناشی از حفاری و نفوذ آب را یادآور شد.

خطرات در معادن روباز

در جریان عملیات استخراج به روش روباز، کارگران معدن علاوه‌بر آن که در معرض عوامل خطرناک محیط کار قرار دارند، با عوامل مخاطره‌آمیز دیگری نیز مواجه‌اند که حفاظت و بهداشت آنان را تهدید می‌کند. میزان ایمنی و حفاظت در کارگاه‌های معادن روباز نه تنها به نوع عملیات،



شکل ۲ــ۱۰

فن‌آوری استخراج و معیارهای مربوط به پیش‌گیری حوادث بستگی دارد، بلکه به عوامل آب و هوایی و طبیعی منطقه مانند یخبندان، طوفان، رعد و برق، بهمن و غیره نیز ارتباط می‌یابد ؛ درنتیجه ؛ بر اثر هرگونه بی‌توجهی و سهل‌انگاری، به آثار و نتایج زیان‌بخش و خطرناک عوامل مذکور، وقوع حوادث ناگوار و غیر مترقبه، دور از انتظار نیست.

لغزندگی سینه کارها و مواد انباشته شده: این مسئله به‌نوبه خود از مشخصات عمدهٔ استخراج معادن روباز است. گاهی در اثر فعالیت و کار تجهیزات استخراجی در محوطه‌ای وسیع، شرایطی فراهم می‌شود که گودال‌ها و کناره‌هایی با ارتفاع فراوان ایجاد شود. به‌علت وجود تفاوت‌هایی در اصول بالابری معادن روباز به سبب انباشتن حجم بزرگی از موادمعدنی یا فضولات برروی هم، همواره خطر ریزش و سقوط قطعات و موادمعدنی و وسایل وجود دارد و در کنار آن سقوط از بلندی نیز موجب حوادث ناگواری برای کارگران می‌شود. انجام عملیات معدنی در معادن روبازی که جبهه کارهای آن‌ها مرتفع بوده و فضولات فراوانی در آن انباشته است، خطر لغزندگی و سقوط را به‌همراه دارد. حوادث ناشی از آن موجب خسارت‌های شدیدی به تجهیزات و تأسیسات و تلفات جانی بسیار شده است.

گاهی اوقات ارتفاع سینه کارها به ده‌ها متر می‌رسد و واضح است که کارکردن در چنین شرایطی فوق‌العاده خطرناک است ؛ از این رو، شیب و ارتفاع جبهه‌ها باید مطابق با مقررات ایمنی، طوری تعیین شود که خطر سقوط کاهش یابد.

شکل ۳ــ۱۰ــ تخریب ریل خط آهن معدنی در اثر ریزش یک دامنه

سقوط بهمن در مناطق کوهستانی: یکی از مسائل خاص معادن روباز در مناطق کوهستانی و نواحی سردسیر و قطبی، سقوط بهمن است. بهمن، به‌سبب نیروی فوق‌العاده زیادی که به هنگام لغزیدن و غلتش به‌طرف پایین پیدا می‌کند، قدرت تخریبی بسیاری دارد و سرعت آن گاهی به ۵۰ متر در ثانیه می‌رسد. قدرت ضربه‌ای که از طرف بهمن به یک جسم ساکن وارد می‌شود، برابر صدها تن نیرو است. به‌علاوه در اثر حرکت بهمن ممکن است، در هوا نوعی امواج ضربه‌ای تولید شود که خطر آن از خطر خود بهمن کمتر نیست. گاهی نیز در بعضی نواحی آب و هوایی خاص خطر لغزش گِل وجود دارد و در پاره‌ای مواقع به‌قدری جدی است که هرگونه عملیات مربوط به استخراج معدن روباز را با خطرات بزرگی مواجه می‌کند.

شکل ۴ــ۱۰ــ تصویری از یک معدن روباز آپاتیت بعد از سقوط بهمن

تخلیهٔ الکتریکی مربوط به رعد و برق: تخلیهٔ الکتریکی مربوط به رعد و برق در معادن روباز، نه تنها ممکن است به‌طور مستقیم باعث برق گرفتگی شود، بلکه در اثر تماس با دستگاه‌های مواد منفجره الکتریکی نیز باعث انفجار و وقوع حوادث ناگوار می‌شود. همان‌طوری که می‌دانید، ابرهای باردار هنگامی که به زمین نزدیک‌تر می‌شوند، بار الکتریکی خود را روی زمین تخلیه می‌کنند. در نقاط کوهستانی و مرتفع با تخلیهٔ بار ابر روی زمین و وقوع صاعقه، حوادث ناگواری به‌وجود می‌آید. چنانچه ؛ صاعقه بر درختان فرود آید موجب آتش‌سوزی می‌شود و چنانچه روی انسان و یا حیوان تخلیه شود، باعث مرگ و آسیب شدید می‌شود. برای جلوگیری از خطر صاعقه‌زدگی در ساختمان‌های مرتفع و دودکش‌ها بایستی آن‌ها را به برق‌گیر مجهز کنند. هنگام رعد و برق در کابل‌های برق و هادی‌ها ولتاژ فراوانی تولید می‌شود و به‌شدت باردار می‌گردند. برای جلوگیری از خطر مذکور،

دکل‌های برق را به صاعقه‌شکن مجهز می‌سازند.

چون هوا و به‌طورکلی، جو اطراف زمین به‌طور دائم دارای الکتریسیته است، بایستی به خطرات و آثار سویی که الکتریسیته برروی افراد باقی می‌گذارد، اشارهٔ مختصری شود، بار الکتریسیته جو نسبت به زمین بیشتر اوقات مثبت است ولی ممکن است، در بعضی نقاط منفی شود. الکتریسیتهٔ مثبت بیشتر در هوای آزاد و نقاط کوهستانی وجود دارد ولی نقاط سربسته و پرجمعیت، اجتماع کارگران، دره‌های عمیق و پردرخت الکتریسیته ندارند. هرگاه فشار هوا کم شود و برحرارت و رطوبت آن افزوده گردد، الکتریسیتهٔ هوا منفی خواهد شد. مقدار ولتاژ الکتریسیتهٔ هوا در تابستان حدود سه برابر در زمستان است. الکتریسیتهٔ هوا بر روی افراد، ممکن است تأثیرات فیزیولوژیکی خاصی باقی گذارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱ــ افزایش کش آمدگی عضلات و عدم تعادل در شخص (با الکتریسیتهٔ مثبت)

۲ــ احساس خفگی و عصبانیت (با الکتریسیتهٔ منفی)

۳ــ سر درد، اختلال‌های عصبی، گوارشی و تنفسی (با فقدان الکتریسیته)

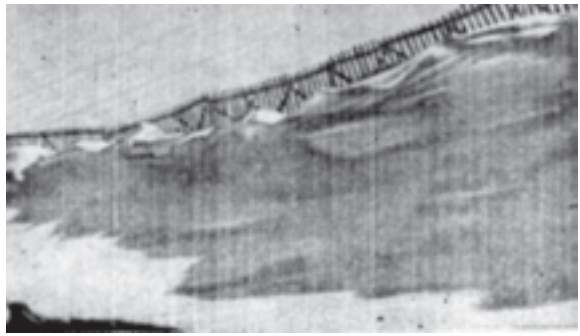
برف و بوران و سرما: سردی هوا در معادن روباز، به‌خصوص درمواقعی که با بادها و بوران‌های شدید همراه است، خطرات جدی برای کارگران به‌وجود می‌آورد. تجربه‌های حاصله از عملیات معدنی در نواحی قطبی، ثابت کرده است که برای مقابله با شرایط نامساعد جوی، بایستی به ماشینی کردن عملیات متوسل شد. در چنین شرایطی، کارگران می‌توانند در داخل کابین‌های ماشین‌آلات که کلیهٔ وسایل راحتی در آن‌ها فراهم است، قرار گرفته و عملیات را انجام دهند.

کارگرانی که مدت‌ها در محیط سرد کار می‌کنند، به‌خصوص اگر محیط کارشان سرد و مرطوب باشد، به بیماری‌های پوستی سختی مبتلا می‌شوند. معدن‌چیانی که مدت‌ها در معادن و جاهای سرد کار می‌کنند، در معرض سرمازدگی قرار می‌گیرند. سرمازدگی اگر در شرایط یخبندان باشد برای اعضای بدن به‌خصوص اعضایی که با سرما در تماس مستقیم هستند، بسیار خطرناک است و چنانچه فوراً برای درمان آن اقدام نشود، امکان سیاه شدن عضو یا گانگرن را دارد که ممکن است به قطع عضو بیانجامد.

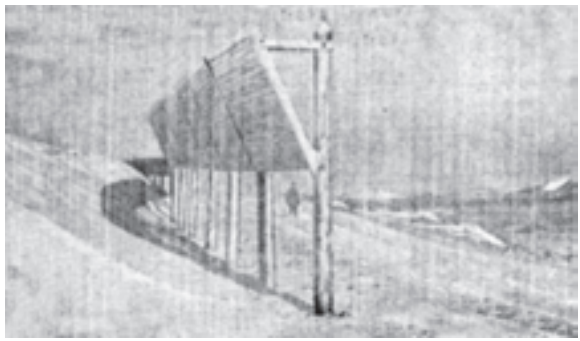
برف و یخبندان شدید، کار حمل و نقل در معادن روباز را با مشکل مواجه می‌کند که گاهی ممکن است به حوادث خطرناکی نیز منجر شود. بنابراین ؛ بایستی ماشین‌آلات معدن به‌وسایل ایمنی مانند زنجیر چرخ، برف‌پاک‌کن و غیره مجهز باشند و متصدیان آن مراقبت بیشتری کنند. در نواحی قطبی که ارتفاع برف‌گاهی به چندین متر می‌رسد، مسئلهٔ آمد و رفت در جاده و خط آهن اهمیت فراوانی پیدا می‌کند. برای مبارزه با برف دو روش جلوگیری از انتقال برف برروی ریل‌ها و روبیدن

برف‌های جمع شده وجود دارد. طریقه‌ی اوّل، یعنی ؛ جلوگیری از انتقال برف برروی ریل‌ها ساده‌تر و ارزان‌تر از روبیدن برف‌ها است و روش برف روبی فقط هنگامی استفاده می‌شود که روش دیگری برای بازکردن راه وجود نداشته باشد. برای آن که از انتقال برف برروی جاده و ریل‌ها جلوگیری کنند، صفحات محافظ مخصوصی را به‌صورت دیواره در کنار مسیر عبور قطارها و کامیون‌ها نصب می‌کنند که نمونه‌های آن را در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید.

الف ــ دیواره بلند دائمی برای حفاظت در مقابل برف



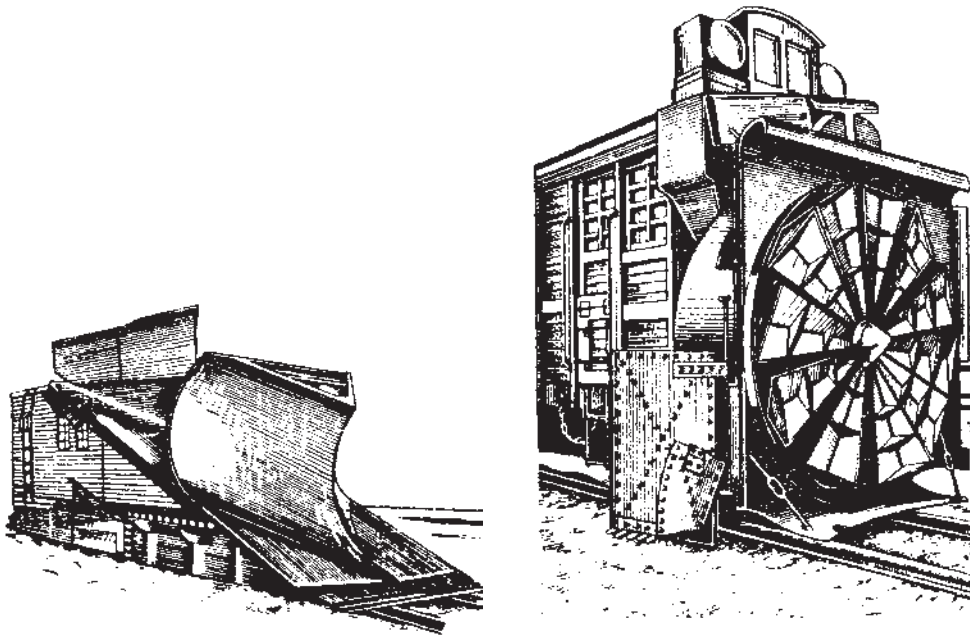
ب ــ دیواره حفاظتی قابل حمل



ج ــ دیواره هدایت کننده که با استفاده از نیروی باد ریل‌ها را در مقابل بوران حفظ می‌کند

شکل ۵ــ۱۰

گاهی نیز بلوک‌هایی از برف را به‌صورت یک دیوار روی هم چیده و بدین ترتیب، راه را در مقابل برف و بوران حفظ می‌کنند. برای برف روبی نیز از ماشین‌های مخصوصی نظیر آنچه در شکل‌های زیر مشاهده می‌شود، استفاده می‌کنند.

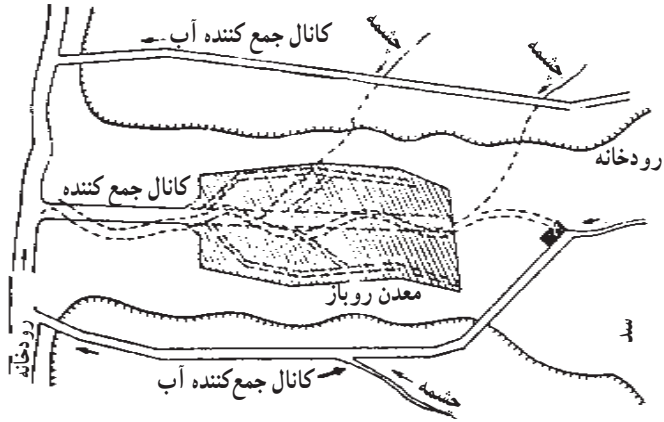


الف ــ ماشین برف‌روب دورانی　　ب ــ ماشین برف‌روب تراکتوری

شکل ۶ــ۱۰

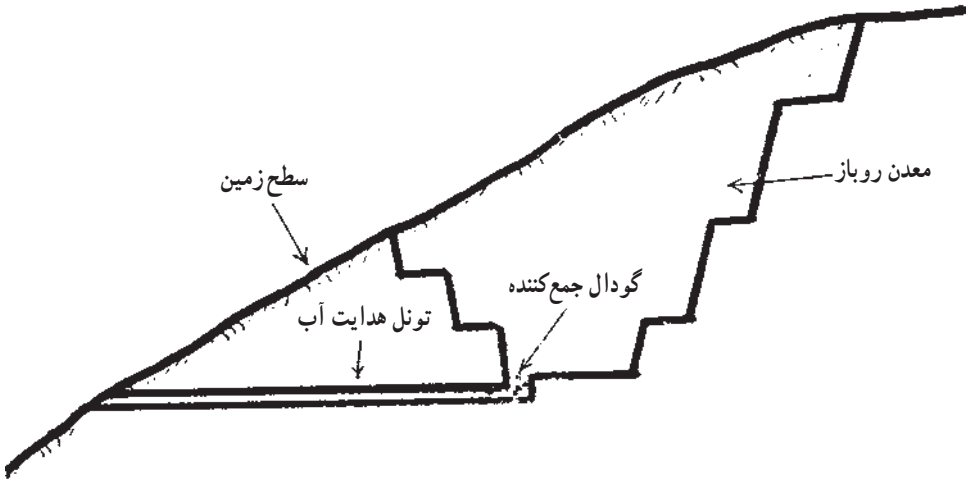
سیلاب‌های مخرّب: معمولاً در فصل بهار باران‌های سیل آسایی شروع به باریدن می‌کند و سبب ایجاد سیلاب‌های مخرّبی می‌شود و نیز از طرفی با گرم شدن تدریجی هوا، برف‌ها ذوب شده و باعث می‌شود، جریان‌های روان آب در سطح زمین به‌وجود آید. عوامل مذکور، گاهی در معادن روباز، چنان تولید مزاحمت می‌کنند که مسئلهٔ کنترل آن‌ها اهمیت فراوانی دارد. در بعضی موارد آب‌های مزبور باعث لغزش و شسته شدن سینه کارها، جابه‌جا کردن ماشین آلات و واژگون شدن و انهدام وسایل حمل و نقل معدن شده است. در معادن روباز زغال‌سنگ، بیشتر لغزش‌ها و جابه‌جایی سینه‌کارها و انبارهای مواد باطله، براثر نفوذ جریان آب انجام می‌شود. در چنین مواردی هرگاه تأسیسات آبکشی معدن به‌خوبی طراحی و نصب شده باشند، از هرگونه اشکالی در پیش‌رفت استخراج پیش‌گیری خواهد شد. در معادن روباز نیز همچون معادن زیرزمینی گاهی حوادث تأسف آوری در اثر جریان ناگهانی آب به‌سینه کارها رخ می‌دهد. برای آن‌که میزان آب‌های ورودی به معدن کمتر شود، بایستی در سرتاسر

محدودهٔ آن، یک سری کانال‌های انتقال آب احداث کرد تا آب باران و سایر آب‌های سطحی موجود را به‌خارج از معدن هدایت کند.



شکل ۷ــ۱۰ــ جلوگیری از ورود آب‌های سطحی به‌داخل معدن

برای خارج کردن آب‌های موجود در داخل معادن روباز، در پایین‌ترین قسمت کارگاه گودالی ایجاد می‌کنند و تمام آب‌ها را از طریق کانال‌هایی به‌داخل آن هدایت می‌کنند. سپس با توجه به اختلاف ارتفاع موجود، پمپ مناسبی در گودال مذکور نصب کرده و با آن، آب‌های جمع شده را به خارج معدن تخلیه می‌کنند. درصورتی که وضعیت پستی و بلندی‌های اطراف معدن مناسب باشد، با حفر یک تونل افقی آب‌های جمع‌آوری شده را به خارج معدن انتقال می‌دهند.



شکل ۸ــ۱۰ــ هدایت آب از طریق حفر تونل به خارج معدن

سقوط کارگران از نقاط مرتفع: یکی از نکات مهم حفاظتی که با کلیهٔ عملیات و کارهای معادن روباز نیز در ارتباط است، تأمین جاپاهای مستحکم برای کارگرانی است که در قسمت‌های مرتفع کار می‌کنند و در معرض سقوط قرار دارند. از نظر ایمنی بهترین شکل محل استقرار افراد به‌صورت سکوی مسطح و با محلی با گنجایش کافی است. وجود سطوح شیب‌دار به‌خصوص با زاویه بیش از ۴۵ درجه، مستلزم توجه و احتیاط فراوان می‌باشد. براساس مقررات حفاظتی، کارگرانی که در چنین نقاط پرشیبی کار می‌کنند، بایستی مجهز به کمربند ایمنی متصل به طناب حفاظت باشند. طناب حفاظت باید در قسمت بالایی پای سینه کارها نصب شده و کاملاً محافظت گردد. هر چهار ماه یک‌بار لازم است طناب‌های حفاظت، کمربندهای ایمنی و زنجیرهای اتصال با فشار ۳۰۰ کیلوگرم به مدت ۵ دقیقه آزمایش شود. استفاده از طناب حفاظت یا کمربند ایمنی معیوب، به مراتب خطرناک‌تر از عدم کاربرد آن‌هاست. زیرا کارگر با اعتماد به وسیله‌های مذکور، کمتر احتیاط می‌کند و دچار حادثه می‌شود. جنس طناب حفاظت از نوع کنفی یا الیاف مخصوصی است که به آن قابلیت ارتجاع زیادی می‌دهد. استفاده از طناب‌های سفت یا طناب‌های مسی و همچنین، کمربندهای حفاظتی آتش‌نشان‌ها برای این‌کار چندان مناسب نیست. لبهٔ سینه‌کاری که طناب از آن‌جا به طرف کارگر کشیده شده است، نیز بایستی ازهرگونه سنگ‌های نوک تیز عاری باشد ؛ زیرا سبب پارگی طناب خواهد شد. تجربه ثابت کرده است که کارگر موقعی بهترین حالت تعادل را دارد که در سطح افقی ایستاده باشد. در این حالت پایدار بودن سطح را نیز بایستی درنظر گرفت. مثلاً یک کارگر حفّار بیشتر اوقات برروی لبهٔ صخره‌ها و پرتگاه‌هایی می‌ایستد که چندان پایدار نیستند.

شکل ۹ــ۱۰ــ وضع ناپایدار کارگر کوه‌بر بر روی گرانیت

قبل از شروع به‌کار باید مراقبت‌های لازم را به‌عمل آورد. گاهی نیز کار برروی داربست یا پل‌های فلزی و یا دکل صورت می‌گیرد که در این‌حالت، بایستی مناسب بودن و استحکام آن‌ها را به‌دقت رسیدگی کرد.

سقوط و ریزش دیواره‌ها و سینه کارها: همان‌طوری که کارگران معادن زیرزمینی در معرض خطرات ناشی از ریزش سقف قرار دارند، افرادی که در معادن روباز به عملیات استخراج اشتغال دارند، نیز از ناحیهٔ ریزش دیواره‌ها و سینه کارها و سقوط تخته سنگ‌ها و قطعات و اجسام مختلف، از پله‌ها و جبهه کارهای بالایی تهدید می‌شوند که از نظر اهمیت موضوع به شرح آن می‌پردازیم.

سقوط و ریزش در معادن روباز: یکی از جدی‌ترین مسائل معادن روباز استحکام بخشیدن به دیواره‌ها و جبهه‌های کار و کرانه‌های مواد پس‌مانده است. حل درست این مسئله موجب تأمین شرایط کامل ایمنی در جبهه کارها و بازدهی اقتصادی عملیات معدنی می‌شود. براساس اطلاعات و فرضیه‌های موجود شیب ابتدای دیواره‌های معادن روباز بین ۳۵ تا ۵۶ درجه تغییر می‌کند و همین‌که عمق معدن زیاد شد، بایستی شیب دیواره‌ها به میزان ۲۲ تا ۲۶ درجه کاهش یابد. در گذشته، ارتفاع و شیب سینه کارها و عرض پله‌ها با توجه به سودآوری هرچه بیشتر مواد معدنی استخراج شده، انتخاب می‌شدند و اشتباهاتی که در تعیین درجهٔ شیب سینه کارها و دیواره‌های معدن می‌شد، اثری در اوضاع معدن نداشت ؛ اما همین‌که عمق معدن از حد معینی تجاوز می‌کرد، این مسئله مورد اهمیت قرار می‌گرفت. تحقیق‌های زیادی که در زمینهٔ ریزش در معادن روباز انجام شده، نشان می‌دهد که چنانچه اقدامات صحیح و به‌موقع در شناخت و کنترل عوامل موثر بر حرکت سینه‌کارها و دامنه‌ها انجام گیرد، بیشتر حرکت‌ها و لغزش‌های زمین و سنگ‌ها، قابل پیش‌گیری خواهد بود.

مثال‌هایی از ریزش در معادن روباز: در ماه نوامبر سال ۱۹۳۰، بر اثر لغزش لایه بالایی معادن مس بینگام کانیون یوتا در امریکا، ریزش مهیبی رخ داد و نیمی از فضای معدن با گل و لای پوشیده شد. حجم این ریزش به‌طور تقریبی چند ده میلیون متر مکعب برآورد شده است. در معدن‌کاری روسیه نیز بزرگ‌ترین ریزش در حوزهٔ معدنی با کال اتفاق افتاد. ریزش مذکور، کاملاً ماشین آلات حفاری موجود در سینه‌کار و قطاری از واگن‌های در حال بارگیری را دربر گرفت ولی به‌علت رؤیت به‌موقع حرکت مواد، کلیهٔ کارگران را قبل از وقوع ریزش از محل خطر دور کرده بودند. همچنین، سال ۱۹۳۱ در معدنی در کشور امریکا، ریزشی رخ داد که حجم آن ۳۸۰۰۰۰ مترمکعب بود و برای جلوگیری از ریزش‌های بعدی مجبور شدند ۳۸۰۰۰۰۰ مترمکعب مواد را جابه‌جا کنند تا بتوانند دیواره‌های معدن را به شیب اطمینان بخش ۴۵ درجه برسانند.

در سال ۱۹۴۱ در معدن نیکلی در اورال واقع در کشور روسیه در قسمت غربی معدن و در امتداد سطح یک گسل، ریزشی به‌وقوع پیوست و ریزش‌های بزرگ دیگری نیز در معادن سنگ آهن

ماگنتیو گورسک روسیه رخ داد که عرض آن ۲۰۰ متر بود. ریزش مذکور به‌سرعت از روی ۸ پله عبور کرد و در سال ۱۹۴۶، منجر به حمل و نقل ۲۰۰۰۰۰۰ مترمکعب سنگ از معدن شد.

استخراج ذخایر زغال‌سنگ با روش‌های استخراج روباز نیز خط حرکت دسته‌جمعی را دربر دارد ؛ مثلاً سال ۱۹۴۶ در معدن باتورین، ریزشی روی داد که بیش از یک میلیون مترمکعب حجم داشت و سراسر معدن را به عرض ۵۰۰ متر پوشاند. ریزش‌های عظیم دیگری نیز در شوروی سابق رخ داد که در هرکدام آن‌ها حدود ۱۰ــ۵ میلیون مترمکعب مواد جابه‌جا شده است.

شکل‌های مختلف تغییر شکل دیواره‌ها و سینه‌کارهای معدنی

برای پایداری و ادامهٔ مقاومت پله‌ها و سینه‌کارها، دیواره‌های معدنی و مواد پس مانده معدنی لازم است که مقاومت و استحکام لایه‌های مورد استخراج و تغییر شکل این لایه‌ها در زمان کار، بررسی شود. جی. ال. فیزنکو چهار فرم تغییر شکلی را که دیواره‌ها و سینه‌کارهای معدنی تحمل می‌کنند، به شرح زیر مشخص می‌کند.

ریزش خرده سنگ‌ها: خرده سنگ‌ها، بر اثر هوازدگی سطح شیب‌ها و سینه‌کارها، هنگامی که تخته سنگ‌های بزرگ‌تر در اثر غلتیدن و ریزش در دامنه کوه جمع می‌شوند، به‌وجود می‌آید. در مناطق کوهستانی مقدار زیادی از این خرده سنگ‌ها که در اثر چنین عملیاتی در دامنه کوه‌ها جمع شده‌اند، به‌وضوح قابل رؤیت است.

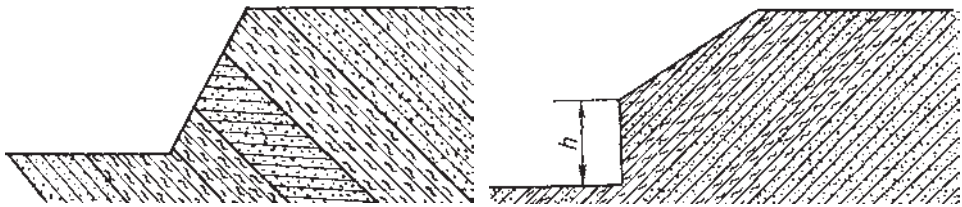
سقوط سنگ: مقدار زیادی از سنگ‌های ساقط شده از تودهٔ طبقاتی است که جدایی آن‌ها از سنگ‌های مادر تحت زاویه‌ای بیش از زاویهٔ اصطکاک داخلی انجام گرفته است ؛ درنتیجه توده‌های جدا شده تحت تأثیر نیروی وزن، شروع به حرکت کرده و سرعت نسبتاً زیادی پیدا می‌کنند. این نوع ریزش توسط حرکت سریع و توده‌ای مواد که در اثر سقوط به تکه سنگ‌ها و سنگریزه‌ها و ذرات ریزتر تجزیه می‌شوند، مشخص می‌گردد ؛ به‌علاوه در اثر جابه‌جایی و تصادم، شوک‌های دینامیکی تولید کرده که اندازهٔ آن‌ها با وزن مواد و ارتفاع سقوط آن‌ها تعیین می‌شود. این ریزش‌ها در نقاطی که اتفاق افتاده‌اند، زیان‌های جدّی به ماشین آلات معدنی و وسیله‌های حمل و نقل و صدمهٔ بدنی، به کارگران وارد کرده‌است.

سریدن سنگ‌ها: سریدن سنگ‌ها در حرکت کند و توده‌ای مواد با سقوط سنگ‌ها که در امتداد سطح پیچ و خم‌دار و با زاویه‌ای کمتر از زاویه اصطکاک داخلی قرار گرفته‌اند، تفاوت آشکاری دارند. در مراحل ابتدایی تودهٔ سنگ لغزنده، شکل قبل از حرکت خود را حفظ می‌کند. اما در مراحل بعدی شکستگی در سنگ ظاهر می‌شود که منجر به جدایی آن‌ها از هم می‌گردد. در شرایط خاصی ممکن است، توده سنگ لغزنده در حال سریدن سرعت قابل ملاحظه‌ای کسب کرده، دارای خواص سقوط گردد.

جریان گل و لای: در شرایطی رخ می‌دهد که خاک رس یا لوم، یعنی ؛ مخلوط خاک رس و شن به خود آب جذب کند و به حالت سیال درآید، حرکت توده‌ای مواد ممکن است در سطحی با شیب ۶ــ۴ درجه اتفاق افتد. هنگامی که چنین مادهٔ سیالی درروی پله‌ای جمع شود، ممکن است از لبهٔ آن برروی سینه کار پایین جریان یابد و موقعی که سیالیت آن به‌علت جذب بیشتر آب، زیادتر شود، ممکن است، تبدیل به جریان گل و لای گردد.

جلوگیری از ریزش و سقوط در معادن روباز

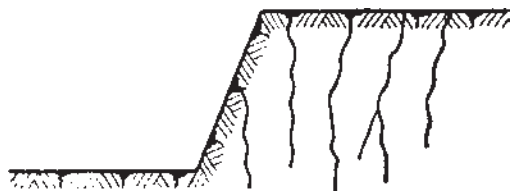
جلوگیری از ریزش و سقوط در معادن روباز از جمله مسائل پیچیده و بغرنجی است که باوجود تحقیقات چندین ساله‌ای که درخصوص استقامت دیواره‌ها و ثبات پله‌ها و سینه‌کارها به‌عمل آمده، با این وصف ؛ هنوز اطلاعات حاصله در این زمینه کافی نیست. برای تعیین زاویهٔ مجاز و ارتفاع ماکزیمم سینه کارها و برآورد شیب کلی دیوارهٔ معدن نسبت به ابعاد پله‌ها و مسائلی از این قبیل در شرایط مختلف و به‌طور کلی استخراج با بیشترین ایمنی، فرمول‌های ریاضی و محاسبه‌های مهندسی خاصی موردنیاز است و وسیله‌های تحلیل گرافیک و گرافیک تحلیلی خاصی توسط دانشمندان ابداع شده است که بحث پیرامون آن در این‌جا ضرورتی ندارد و فقط به ذکر مطالب کلی لازم اکتفا می‌شود. در مسئله جلوگیری از ریزش فقط توجه به این‌که سینه کار دارای ارتفاع و زاویه شیب متناسبی باشد، کافی نیست. اساسی‌ترین مسئله آن است که وضع سینه کارها با توجه به قرار گرفتن طبقات، شکاف‌های موجود در آن، گسل‌ها و غیره تعیین شود. شکل و زاویه پله‌ها با توجه به زاویه کلی معدن، عامل بسیار مهمی است. وقتی که پله‌ها در دامنهٔ سطح شیب‌داری با زاویه ۳۰ــ۲۵ درجه در امتداد شیب طبقات بنا می‌شوند، به احتمال زیاد، ریزش رخ می‌دهد. بنابراین ؛ در هرجا که ممکن باشد بایستی پله‌ها در جهت مخالف شیب طبقات بنا شود.



الف ــ حفاری در پای سینه‌کار در امتداد شیب طبقات ب ــ حفاری در پای سینه‌کار در جهت عکس شیب طبقات

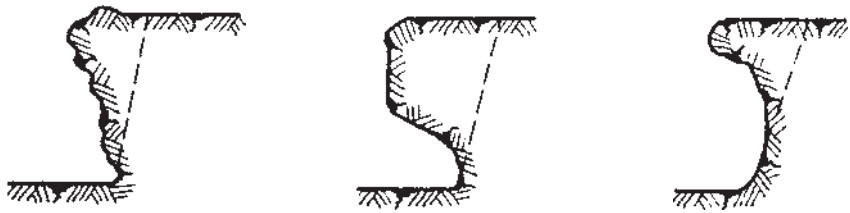
شکل ۱۰ــ۱۰

در نقاطی که درزه‌هایی با زاویهٔ شیب بیش از ۴۵ درجه در طبقات وجود دارند و سینه‌کاری نزدیک به آن‌ها احداث می‌شود، خطر ریزش به مقیاس وسیعی انجام می‌گیرد. برای جلوگیری از این خطرات، سینه کارها و پله‌ها، بایستی به‌طور کامل از نظر وجود شکاف در طبقات، مورد بررسی و بازبینی قرار گیرند تا پیش‌بینی حفاظتی به‌طور کامل به‌عمل آید.



شکل ۱۱ــ۱۰ــ وضع خطرناک سینه‌کار به‌علت درزه‌های عمیق

در زمان بهره‌برداری، سینه‌کار ممکن است شکل نامناسبی پیدا کند. مثلاً هنگامی که ارتفاع عمل بیل مکانیکی از ارتفاع سینه‌کار کمتر باشد، چنین وضعی ایجاد خواهد شد و ممکن است سینه‌کار دارای شیب منفی گردد. بدیهی است ؛ چنین سینه‌کاری موجب ریزش و سقوط می‌شود و این که اجازه داده شود سینه کار چنین شکل خطرناکی به‌خود گیرد کاملاً مخاطره‌آمیز است ؛ در ضمن کار کردن در سینه‌کارها از قسمت پایین و مجاور کف آن نیز قابل قبول نیست، زیرا این عمل نیز به ریزش و سقوط، منجر می‌شود.



الفــ شیب منفی **بــ حفاری در پای سینه کار** **جــ قطعه آویزان**

شکل ۱۲ــ۱۰ــ حالتهای نادرست سینه کار

حفاظت در برابر ریزش و سقوط

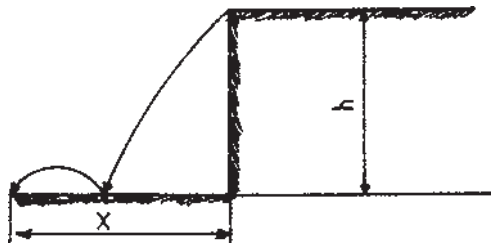
کارگاه‌های معادن روباز بایستی همواره فاقد هرگونه قطعات سنگ و زغال و غیره باشند ؛ زیرا ممکن است، قطعات مذکور سقوط کرده و سبب بروز حوادث ناگواری گردند. در کلیهٔ معادنی که مواد

سخت استخراج می‌شوند، برای تقلیل ابعاد قطعات و تولید تکه‌هایی کوچک‌تر عملیات خردکردن انجام می‌گیرد. این کار معمولاً در اثر فعالیت کارگران و توسط آتش‌کاری، حفاری و عوامل طبیعی یا مجموع این عوامل انجام می‌شود. تعادل مواد در سینه‌کارها نیز موقتی بوده و در هر لحظه امکان دارد، براثر ایجاد امواج انفجاری یا ریزش باران و غیره دچار تغییراتی شود.

از طرفی با انجام عملیات خردکردن مواد، قطعات نیز تولید لرزش کرده و سبب به‌هم زدن تعادل موجود در مواد می شود. در این‌جا آنچه که از نظر ایمنی اهمیت دارد، تعیین مناطقی از پای سینه‌کار است که قطعات بزرگ سنگ و غیره، ممکن است به آن‌جا سقوط کند. این کار عملی است و می‌توان به‌کمک فرمول زیر مقدار آن را محاسبه کرد (شکل ۱۳ــ۱۰).

$$x = c \times h$$

در رابطهٔ فوق x فاصله کف سینه‌کاری را که جسم برروی آن سقوط می‌کند، برحسب متر نشان می‌دهد، h ارتفاعی است که جسم از آن‌جا سقوط می‌کند و c ضریب تناسبی است که به شیب سینه‌کار و خاصیت ارتجاعی اجسام برخوردکننده بستگی دارد.

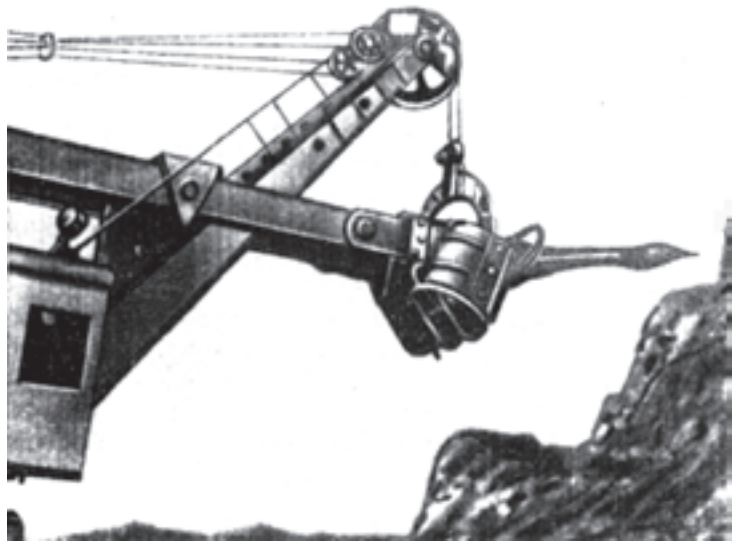


شکل ۱۳ــ۱۰ــ تعیین عرض منطقه خطر در پای سینه کار

از آن‌جایی که در معادن روباز در یک لحظه در سینه‌کارهای مختلف در یک یا دو پای سینه‌کار عملیات استخراجی توسعه می‌یابد، در نتیجه ؛ تعیین عرض منطقه‌ای که در معرض خطر سقوط اجسام و قطعات سنگ است، اهمیت بسیاری دارد به این‌علت که خطرات ناشی از فروافتادن سنگ‌ها و اجسام مذکور، کارگران شاغل در پای سینه‌کار به خصوص کارگرانی که در سینه‌کارهای پایین‌تر مشغول کار هستند را تهدید می‌کند. برای جلوگیری از خطر سقوط قطعات و سنگ‌ها، از پای سینه‌کار فوقانی به سینه‌کارهای پایین‌تر، لازم است که عرض سینه‌کار ۰/۲ ارتفاع عمودی آن بوده و زاویه منفی سینه‌کار نیز با شیب آن مساوی باشد. عرض این قسمت در هرحال نباید کمتر از ۳ متر باشد.

اختلاف ارتفاع که براثر برداشتن مواد باطله و یا حفاری به‌وجود می‌آید، گاهی باعث می‌شود که برای کارگران شاغل و سایر افراد حوادث ناگواری به‌وقوع بپیوندد. به این خاطر، مقررات حفاظتی تأکید می‌کند، در صورت وجود پرتگاه‌هایی درمنطقه، باید محل‌های خطرناک را علامت‌گذاری کرده و هنگام شب نیز با وسیله‌های مناسبی روشن نگه داشت تا حادثه ناگواری اتفاق نیفتد. در شرایطی که معدن درمحل‌های پرجمعیت یا در مجاورت جاده‌های عمومی و راه‌آهن قرار دارد، لازم است که علاوه بر نصب علائم هشداردهنده، با نرده‌هایی به ارتفاع حداقل ۱/۵ متر، مناطق خطرناک را محصور کرد.

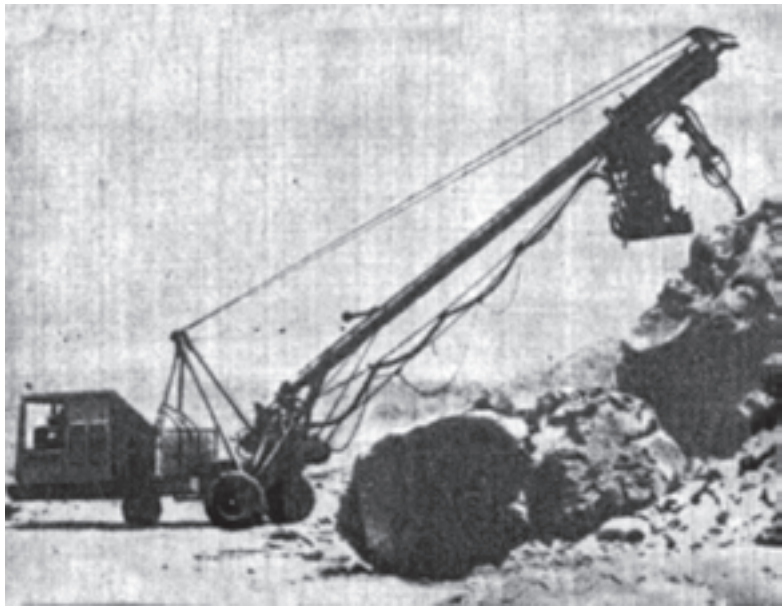
اقدام حفاظتی دیگر، در مقابل خطرات ناشی از ریزش و سقوط تخته سنگ‌ها، لق گیری و جدا کردن تکه‌سنگ‌های سست و ریزشی است که به نوبهٔ خود می‌تواند در کاهش خطرات مؤثر واقع شود. وسیلهٔ لق گیری مواد در سینه‌کارهای غیرقابل دسترس دیلم لق‌گیری شارکف است که متصل به بیل مکانیکی شده و کار بسیار خطرناک لق‌گیری را به سادگی و سهولت، ممکن می‌سازد (شکل ۱۴ــ۱۰).



شکل ۱۴ــ۱۰ــ دیلم مخصوص متصل به بیل مکانیکی

در بعضی از معادن روباز، از بیل‌های الکتریکی مجهز به وسایل بالارونده مخصوص جهت صعود به قسمت‌های خطرناک و کندن قطعات سست استفاده می‌شود. با توجه به این که این دستگاه‌ها دارای دکل‌بندی هستند، بایستی در فاصله معینی قرار گیرند تا بتوانند کار کنند. روش دیگر استفاده از جرثقیل‌های هیدرولیکی، مجهز به کابین مخصوص است که از داخل کابین آن‌ها می‌توان کار را

پیش برد و بدون کوچک‌ترین خطر، قسمت مورد نظر را کَند و جدا کرد که در شکل زیر مشاهده می‌شود.



شکل ۱۵ــ۱۰ــ بازوی مخصوص برای حفاری مناطقی که پای سینه کار خطرناک است.

در امریکا عمل کندن و برداشتن قطعات ریزشی و غیرقابل دست‌رسی را با دستگاهی به نام تفنگ صنعتی انجام می‌دهند که ۵۰ کیلو وزن و ۲/۱متر طول دارد و هنگام شلیک، نارنجکی ۹۰ گرمی را با سرعت زیاد به سمت هدف که تخته سنگ یا قطعه موردنظر است، پرتاب می‌کند. کار انجام شده حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم متر است که قطعات ریزشی و سست دور از دسترس را به آسانی جدا کرده و پایین می‌اندازد ؛ هرچند، کاربرد این وسیله، خالی از خطر نیست ولی در هر حال چون دستگاهی است که ازراه دور کارِکندن سینه‌کار و لق‌گیری را انجام می‌دهد، به نوبه خود قابل توجه است.

خودآزمایی

۱ــ معادن زیرزمینی را از لحاظ محدودیتها و خطراتی که دارد با معادن روباز مقایسه کنید.

۲ــ برای مقابله با خطرات قسمتهای متحرک ماشین‌آلات و تجهیزات چه اقدامی قابل انجام است؟

۳ــ چگونه ازخطر پرتاب قطعات و تکه‌های سنگ و حوادث مربوط جلوگیری می‌شود؟

۴ــ علت اصلی خطرات برق‌گرفتگی در معدن چیست؟

۵ــ عوامل به‌وجود آمدن خطرات برق را چگونه کنترل می‌کنند؟

۶ــ مایعات خورنده چگونه در معدن، عامل پیدایش خطر می‌شوند؟

۷ــ سروصدا چگونه به سلامتی کارگران در معدن صدمه وارد می‌کند؟

۸ــ آلودگی هوای معادن روباز چگونه اتفاق می‌افتد؟

۹ــ لغزندگی سینه‌کارها و مواد انباشته شده چگونه باعث وقوع حوادث خطرناک در معدن روباز می‌شوند؟

۱۰ــ تخلیه الکتریکی مربوط به رعد و برق در معادن روباز چگونه صورت می‌گیرد و چه خطراتی در پی دارد؟

۱۱ــ سیلاب‌های مخرّب چگونه خطری برای معدن روباز به‌شمار می‌روند؟

۱۲ــ خطر سقوط کارگران از نقاط مرتفع به چه صورت در معادن روباز ظاهر می‌شود؟

۱۳ــ آیا در معادن روباز هم مثل معادن زیرزمینی خطر سقوط و ریزش سنگ وجود دارد؟ چگونه؟

۱۴ــ چگونه از ریزش و سقوط سنگ‌ها در معادن روباز می‌توان جلوگیری کرد؟

فصل یازدهم

ایمنی در معادن زیرزمینی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ کلّیاتی از اهمیت توجه به ایمنی در معادن زیرزمینی را بیان کند.

۲ــ ریزش در معدن را شرح دهد.

۳ــ علل ریزش در معدن را تشریح کند.

۴ــ روش‌های جلوگیری از ریزش را توضیح دهد.

۵ــ حفاظت انفرادی در برابر ریزش را شرح دهد.

۶ــ حریق در معادن را توضیح دهد.

۷ــ خطرات ناشی از حریق را بیان کند.

۸ــ انواع حریق در معادن شامل حریق‌های ناشی از خودسوزی و حریق معمولی را تشریح کند.

۹ــ پیش‌گیری از حریق معدنی را توضیح دهد.

۱۰ــ پیش‌بینی‌های حفاظتی در زمینه حریق را شرح دهد.

۱۱ــ اشتعال و انفجار گاز متان و گرد زغال را توضیح دهد.

۱۲ــ مقدار مجاز گاز متان در قسمت‌های مختلف معدن را شرح دهد.

۱۳ــ اقدامات لازم در هنگام تراکم گاز متان را بیان کند.

۱۴ــ خطرات ناشی از حمل و نقل و ترافیک معدنی را شرح دهد.

۱۵ــ عبور و مرور افراد در معدن را تشریح کند.

۱۶ــ تردد قطارها را شرح دهد.

۱۷ــ حمل و نقل با نقاله‌ها را بیان کند.

۱۸ــ حمل و نقل در راهرو شیب‌دار را بیان کند.

۱۹ــ باربری در چاه را تشریح کند.

۲۰ــ ایمنی کابل را توضیح دهد.

کلّیّات

کارگرانی که در کارگاه‌های معادن زیرزمینی کار می‌کنند، در مقایسه با کارگران سایر صنایع دارای شرایط مناسبی در محیط کار نیستند و خطرات متعدد و بیماری‌های شغلی گوناگونی آنان را تهدید می‌کند. محدود بودن فضای کارگاه‌های زیرزمینی، فقدان نور کافی، وجود گازها و غبارهای سمی و انفجارآمیز در هوای معدن، خطر ریزش سقف کارگاه و بسیاری موارد دیگر، ازجمله عواملی

هستند که ایمنی و تندرستی کارگران را در این معادن به خطر می‌اندازند که برای رفع یا تقلیل اثرات و صدمه‌های حاصله بایستی اقدامات مؤثری انجام شود. آگاهی از خطرات موجود در معادن و چگونگی پیش‌گیری و مقابله با آن‌ها، سبب می‌شود راندمان کار و ایمنی کارگاه‌ها افزایش یابد و از میزان حوادث و ضایعات ناشی از بی‌توجهی به مقررات حفاظتی، به‌نحو چشم‌گیری کاسته شود. در این فصل به بیان مهم‌ترین خطرات موجود در این زمینه می‌پردازیم.

ریزش در معدن

در معادن زیرزمینی، ریزش سقف و کمر بالا یکی از معمول‌ترین و بیشترین حوادث محسوب می‌شود ؛ به‌طوری که کمر بالا دشمن جان کارگر به شمار می رود. اهمیت مسئلهٔ ریزش در کارگاه‌های زیرزمینی، تا آن‌جا بالا می‌گیرد که یکی از روش‌هایی که از طریق آن به میزان ایمنی معدن پی برده می‌شود، بررسی تعداد ریزش‌ها و سقوط ناگهانی سنگ‌ها از سقف کارگاه‌هاست ؛ حتی اگر به کسی آسیبی نرسد. در بعضی معادن، هرگاه تکه‌سنگی بدون انتظار سقوط کند و به کسی صدمه هم وارد نشود ؛ معذالک، آن را حادثه‌ای معدنی قلمداد می‌کنند ؛ زیرا این مسئله نشان می‌دهد که کارگاه دارای ایمنی کامل نیست. چنانچه این سنگ بر سر کسی فرود می‌آمد، منجر به وارد آمدن آسیب بدنی به وی می‌شد. براساس آمارهای موجود تقریباً یک سوم تمام حوادث معادن دنیا را ریزش‌های بزرگ و سقوط سنگ‌ها به‌خود اختصاص داده‌اند.

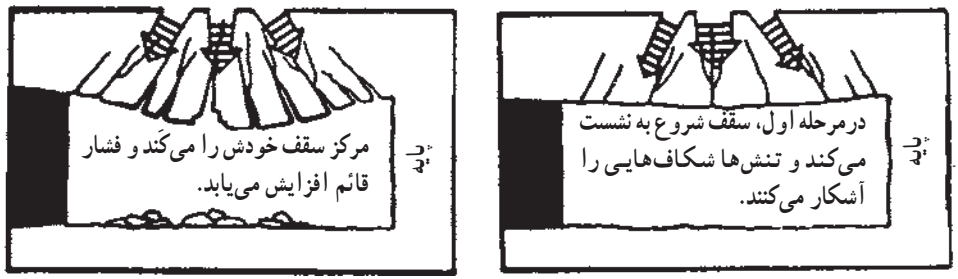
علل ریزش در معدن

ریزش سقف و دیوارهٔ کارگاه‌های معادن زیرزمینی به علت‌های مختلفی انجام می‌شود که بنا به وضعیت‌های مختلف ممکن است، یک یا چند عامل در وقوع آن‌ها دخالت داشته باشند. مهم‌ترین علل ریزش در معدن به شرح زیر است :

۱ــ فشار طبقات فوقانی: مواد معدنی و کلیهٔ طبقات موجود در اعماق زمین در حالت طبیعی در وضعیت فشار متعادل قرار دارند، ولی در اثر حفر تونل‌ها و کارگاه‌های زیرزمینی تعادل آن برهم می‌خورد ؛ در نتیجه قبل از برقراری مجدد تعادل، سنگ‌های اطراف متحمل نیروهای اضافی شده که در آن‌ها به‌صورت تغییر شکل ظاهر می‌شود.

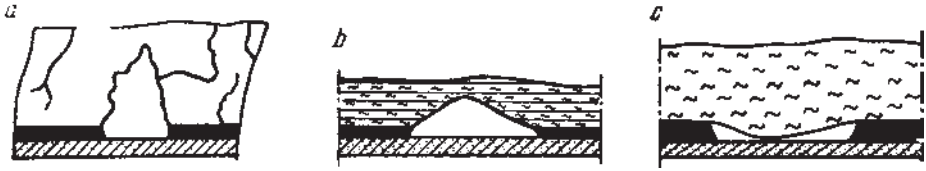
پدیدهٔ تغییر شکل در اجسام مختلف و از جمله سنگ‌ها در دو مرحلهٔ ارتجاعی و خمیری صورت می‌گیرد. اگر نیروهای وارده بر سنگ‌ها درحدی باشد که تغییر شکل حاصله از حد ارتجاعی تجاوز نکند، قسمت‌های حفر شده، بدون آن که نیازی به وسیله نگه‌داری داشته باشند، مدت‌ها پایدار باقی خواهند ماند.

مثلاً هرگاه یک تونل درداخل سنگ‌های محکم مانند ماسه‌سنگ یا گرانیت حفر شود، نیازی به وسیلهٔ نگه‌داری نخواهد داشت و ریزشی رخ نخواهد داد. اما از آن جایی که درحالت کلّی، سنگ‌ها چندان مقاوم نیستند و ابعاد کار معدنی نیز بزرگ است، بنابراین ؛ تغییر شکل‌ها از حد ارتجاعی می‌گذرد و پس از تغییرشکل خمیری از هم گسیخته می‌شود و باعث ریزش سقف و دیواره کار معدنی خواهد شد. مثلاً هنگامی که رگهٔ زغال‌سنگی استخراج می‌شود، سقف کارگاه تحت تأثیر وزن طبقات بالایی، شکم می‌کند و سبب ایجاد شکاف‌هایی درخود می‌شود که ممکن است سبب ریزش قسمت‌هایی از سقف شود.



شکل ۱ــ۱۱ــ وضعیت سقف قبل از ریزش

۲ــ جنس چینه‌ها و سنگ‌ها: یکی از عوامل مهمی که درچگونگی و سرعت نشست و ریزش کمر بالای کارگاه‌های زیرزمینی تأثیر فراوانی دارد، جنس چینه‌ها و سنگ‌های سقف و پیرامون آن است ؛ به‌طوری که گاهی مشاهده گردیده که واکنش و جنس سنگ‌های مذکور سبب می‌شود که ریزش رخ ندهد. بعضی از مواد مانند شیست و زغال‌سنگ، قبل از آن که ریزش کنند، به طرف کف کارگاه خمیده می‌شوند و در نتیجه تکه‌های کوچک سنگ از آن‌ها جدا می‌شود و سقوط می‌کند که سبب می‌شود، کارگران متوجه خطر ریزش بشوند و پیش‌بینی‌های لازم را به‌عمل آورند. در حالی که سنگ‌های سخت مانند ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک ناگهان فرو می‌ریزند. استحکام سقف کارگاه تا اندازهٔ زیادی به ساختمان و جنس سنگ کمربالای آن بستگی دارد، از همین‌رو بعضی از کارگاه‌ها نیاز به چوب‌بست و نگه‌داری مطمئن‌تری دارند. در معادن زغال‌سنگ، در قسمت فوقانی کمر بالا رگه‌های نازک دیگری موازی با رگه اصلی وجود دارند که سبب جدا شدن کمر بالا از سقف و فروریختن آن می‌شود.



شکل ۲ــ۱۱ــ وضعیت تعادل کار معدنی در سنگ‌های مختلف

۳ــ روش استخراج: عدم تناسب روش شبکه‌بندی تونل‌ها و کارگاه‌های معدن و اندازه و ابعاد آن‌ها، با شرایط طبیعی کانسار و به‌طور کلی انتخاب سیستم استخراج نادرست، می‌تواند عامل پیدایش خطر ریزش و سقوط کمر بالا باشد. برای مثال می‌توان از خطر دررفتن پایه‌های نگه‌داری معدن در سیستم استخراج اتاق و پایه یادکرد که سبب ازبین رفتن عده زیادی از کارگران شده است. در روش مذکور، ماده معدنی را به شکل اتاق‌هایی استخراج می‌کنند و برای نگه‌داری سقف کارگاه، قسمتی از مادهٔ معدنی را به‌صورت پایه باقی می‌گذارند. این پایه‌ها در بعضی مواقع براثر فشار سنگ‌ها و طبقات بالایی به‌طور ناگهانی از زیر سقف کارگاه درمی‌رود و خطر بزرگی ایجاد می‌کند. بدین ترتیب ؛ پایه در اثر فشارهای وارده، همراه با صدای مهیبی خرد و منهدم می‌شود و سبب خرد شدن سایر استحکامات و چوب‌بست‌ها و در پی آن له‌شدن وسایل و تجهیزات و افراد داخل معدن می‌شود. خطر دررفتن پایه‌ها در معادن زغال‌سنگ چندان زیاد نیست ؛ زیرا اغلب لایه‌های زغال دار ازنوع شیست بوده و در نتیجه فشار، کف کارگاه برآمده و سقف نیز خمیده می‌شود و پایه‌ها به‌جای دررفتن در زیر فشار له و خرد می‌شوند، هرچند خطر ریزش ناگهانی کم‌تر است، ولی نمی‌توان آن را نادیده گرفت. مطالعات به عمل آمده در مورد پدیدهٔ فوق نشان می‌دهد که علت در رفتن پایه، شکستن و ترک خوردن ناگهانی حجم بسیار بزرگی از سنگ‌ها و طبقات بالایی است که شبیه پتکی به روی لایه‌های زیرین ضربه وارد می‌کند و این ضربه‌ها نیز به پایه انتقال می‌یابد. هنگام استخراج لایه‌های شیب‌داری که در بالای آنها نیز رگه‌های دیگری از ماده معدنی وجود دارد و در آنها عملیات حفاری و کندن انجام می‌شود، بایستی از نظر خطر ریزش سقف و کمر بالا، احتیاط‌های لازم به‌عمل آید ؛ زیرا در موارد بسیاری جدا شدن تکه‌های لق و سقوط سنگ‌ها در آن‌ها مشاهده شده است و این موضوع به‌خصوص در سیستم استخراج پلکانی معکوس که هر پله کارگاه از دو سطح، باز و آزاد می‌شود، اهمیت فراوانی دارد و باید به دقت بازرسی شود و کارگاه پیش از پرداختن به استخراج لق‌گیری گردد.

خطر دیگری که در کارگاه‌های با شیب تند وجود دارد، این است که در کارگاه‌های مذکور، اغلب مواد معدنی را پس از کنده شدن در امتداد شیب کارگاه به سمت راهروهای زیرین فرو می‌غلتانند و ماده معدنی با استفاده ازنیروی ثقل به سمت پایین حمل می‌شود. یا در مواردی که عمل خاکریزی و پرکردن محل استخراج شده به همین طریق صورت می‌گیرد، گاه ممکن است، بنابه عللی خاکریز کارگاه یا مواد معدنی انباشته شده درکارگاه، ریزش کرده و ایجاد خطر کند. بنابراین ؛ بایستی شیب این کارگاه‌ها را به دقت و با توجه به شرایط طبیعی کانسار محاسبه و کنترل کرد.

۴ــ رطوبت هوا: وجود مقداری رطوبت در هوای معدن نیز یکی از عوامل پدیدآورنده ریزش و سقوط سنگ‌ها از سقف و دیواره کار معدنی است ؛ چنان که در بعضی از تونل‌ها و

راهروهای زیرزمینی که در ابتدا دارای سقف و دیواره‌های مستحکمی هستند، پس از گذشت مدتی، تکه‌سنگ‌هایی از سقف و دیواره‌ها به‌طور خودبه‌خود جدا شده و سقوط می‌کند یا در بعضی از قسمت‌ها دوباره به همین دلیل ریزش‌هایی صورت می‌گیرد. نقش رطوبت در جدا شدن تکه‌های سنگ و ورقه‌ورقه شدن و ریزش سقف، ممکن است، به این دلیل باشد که هوای گرم در فصل تابستان مقدار فراوانی رطوبت را در خود نگه می‌دارد که هنگام ورود به معادن زیرزمینی به علت اختلاف درجهٔ حرارت داخل و خارج معدن رطوبت خود را به‌تدریج از دست می‌دهد و سبب نمناک شدن سطح دیواره و سقف راهروها و گالری‌های زیرزمینی و به‌خصوص سردر تونل‌ها می‌شود و به دنبال آن سست شدن و برآمدگی و ترک خوردن سنگ‌ها را فراهم می‌آورد که به نوبهٔ خود ریزش‌های کوچک و بزرگی را به همراه دارد. تغییرات شیمیایی ناشی از هوازدگی نیز سنگ‌هایی را که به اندازهٔ کافی سخت نباشد، به حالت نرم درمی‌آورد که در این حالت نیز در اثر هرگونه بی توجهی و مسامحه‌کاری، ریزش از سقف تقریباً قطعی است.

۵ــ فشار گاز و آب در چینه‌ها: گاهی در فضاهای خالی به‌وجود آمده در لابلای طبقات و چینه‌های اطراف و بالای رگه معدنی آب یا گازهای انفجارآمیزی مانند متان انباشته می‌شود که به سبب دارابودن فشار فراوان سبب سست شدن و ریزش دیواره و سقف کارگاه می‌شود. گاز متراکم شده در چنین فضایی، ضمن وارد کردن فشار می‌تواند با تصاعد خود خطر انفجار را نیز تولید کند و آب موجود هم به سبب ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی مانند انجماد و انحلال، موجب خرد و سست شدن سنگ‌ها و در نتیجه به‌وجود آمدن خطر تخریب و ریزش می‌شود.

روش‌های جلوگیری از ریزش

همان‌طوری که اشاره شد، عوامل اصلی وقوع ریزش در معدن، یعنی ؛ فشار زمین، جنس سنگ‌ها و چینه‌ها، روش استخراج نادرست، رطوبت و فشار آب و گاز، تا زمانی که تحت کنترل و مراقبت قرار نگیرند، احتمال خطر وجود دارد و نمی‌توان با اطمینان و ایمنی درمعدن مشغول به کار شد. از همین‌رو، لازم است با اقداماتی که به شرح آن‌ها می‌پردازیم، امکان ایجاد خطر را به حداقل ممکن رساند.

نگاهداری سقف و دیواره‌ها: دربرخی موارد کارهای معدنی مختلف را بایستی با وسایل مختلف نگه‌داری کرد و از ریزش آن‌ها جلوگیری نمود ؛ زیرا افرادی که در داخل معادن زیرزمینی کار می‌کنند، قبل از هرچیز باید از ایمنی سقف کارگاه خود اطمینان حاصل کنند و وسایل نگه‌داری می‌تواند در این زمینه آسودگی خاطر آن‌ها را تأمین کند. وسایل نگه‌داری باید مانند یک چتر یا سپر عمل کند و مانع از ریزش و نشست سقف و دیواره‌ها بر روی کارگران شود. مطالب مربوط به نگه‌داری

در درس تکنولوژی استخراج معدن (۱) مورد بحث قرار گرفته است و در این‌جا از ذکر آن خودداری می‌شود و فقط به یادآوری چند نکته که از نظر ایمنی اهمیت بسیاری دارد، اکتفا می‌شود.

۱ــ هیچ‌گاه نباید یک ستون را بدون کلاهک در زیر سقف، نصب کرد.

۲ــ اگر در سقف کارگاه ترک یا شکافی وجود داشته باشد، امتداد طول کلاهک باید عمود بر امتداد شکاف باشد.

۳ــ هیچ‌گاه نباید چوب را در امتداد طولی آن اره کرد ؛ زیرا مقداری از تارهای چوب اره شده و چوب سست می‌شود. در این قبیل موارد چوب را باید با تبر و امثال آن لاشه کرد.

۴ــ چوب بست گالری‌ها، باید به موقع و مطابق با پاسپورت آن انجام شود در صورت تغییر شرایط زمین شناسی و بهره‌برداری، پاسپورت باید مورد تجدید نظر قرار گرفته و تصمیمات جدید برای تقویت چوب بست اتخاذ شود.

۵ــ ستون‌های چوبی را باید از پوست و گیره تمیز کرده و استفاده از لایه وچوب‌های شکسته به‌عنوان ستون و یا جزء دیگر چوب‌بست که تحت فشار طولی قرار گرفته، ممنوع است.

۶ــ در صورت ریزش فضای جلوی سینه کار در کارگاه استخراج و یا در گالری پیش‌روی، چنان‌چه معلوم شود که علت ریزش، نادرست بودن و نقص پاسپورت پیش‌روی و چوب‌بست آن بوده است، چوب‌بست آخری را جمع کرده و پاسپورت جدیدی، بدون عیب تنظیم و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷ــ تکنسین‌ها و سرکارگران، قبل از به‌کار بردن پاسپورت جدید باید با آن آشنایی کامل پیدا کرده و آن را امضا کنند. انجام کارهای تونلی بدون پاسپورت و با عدم رعایت نکات پاسپورت، ممنوع است.

۸ــ برای کشیدن چوب و برداشتن چوب‌بست (که برای تعویض یا صرفه‌جویی در مصرف چوب انجام می‌شود)، باید نخست سقف محل، به‌دقت آزمایش شود و کار کشیدن چوب با افراد آزموده به‌وسیلهٔ طناب و حتماً از فاصله دور صورت گیرد. برداشتن بیش از ۲ قاب چوبی یا فلزی در یک زمان مجاز نبوده و قبل از برداشتن هر قاب، چوب‌بست قاب‌های طرفین آن به اندازه کافی باید تقویت و تخته‌کوبی شوند.

اندودن سیمان: برای پیش‌گیری از اثرات تخریبی و مشکلات حاصله از رطوبت که در روی سنگ‌های سقف و اطراف راهروها و کارگاه‌های زیرزمینی نقاط ضعفی ایجاد می‌کند، پوشش‌های مواد گوناگونی را مانند رنگ‌های آسفالتی و قیری و یا ماده‌ای به نام گونیت، مورد استفاده قرار می‌دهند. گونیت عموماً از سه قسمت ماسه، یک قسمت سیمان و مقداری آب تشکیل شده که آن را با دستگاه‌های مخصوصی در دو لایه به ضخامت ۲/۵ سانتی متر به سقف و دیواره‌ها می‌پاشند. قبل

از اقدام به این کار، بایستی تکه‌های لق و سنگ‌های سست را کاملاً جدا کرد و سپس در فاصلهٔ زمانی کوتاهی، گونیت را پاشید. این ماده علاوه بر آن‌که از هوازدگی و لق شدن سنگ‌ها و جدارهٔ درون تونل جلوگیری می‌کند، سطح آن را صاف‌تر کرده که این امر در بهبود تهویهٔ معدن، اثر مطلوبی دارد.

خارج کردن آب و گاز از طبقات: به علت اینکه فشار حاصل از وجود گاز یا آب در حفره‌های زیرزمینی امکان ریزش را زیادتر می‌کند می‌توان با خارج کردن آب و گاز از داخل طبقات، فشار چینه‌ها را کاهش داده و خطر ریزش را کمتر کرد.

بازرسی سقف و لق‌گیری: کلیهٔ کارگران و ناظران فنی که در سینه‌کارهای استخراج معادن زیرزمینی کار می‌کنند، بایستی همه‌روزه قبل از شروع به کار وضعیت تغییر یافته کمر بالا و وسایل نگه‌داری را بازرسی کنند تا چنانچه از نظر خطر ریزش موردی مشاهده شود، نسبت به رفع آن اقدام نمایند.

حفاظت انفرادی در مقابل ریزش

برای حفاظت اعضای بدن در برابر ریزش و سقوط سنگ‌ها، وسایل حفاظتی مخصوصی به‌کار می‌رود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ کلاه کاسک: این کلاه علاوه بر آن که سرافراد را در برابر سقوط سنگ‌ها حفظ می‌کند، سبب می‌شود که هنگام برخورد با سقف و دیواره‌های نوک‌تیز یا اشیای اطراف محل کار زیرزمینی آسیبی نبینند. به‌همین علت، کلاه را از جنس آلومینیوم یا مواد پلاستیکی سخت می‌سازند و داخل آن نوارهای مخصوصی وجود دارد که سبب می‌شود، ضربهٔ وارده بر کلاه به‌طور یکنواخت به تمام سطح سر منتقل شود و از طرفی با تنظیم آن به اندازه لازم کلاه را با اندازه سر متناسب می‌کنند. کلاه‌های معدنی دارای زائدهٔ مخصوصی در جلو هستند که چراغ انفرادی روی آن نصب می‌شود و حلقه‌ای نیز در عقب دارد که کابل چراغ را از آن عبور می‌دهد. وزن کلاه کاسک نبایستی از ۴۰۰ گرم بیشتر باشد

شکل ۳ــ۱۱ــ کلاه ایمنی معدن

و برای حفاظت سر و صورت و پشت گردن بهتر است دورتا دور کاسک دارای لبه باشد.

چکمه: برای حفاظت پنجه یا جلوگیری از سقوط سنگ‌ها، کفش یا چکمه‌هایی می‌سازند که سرپنجهٔ آن‌ها دارای صفحهٔ فلزی باشد و همچنین ؛ در کنار کفش نیز پولک‌های فلزی قرار می دهند.

شکل ۴ــ۱۱ــ کفش ایمنی

زانوبند و ساق‌بند: این دو نیز علاوه بر حفظ پاها از برخورد به اشیا، در موقع پرتاب سنگ می‌تواند ضربه را خنثی کند.

عینک حفاظتی: به‌طوری که قبلاً اشاره شد، چه در هنگام لق‌گیری و آزمایش سقف و چه در مواقع دیگر، ممکن است سنگریزه‌ها و ذرات کوچک مواد معدنی و سنگ و غیره داخل چشم اصابت کند که زدن عینکِ حفاظتی، مانع از آسیب رساندن به چشم‌ها می‌شود.

شکل ۵ــ۱۱ــ چند نوع عینک ایمنی

اشتعال و انفجار گاز متان و گرد زغال در معدن

در صورتی که غلظت گاز متان در هوای معدن از مقدار معینی تجاوز کند و به حدّ قابل انفجاری برسد، ایجاد هرگونه شعله یا جرقه می‌تواند به اشتعال و انفجار گاز مذکور منجر شود ؛ زیرا همان‌طوری که می‌دانیم متان گازی قابل اشتعال است و با هوا مخلوط انفجارآمیزی را تشکیل می‌دهد. قابلیت اشتعال و انفجار جزء مهم‌ترین خواص گاز متان است که با درصد متان موجود در مخلوط هوا تغییر می‌کند. هوایی که مقدار گاز متان آن ۵ تا ۶ درصد باشد، قابل انفجار نیست ولی در مجاورت یک منبع حرارتی داغ، قابلیت سوختن پیدا می‌کند و شعله حاصله در اطراف منبع باقی می‌ماند مخلوطی از ۶ــ۵ درصد الی ۱۶ــ۱۴ درصد متان دارای قابلیت انفجار است. بالاخره درآمیختگی گاز متان و هوا، هرگاه مقدار متان از ۱۶ــ۱۴ درصد تجاوز کند، مخلوط قابلیت انفجار خود را از دست می‌دهد.

غلظت گاز متانی که در مقایسه با سایر انواع خود قابلیت اشتعال بیشتری دارد، ۸ درصد است ولی پرقدرت‌ترین انفجار با مخلوط متان و هوای ۹/۵ درصد اتفاق می‌افتد. به هر حال، بایستی در داخل معدن از ایجاد هرگونه جرقه یا شعله جلوگیری شود، و تا سرحد امکان به رعایت نکات ایمنی تأکید و توجه شود مهم‌ترین عوامل مشتعل‌کنندهٔ گاز متان به شرح زیر است :

۱ــ ایجاد شعله در اثر کبریت زدن یا سیگار کشیدن: این موضوع عامل تعداد بسیاری از انفجارها در معادن بوده است ؛ به همین علت، قبل از ورود افراد به داخل معدن لازم است، از نظر داشتن کبریت، فندک و سیگار مورد بازرسی قرار گیرند.

۲ــ چراغ اطمینان شعله‌ای: هرگاه چراغ اطمینان شعله‌ای که وسیله‌ای برای اندازه‌گیری غلظت گاز متان در هوای معدن است، در معرض جریان شدید هوا قرار گیرد، شعلهٔ آن با توری تماس حاصل کرده و آن را به حرارت قرمز می‌رساند که همین منبع داغ می‌تواند سبب اشتعال گاز متان شود. بنابراین، چراغ اطمینان شعله‌ای را بایستی از جلوی دهانه لوله‌های تهویه یا هر جایی که جریان شدید هوا وجود دارد، دور نگه داشت. چراغ‌های معیوب نیز می‌توانند گاز متان را مشتعل کنند.

۳ــ جرقه ناشی از برخورد سنگ‌ها با یکدیگر: در مواردی شبیه ریزش سقف کار معدنی از برخورد ماسه سنگ‌ها و غیره، ممکن است جرقه‌هایی تولید شود که بتواند گاز متان را مشتعل کند.

۴ــ ماشین‌های حفر زغال: در اثر کار با ماشین‌های حفر زغال دندانه‌ها و تیغه‌های برش‌دهنده به خصوص هنگام برخورد با سنگ‌ها و ناخالصی‌های سخت مثل پیریت و نیز قلوه‌سنگ‌ها داغ می‌شود، یا تولید جرقه می‌کند که می‌تواند گاز متان را مشتعل سازد.

۵ــ مواد منفجره معمولی و غیرمجاز: هرگونه عدم رعایت مقررات ایمنی در مورد مواد

منفجره و آتش‌کاری، می‌تواند سبب خطرات متعددی از جمله خطر اشتعال متان شود.

۶ــ لکوموتیوهای دیزلی: هرگاه دودهای خروجی لکوموتیوهای دیزلی به طریقی خنک نشود، می‌تواند گاز متان را مشتعل سازد.

۷ــ ابزارهای حفاری: مته پرفوراتورها هنگام حفر چال در سنگ‌های سخت، جرقه‌های خطرناکی تولید می‌کند که در اثر آن گاز متان آتش می‌گیرد.

۸ــ اصطکاک فلزات: در اثر مالش و اصطکاک بین دو جسم فلزی مانند پروانه و بدنه ونتیلاتور، خطر انفجار متان به وجود می‌آید.

۹ــ جرقه و قوس الکتریکی: در اثر پیدایش آن‌ها در ماشین‌آلات برقی معیوب و غیرمجاز، می‌تواند متان را مشتعل کند.

۱۰ــ تخلیهٔ الکتروستاتیکی (الکتریسیته ساکن): در اثر مالش هوای فشرده با شیلنگ یا انتقال موادی مانند خاک و ماسه از لوله‌ها به‌وسیله هوای فشرده برای خاکریزی یا بستن چال یا در موارد مشابه، در اطراف لوله‌ها الکتریسیته ساکن ایجاد می‌شود که تخلیه آن سبب ایجاد خطر اشتعال متان می‌گردد. بنابراین، بایستی این لوله‌ها حتماً دارای اتصال زمین باشند.

از عوامل دیگر مشتعل‌کننده گاز متان، پدیده انفجار گرد زغال‌سنگ و آتش‌سوزی معدنی را می‌توان نام برد.

روش‌های پیش‌گیری از اشتعال گاز متان: با شرحی که در مورد عوامل مشتعل کنندهٔ گاز متان بیان شد این نتیجه حاصل می‌شود که برای جلوگیری از وقوع اشتعال و انفجار گاز متان، بایستی عوامل خطر آفرین را از میان برداشت. یعنی ؛ با انجام تهویه مؤثر مقدار گاز متان را در هوای معدن تا زیر حد مجاز رقیق کرد و در ضمن اقداماتی نیز به شرح زیر انجام داد :

۱ــ استفاده از چراغ‌های بدون حفاظ، کبریت، فندک و نیز استعمال دخانیات ممنوع شود.

۲ــ برای روشنایی انفرادی، از چراغ‌های باطری‌دار استفاده شود و کیفیت هوا به طور مرتب با دستگاه‌ها و چراغ‌های مخصوص کنترل شود.

۳ــ تعداد دفعات آتش‌کاری به حداقل ممکن کاهش یابد و روش حفر زغال با وسایل هیدرولیک جانشین آن شود و برای شکافتن سقف گالری‌ها از چکش‌های بادی سنگین استفاده گردد.

۴ــ موارد زیر در هنگام آتش‌کاری بایستی حتماً رعایت شود :

الف ــ فقط مواد منفجره و وسایل ایمنی مجاز به کار گرفته شود.

ب ــ از چاشنی‌های الکتریکی فوری یا کم تأخیر استفاده شود که زمان تأخیر آن‌ها مطابق استانداردهای حفاظتی باشد.

ج ــ چال‌ها به دقت و به طور کامل مسدود شوند و مواد پرکننده از مواد غیرقابل سوختن، خردشونده یا پلاستیک مانند سنگ، گرد و خاک، ماسه یا خاک رس تهیه شود. هیچ فشنگی در خارج از چال‌های مسدود شده نباید منفجر شود و هیچ چالی از ۶۵ سانتی‌متر نباید کوتاه‌تر باشد و همواره مواد پرکننده ۵۰ سانتی‌متر طول چال را مسدود کند. آتش‌کاری هنگامی مجاز است که عیار گاز متان تا ۲۰ متری سینه کار استخراجی کمتر از یک درصد بوده و چنانچه گردزغال نیز در فاصله مذکور موجود باشد، بایستی به خاک پاشی آن نیز اقدام کرد.

د ــ در هنگام استفاده از برق، رعایت کلیهٔ نکات ایمنی ضرورت کامل دارد و کاربرد وسایل الکتریکی ضدانفجاری ضروری است. هرگاه مقدار زیادی گاز متان منتشر شود، لوازم و دستگاه‌های هوای فشرده جانشین ابزارها و آلات برقی می‌شوند و در صورت لزوم با انجام عملیات گاززدایی و انتقال متان به خارج معدن، شرایط ایمنی بهتری فراهم می‌شود.

مقدار مجاز گاز متان در قسمت‌های مختلف معدن: هنگامی که مقدار گاز متان در هوای معدن به حدود ۶ــ۵ درصد برسد، مخلوط بسیار انفجارآمیزی به وجود خواهد آمد طبق مقررات ایمنی، معادن غلظت گاز متان در آتمسفر گالری‌ها و کارگاه‌های زیرزمینی، از حدود معینی نباید تجاوز کند. هرگاه درصد گاز از حدود مقرر بالاتر رود، لازم است، اقدامات احتیاطی سریعی برای قطع برق محل، خارج کردن کارگران از منطقهٔ خطر و سدّ کردن راه‌های ورودی انجام شود. در این صورت، به محض آن که، غلظت گاز متان از یک درصد تجاوز کند، جریان برق را قطع کرده و با رسیدن غلظت به ۲ درصد، دستور تعطیل کار و خروج از کارگاه‌ها را صادر می‌کنند. مقدار مجاز گاز متان در هوایی که به سینه کارهای استخراجی می‌رسد، ۰/۵ درصد و در جریان عمومی خروجی از تونل ۰/۷۵ درصد است. برای مراقبت و نظارت بر کیفیت مطلوب و توزیع منظم هوا در گالری‌ها و کارگاه‌های معدن، نمونه‌برداری از هوا امری ضروری است ؛ این عمل در تونل‌های معادنی که از هر تن زغال‌سنگ استخراجی آن‌ها در شبانه‌روز بیش‌از ۱۵ مترمکعب متان متصاعد می‌شود، حداقل سه بار در ماه در تونل‌های معادنی که نسبت فوق بین ۱۵ــ۱۰ مترمکعب است، حداقل ۲ بار در ماه در تونل‌هایی که از هر تن زغال‌سنگ استخراجی در ۲۴ ساعت تا ۱۰ مترمکعب گاز متان نیستند، حداقل یک بار در ماه به مورد اجرا گذاشته می‌شود. چگونگی نمونه‌برداری و محل‌هایی که از آن‌ها نمونه‌برداری می‌شود و وسیله‌های آن متعاقباً بررسی می‌شود.

اقدامات لازم در هنگام تراکم گاز متان: به محض آن که دستگاه‌ها و وسایل اندازه‌گیری مقدار گاز متان، هوای معدن را بالاتر از مقدار مجاز نشان دادند، بایستی کلیهٔ فعالیت‌های کارگران و رفت و آمدهای غیرضروری در آن قسمت از معدن، متوقف شود و با اقداماتی از قبیل دیوارکشی و

امثال آن از ورود کارگران به آن محل ممانعت کرد. البته در موارد اضطراری، مثل نجات دادن افراد و مواقعی که مسئول تهویه معدن صلاح بداند و به طور کتبی اجازه دهد، می‌توان در موارد استثنایی در چنین محل‌هایی وارد شد. آتش‌کردن چال‌ها نیز تا قبل از رسیدن مقدار گاز به حد اطمینان به تعویق می‌افتد ؛ بنابراین شخص آتش‌کار وظیفه دارد، قبل از اقدام به خرج‌گذاری هوای اطراف چال‌ها را از نظر وجود گاز متان تا شعاع ۳۰ متری آزمایش کند و چنانچه مقدار گاز از یک درصد بالاتر باشد، ضمن خودداری از عمل خرج‌گذاری، مراتب را به مسئول ایمنی معدن اطلاع دهد. در مواقعی که احتمال سرایت خطر انفجار به محل‌های متروکه و حفریات و شکستگی‌هایی که در آن‌ها گاز متان جمع شده وجود دارد، آتش‌کردن چال‌ها ممنوع است ؛ هر چند که غلظت گاز متان در موقع عملیات انفجاری کمتر از یک درصد است، ولی پس از چند دقیقه مقدار زیادی گاز در زیر سقف و قسمت‌های بالای کارگاه جمع می‌شود که باید برای بی‌خطر کردن آن‌ها نیز اقداماتی به عمل آید. مهم‌ترین اقدامی که هنگام بالا رفتن غلظت گاز متان در هوای معدن صورت می‌گیرد، پاک و رقیق کردن آن با هوای تازه است که مراحل تهویه و هوارسانی بایستی زیر نظر مسئولین و با رعایت کلیه نکات حفاظتی انجام گیرد و تا تقلیل غلظت گاز با اطمینان کامل ادامه یابد. در این باره مقررات ایمنی حکم می‌کند که برای رقیق کردن گاز متان بایستی منحصراً از هوای فشرده استفاده شود و در صورتی‌که عیار گاز متان در هوا از ۲ درصد تجاوز کند، بایستی فعالیت لکوموتیوهای هوای فشرده متوقف شود. همچنین ؛ یادآوری می‌شود که قطع جریان برق در هنگام بالا رفتن مقدار گاز متان، در حد یک درصد ازنظر ایمنی اهمیت فراوانی دارد.

حریق در معادن

آتش یک فعل و انفعال شیمیایی است که در آن کلیه مواد سوختنی با اکسیژن هوا ترکیب شده و گرما تولید می‌کنند. به‌محض شروع فعل و انفعال، حرارت فراوانی ایجاد می‌شود که مقدار آن تقریباً به ۱۲۰۰ ــ ۸۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد. آتش تا زمانی که مواد سوختنی و گاز اکسیژن در آن وجود داشته باشد، به سوزانیدن و ازبین بردن ادامه می‌دهد ؛ مگر این‌که خاموش شود. آتش‌سوزی یکی از حوادث خطرناکی است که نه‌تنها در معادن بلکه در هر جای دیگر می‌تواند سبب ایجاد خسارت‌های فراوان مالی و تلفات جانی شود. معمولاً در هنگام وقوع حریق کسانی که درصحنه حضور دارند، با مشاهده شعله‌های آتش و حرارت زیاد آن دچار هراس و آشفتگی می‌شوند و به همین خاطر امکان انجام عکس‌العمل مناسب از آن‌ها سلب می‌شود که این موضوع در گسترش دامنهٔ آتش و بالارفتن میزان ضایعات تأثیر می‌گذارد.

مواد سوختنی و قابل‌احتراقی مانند داربست‌های چوبی، مواد روغنی، نوار باربری و غیره در

معادن موجب می‌شود که چنانچه حرارت و شعله‌ها با آن‌ها تماس یابد، مشتعل شده و به آتش‌سوزی و انفجار منجر شود. بنابراین ؛ ملاحظه می‌شود که آتش‌سوزی‌های معدنی، جریان کار عادی و روزانه را در معادن برهم زده و خسارت‌های سنگین، خطرات بزرگ و حوادث ناگواری را به‌وجود می‌آورند. در معادنی که دارای گاز متان و گرد زغال هستند، آتش‌سوزی ممکن است موجب انفجار آن‌ها شود. خطر بزرگی که آتش‌سوزی‌های معدنی دربر دارند، مسمومیت افراد در اثر تنفس گاز منواکسیدکربن ناشی از سوختن زغال، داربست‌های چوبی و سایر مواد سوختنی موجود در معدن است. اگر یک دست قاب چوبی با سطح مقطع ۴ تا ۵ متر مربع آتش بگیرد، به‌طول ۲ کیلومتر فضای کارگاه‌ها و گالری‌های زیرزمینی را مسموم و خفه‌کننده می‌سازد. به‌همین علت آتش‌سوزی در معدن عموماً با مسمومیت و مرگ کارگرانی که در محل مشغول کار هستند، همراه است. تجربه‌هایی که در اثر عوامل و خسارت‌های اقتصادی ناشی از بروز آتش‌سوزی به‌دست آمده است، نشان می‌دهد که هزینهٔ وسایل معدنی پیش‌گیرنده آتش، بسیار کمتر از خسارت‌هایی است که در اثر آتش‌سوزی به‌وجود می‌آید.

به‌علت اهمیت موضوع، حریق در معادن و تأثیری که در ایمنی معدن و سلامت افراد در کارگاه‌های زیرزمینی برجا می‌گذارد، لازم است، شناخت دقیقی از مسائل مربوط به حریق کسب نمائیم که در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

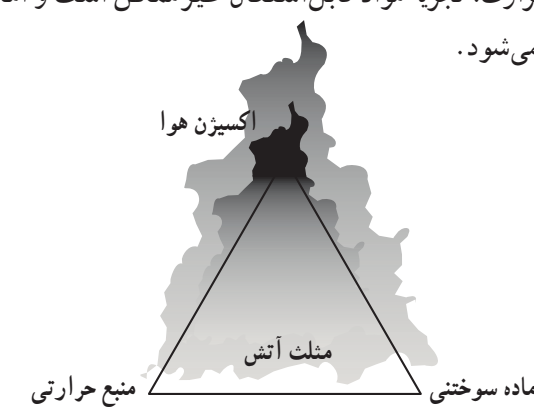
مثلث آتش

به‌طور کلی، آتش از ترکیب سه عامل اکسیژن هوا، ماده سوختنی و حرارت پدید می‌آید که در اصطلاح به آن‌ها مثلث آتش می‌گویند ؛ زیرا فقدان هرکدام از عوامل مذکور، سبب می‌شود که آتش به‌وجود نیاید.

۱ــ بدون اکسیژن، عمل سوختن انجام نمی‌گیرد.

۲ــ بدون وجود ماده سوختنی، اصولاً چیزی برای سوختن وجود ندارد.

۳ــ بدون وجود حرارت، تجزیه مواد قابل‌اشتعال غیرممکن است و آمادگی برای فعل و انفعال‌های لازم حاصل نمی‌شود.



خطرات ناشی از حریق : هنگام وقوع آتش‌سوزی، مقدار زیادی گازهای زیان‌آور، بخارهای سمی و دود تولید می‌شود و به همراه شعله و حرارت، خطراتی را برای انسان ایجاد می‌کند که مسمومیت و خفگی جزء مهم‌ترین آن‌هاست. از آن‌جایی که بیشتر مواد سوختنی دارای کربن هستند، هنگام احتراق همواره مقداری گاز منواکسید کربن یا دی‌اکسید کربن ایجاد می‌شود که اگر جهت جریان هوا مخالف بشود، کارگرانی را که در محل ورود هوا مشغول کار هستند، غافلگیر می‌کند. در جریان حریق، با توجه به نوع مواد سوختنی و مقدار اکسیژن محیط و دمای اشتعال، گازهای سمی مختلفی مثل H_2S ، SO_2 و NH_3 و غیره تولید می‌شود. بنابراین، باید گفت که یکی از عوامل اصلی در تلفات جانی حاصل از آتش‌سوزی‌ها، تنفس گازها و بخارهای سمی و خفگی ناشی ازفقدان اکسیژن بوده است که البته تعداد تلفات ناشی از سوختگی را نیز باید درنظر داشت. دود نیز یکی دیگر از مواردی است که از آتش‌سوزی حاصل می‌شود. دراثر فقدان اکسیژن کافی برای سوختن، مقادیری از ذرات سوختنی به‌صورت دود، همراه با سایر گازها از جسم مشتعل متصاعد می‌شود. دراثر سوختن و تجزیه مواد نفتی و تصاعد گازهای حاصله نیز، مقداری ذرات کربن به‌شکل دود نمایان می‌شوند، و هرچه مواد نفتی سنگین‌تر باشد، میزان دود آن بیشتر خواهد بود. دود در محیط آتش‌سوزی، مزاحمت و مشکلاتی برای دید افراد و مشاهدهٔ علائم هشداردهنده و اضطراری ایجاد می‌کند. درنتیجه، مانع دست‌یابی به راه‌های خروجی می‌گردد و ازطرفی تنفس را مشکل می‌کند و سبب آبریزش چشم، عطسه و سرفه می‌شود و قدرت تحرک افراد را درموقع فرار از محل آتش‌سوزی کاهش می‌دهد.

انواع حریق در معادن: به‌طور کلی، حریق‌هایی که در معادن صورت می‌گیرد، برحسب منشأ پیدایش آن‌ها بر دو نوع است :

اوّل : حریق‌های ناشی از خودسوزی مواد معدنی ؛

دوم : حریق‌های معمولی.

حریق‌های ناشی از خودسوزی مواد معدنی

حریق‌های ناشی از خودسوزی مواد معدنی که به آتش‌معدنی نیز معروف است، عبارت‌اند از آتش گرفتن ماده معدنی مثل زغال‌سنگ، گوگرد، پیریت و غیره که خودبه‌خود تولید شده و به‌آرامی گسترش می‌یابد و ممکن است به آتش‌سوزی منجر شود. حریق‌های ناشی از خودسوزی درنتیجهٔ اکسیداسیون کند ماده معدنی به‌وجود می‌آید و جریان آن به‌این‌صورت است که براثر فعل و انفعال اکسیداسیون، مقداری گرما تولید می‌شود که خود عامل تشدید فعل و انفعال می‌شود. درنتیجه ؛ کار تا آن‌جا پیش می‌رود که مقدار حرارت لازم برای اشتعال ماده معدنی، خود به خود فراهم شده و سبب

آتش‌گرفتن آن می‌شود. هرچه وسعت سطح مادهٔ معدنی که در تماس مستقیم با هوای اطراف است بیشتر باشد، عمل سوختن آسان‌تر و سریع‌تر صورت می گیرد. بنابراین، در زغال‌هایی که به‌طور طبیعی خاکه بوده و کلوخه‌ای نیستند، چون مقدار بیشتری هوا از فضای بین دانه‌های زغال عبور می‌کند، مقدار بیشتری اکسیژن با زغال ترکیب می‌شود و اکسیداسیون سریع‌تر صورت می‌گیرد.

محل وقوع حریق: هنگامی حریق ناشی از خودسوزی ماده معدنی رخ می‌دهد که در لایه‌ها، شکاف‌های کوچکی موجود باشد و هوا با سرعت و مقدار کافی با لایه تماس گیرد. بنابراین ؛ حریق نمی‌تواند در هر محلی اتفاق بیفتد و اصولاً قسمت‌هایی از معدن که از این‌نظر آمادگی بیشتری دارند، عبارت‌اند از :

ــ نزدیکی محل گسل‌ها و حوالی شکستگی‌ها ؛

ــ محل‌های ریزش کرده در کارگاه‌ها ؛

ــ پایه‌های باقی‌مانده مادهٔ معدنی ؛

ــ دویل‌هایی که برای احداث کارگاه حفر می‌شود.

ــ سقف راهروهایی که زیر لایه زغال حفر شده‌اند یا در راهروهایی که سه‌طرف آن‌ها زغال باشد.

ــ مجاورت دربهای تهویه

ــ محل‌هایی از معدن که از شبکهٔ اصلی تهویه جدا شده و خوب تهویه نمی‌شوند.

علائم حریق معدنی: با مشاهده و احساس نشانه‌های زیر، می‌توان احتمال وقوع آتش معدنی را موردتوجه قرار داد.

ــ کاهش مقدار اکسیژن موجود در هوای معدن و زیاد شدن اندازهٔ گازهای دی‌اکسید و منواکسید کربن.

ــ افزایش رطوبت هوا در نزدیکی محل حریق که توأم با پیدایش مه غلیظ است.

ــ بالا رفتن درجهٔ حرارت هوا و آب‌ها در معدن

ــ گرم شدن مواد معدنی و سطح زغال

ــ به‌مشام رسیدن بوی مخصوص مواد محتوی زغال‌سنگ

هنگام بروز آتش‌سوزی، درنتیجهٔ فعالیت مواد سوختنی، حالت عادی انسان تغییر می‌کند. درضمن، افرادی که در گالری‌ها مشغول به‌کار هستند و جریان هوا پس از عبور از محل حریق به آن‌جا می‌رسد، دچار سردرد، تهوع، تحریک مخاط بینی، حنجره و چشم‌ها می‌شوند.

پیش‌گیری از حریق معدنی: بررسی علل پیدایش و محل وقوع آتش معدنی در معادن، دست‌یابی به روش‌های پیش‌گیری از این نوع حریق را میسر می‌سازد ؛ به‌طوری که با خنثی‌کردن عوامل تولید آتش معدنی و یافتن راه‌حل‌های مناسب برای استخراج قسمت‌هایی که آسیب‌پذیرتر هستند، می‌توان

امیدوار بود که خطر بروز آتش معدنی تا حدود زیادی کاهش یابد. مثلاً چون سیستم صحیح استخراج در لایه‌های مستعد به‌مقدار قابل توجهی مؤثراست، بنابراین ؛ روشی مانند اتاق و پایه برای استخراج انتخاب نمی‌شود، همچنین با استخراج کامل مواد معدنی در نزدیکی گسل‌ها و شکستگی‌ها و سرعت‌دادن به پیش‌روی در کارگاه استخراج برای جلوگیری از تماس طولانی مادهٔ معدنی با هوا، خطر بروزحریق به‌میزان زیادی تقلیل می‌یابد. قسمت‌هایی از لایه هم که در اطراف دربهای تهویه واقع است، مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد و هرگاه در وضع تهویه معدن و مدارهای آن تغییراتی داده شود، تا مدت زیادی لایه‌ها از نظر درجهٔ حرارت و مقدار گاز دی‌اکسیدکربن، مراقبت و کنترل می‌شود که اگر مقدار آن‌ها از حد معینی تجاوز کند، با ایجاد دیواره‌هایی در اطراف محل، آن را از شبکه تهویه جدا می‌سازند. درهنگام ریزش سقف کارگاه محل خالی شده را با خاک پر کرده یا سطح آن را گل پاشی می‌کنند.

پیش‌بینی‌های حفاظتی: در معادنی که احتمال بروز حریق در آن‌ها وجود دارد، لازم است که امکانات اطفاء حریق قوی باشد. بنابراین با نصب وسایل آتش‌نشانی خاموش کننده در محل‌های مناسب و انتخاب مسیرهای وسیع برای حمل لوازم مذکور، توانایی‌های معدن را در این زمینه بالا می‌برند. همچنین ؛ ضروری است که در فاصله زمانی معین از آتمسفر محل‌های مشکوک نمونه‌برداری به‌عمل آید و نسبت گاز منواکسیدکربن بر مقدار اکسیژن مصرف‌شده تعیین شود.

نحوهٔ عملکرد در هنگام بروز حریق: به‌محض آن‌که علائم و نشانه‌هایی از وقوع حریق مشاهده شد باید موضوع با کارگران و کارکنان درون معدن با جدیّت دنبال شود و به‌سرعت نسبت به محدود کردن و اطفاء آتش اقدام شود. در این قبیل موارد، بهتر است که از طریق گل‌پاشی استفاده شود، زیرا مصرف آب سبب تولید مقدار زیادی گاز هیدروژن و منواکسیدکربن خواهد شد که ممکن است به مسمومیت افراد منجر شود. هم‌چنین ؛ ضمن اقدام به‌گل‌پاشی روی سینه کار برافروخته بایستی از ورود هوای تازه به محل جلوگیری به‌عمل آید، لیکن در آن‌صورت راهی را برای خروج دود و گازهای موجود باید باز بگذارند.

حریق‌های معمولی

حریق معمولی اصولاً عبارت است از سوختن اشیا و لوازم مختلف که می‌تواند در معدن یا هرجای دیگر صورت گیرد. این نوع حریق در معادن عمدتاً به یکی از دلایل زیر ممکن است، رخ دهد :

- آتش معدنی
- ایجاد جرقهٔ الکتریکی دراثر وضعیت نادرست تجهیزات برقی
- اتصال کوتاه در داخل کابل‌های حامل جریان یا ریزش روی کابل و ایجاد اتصال
- آتش روباز مانند رسیدن شعله چراغ‌های معدنی به اجسام سوختنی مانند چوب‌ها

ــ هدایت آتش ازطریق دویل‌ها از بیرون به داخل معدن
ــ عایق‌کاری نادرست کابل‌های حامل جریان
ــ انفجار مواد منفجره نامناسب، مثل استفاده از باروت در معادن زغال‌سنگ
ــ مالش یا اصطکاک مثلاً دراثر اصطکاک سطوح متحرک درموقع بهره‌برداری از نوار باربری یا اصطکاک و داغ شدن سیم‌های کابل فولادی در راهروهای شیب‌دار بر روی قرقره‌های ریل که گیر کرده و یا یخ زده باشند و حرکت نکنند یا تماس با داربست فلزی گالری‌ها و همچنین، مالش نوار باربری با چوب‌بست‌ها.
ــ جرقه‌زدن و گرم شدن دندانه‌های دستگاه‌های زغال‌بُر و کمباین‌های کوه‌بری
ــ انبار کردن زغال در کارگاه‌ها بیش از اندازهٔ مجاز و نیز انبارکردن مواد قابل سوخت مانند چوب، روغن و غیره در محل استخراج.

علائم حریق: در این نوع آتش‌سوزی‌ها، حریق دارای علائم و نشانه‌هایی است که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از دود، بوی مخصوص مواد سوختنی، زیاد شدن ناگهانی درجهٔ حرارت و مشاهده آتش و دود.

پیش‌گیری از حریق: با اجرای روش‌های صحیح پیش‌گیری، تا حدود زیادی می‌توان احتمال آتش‌سوزی در معدن را پایین آورد. بررسی علل پیدایش حریق‌های معمولی، راه‌های جلوگیری از وقوع آن را ممکن می‌سازد و روش‌های زیر را ارائه می‌دهد.
ــ ممانعت از پیدایش آتش معدنی
ــ جلوگیری از تراکم گاز متان در یک محل
ــ عدم نگه‌داری وسایل قابل سوختن مثل چوب، کاغذ، روغن و غیره در داخل معدن
ــ استفاده از روغن‌هایی با دمای اشتعال بالا در موتورها
ــ احداث صحیح تأسیسات برقی و بهره‌برداری درست از آن‌ها به‌صورت خودداری از دادن بار اضافی به کابل‌ها و جلوگیری از اتصال کوتاه در شبکهٔ الکتریکی و همچنین ؛ قراردادن مخزن ماسه زیر ترانسفورماتورهای روغنی و پرکردن ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع‌کننده با مواد پرکنندهٔ خشک به‌جای روغن‌های سوختنی.

ــ استفاده از مواد نسوز در نوار باربری، لنت ترمزها، ساختمان دکل‌ها، اتاقک ونتیلاتورهای اصلی داخل یا سطح معدن، کانال‌های گرم‌کنندهٔ دهانهٔ چاه‌های قائم و اکتشافی، محفظه‌ها و یا اتاقک‌های ترانسفورماتور و ایستگاه‌های الکتریکی، گاراژهای لکوموتیوها، محفظه‌های مخصوص شارژ باطری‌ها، انبارهای مواد منفجره و داربست‌های گالری‌های مجاور آن‌ها و غشای لاستیکی کابل‌های قابل انعطاف.

علاوه بر موارد فوق، مصالح جنگلی از قبیل چوب، الوار و غیره که برای داربست کاری سینه‌کارهای استخراج و مقدماتی، مورداستفاده قرار می‌گیرند، باید آغشته به مواد نسوز باشند و پیش‌نهاد می‌شود که اقدامات دیگری همچون پاشیدن گرد نسوز، تمیزکردن و مرطوب ساختن هوای دارای گرد و غبار و غیره انجام شود. برای آن‌که در مواقع بروز حریق بتوان آن‌ها را به‌موقع کنترل کرد، در جاهای لازم درب‌های ضدآتش تعبیه گردد تا با بستن به‌موقع آن‌ها در هنگام آتش‌سوزی، مانع از توسعهٔ آتش به سایر قسمت‌ها شود.

پیش‌بینی‌های حفاظتی: هرچه کارگران معدن نسبت به خطرات ناشی از حریق و آتش‌سوزی، آگاهی و دانش بیشتری داشته باشند، احتمال ایجاد خطر کمتر خواهد شد. از همین رو، لازم است، در فرصت‌های مناسب برنامهٔ آموزشی خاصی در این زمینه انجام شود و از طریق نمایش فیلم و برپایی سخن‌رانی و غیره، خطرات ناشی از حریق را به آنان یادآور شد و حساسیت لازم را در این زمینه ایجاد کرد. این اقدامات روانی، در کارگران اثرات بسیار مطلوبی برجای می‌گذارد و چنانچه حریقی صورت گیرد، معدن دچار هرج و مرج و بی‌نظمی نخواهد شد. تجهیزمعدن به یک شبکهٔ لوله‌کشی آب و وسایل آتش‌نشانی لازم و یک سیستم مخابراتی مطمئن ازجمله پیش‌بینی‌های ضروری است که نبایستی نادیده گرفته شود و از نظر دور بماند.

خطرات ناشی از حمل و نقل و ترافیک معدنی

همه روزه در معادن زیرزمینی میلیون‌ها تن مواد معدنی و سنگ و خاک حفر می‌شوند که با وسایل باربری موجود مانند راه‌آهن، نوارهای نقاله، بالابرها و غیره به بیرون معدن انتقال می‌یابند. ازطرفی حجم قابل توجهی مواد مصرفی و موردنیاز از قبیل چوب، سوخت و مواد منفجره به محل‌های کار منتقل می‌شوند و تعداد بسیار زیادی از کارگران در مسیرهای منتهی به کارگاه‌ها و بالعکس رفت‌وآمد می‌کنند. بنابراین، ملاحظه می‌شود که تردد افراد و وسایل حمل و نقل در فضای محدود و بستهٔ معدن که مواجه با تاریکی نیز هست، چنانچه با برنامه‌ریزی دقیق و سازماندهی منظمی همراه نباشد و در کنار آن مقررات ویژه و حفاظتی به اجرا گذارده نشود، وقوع خطرات و پیشامدهای غیر منتظره و ناگواری در معدن اجتناب ناپذیر است. با توجه به بعضی از آمارهای موجود، ۴/۵ درصد حوادث معدنی، به راه‌آهن و ۲/۱ درصد متعلق به سایر انواع باربری است و بیان این مطلب نشان می‌دهد که تا چه اندازه باید نسبت به خطرات و صدماتی که ممکن است از این ناحیه متوجه جان افراد و نیز وسایل و ماشین‌آلات شود، توجه شود و برای جلوگیری از حوادث و سوانح ناشی از آن‌ها چاره‌اندیشی کرد.

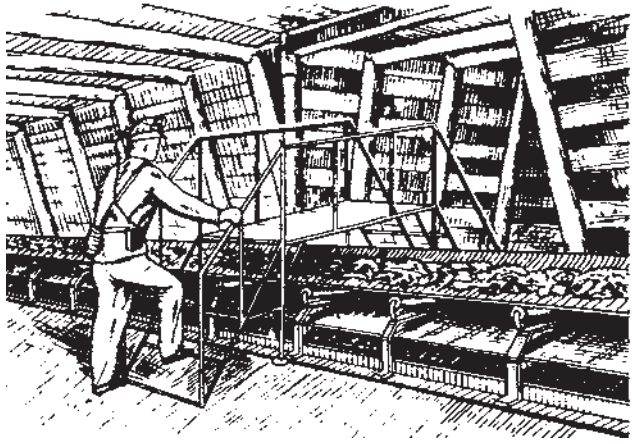
عبور و مرور افراد در معدن: عملیات معدنی روز به روز متمرکزتر می‌شود و محصول روزانهٔ یک واحد معدنی رو به افزایش است و در نتیجه تعداد بیشتری کارگر مشغول به کار در داخل معدن

خواهند بود که در ابتدای نوبت کار، بایستی وارد کارگاه‌ها شده و به فعالیت بپردازند و در پایان نوبت کار از معدن خارج شوند. بنابراین ؛ مدتی از وقت یک نوبت کار صرف رفت و آمد می‌شود و در این مدت از راهروها و چاه‌های زیرزمینی برای حمل مواد معدنی نمی‌توان استفاده کرد. برای آن‌که مدت رفت و آمد به حداقل ممکن برسد، از وسایل مکانیکی استفاده می‌کنند و در هر حال رفت و آمد کارگران باید برحسب آئین‌نامه و مقررات خاص حفاظتی صورت گیرد. همچنین، لازم است، تمام کسانی که در معادن زیرزمینی کار می‌کنند هنگام رفت و آمد در راهروها و تونل‌ها، مراقب اطراف و مسیر خود باشند تا به‌طور ناگهانی با مانعی برخورد نکنند و یا در چاله یا گودالی سقوط نکنند. هرچند امروزه، با استفاده از وسایل روشنایی عمومی و انفرادی، مسئله تاریکی در زیرزمین تا حد زیادی حل شده ولی معذالک، به‌علت این‌که دیواره‌ها و ماده معدنی، نور را به خود جذب کرده و از انعکاس آن جلوگیری می‌کنند، باز هم روشنایی مطلوب نیست و محدود بودن ابعاد تونل‌ها و کارگاه‌ها نیز امکان وقوع سانحه و تصادف را افزایش می‌دهند ؛ به‌خصوص آن‌که تونل‌ها و کارگاه‌ها منحصر به رفت و آمد افراد نیست و ماشین‌آلات معدنی نیز در آن‌جا در حرکت هستند. برای آن‌که عبور لکوموتیو و واگن‌های دنبال آن، منجر به برخورد و تصادف با افراد نشود، در یک طرف کنارهٔ تونل‌ها و گالری‌ها، گذرگاهی را برای عبور افراد درنظر می‌گیرند و معبری درست می‌کنند که فاصلهٔ دیواره تا لبهٔ واگن در آن حداقل از ۶۰ سانتیمتر کمتر نباشد یا آن‌که لکوموتیوها را با چراغ‌های پرنوری در جلو وعقب مجهز می‌کنند که وجود هرگونه مانعی را قابل تشخیص سازد و افراد را از تردد قطار آگاه کند.

برای آن‌که درتونل‌ها و راهروهای شیب‌دار رفت و آمد افراد به‌آسانی انجام شود و لغزیدن و زمین افتادن رخ ندهد، معمولاً در کف تونل و نزدیک به دیواره، یک سری تخته که در فاصله‌های معینی روی آن چوب‌های عرضی متصل شده، قرار می‌دهند و در کنار دیوار یک نرده چوبی برای دست‌گرفتن نصب می‌کنند تا افراد به راحتی عبور و مرور کنند.

شکل ۶ــ۱۱ــ گذرگاه مخصوص کارگران

محل‌هایی را که در آن‌ها احتمال سقوط افراد وجود دارد، با نرده‌کشی و نصب علائم خبری و چراغ راهنما مشخص می‌کنند و کارگران نیز همواره باید به نشانه‌ها و علامت‌های مخصوص توجه کافی داشته باشند. در محل تلاقی تونل‌ها هم یک پل ایمنی نظیر آنچه که در شکل زیر ملاحظه می‌شود، نصب می‌گردد تا افراد به‌راحتی از روی آن عبور کنند برای عبور و مرور کارگران در مسیرهای



شکل ۷ــ۱۱ــ پل ایمنی روی نوار باربری

طولانی، از واگن‌های مخصوص حمل و نقل افراد استفاده می‌شود. این کار در چاه‌ها با آسانسور انجام می‌گیرد و یادآوری می‌شود که به‌موجب دستورات حفاظتی، تعداد افرادی که در یک زمان در هر طبقه آسانسور معدنی قرار می‌گیرند، حداکثر ۵ نفر در هر متر مربع است. آسانسور را به سرپوشی مجهز می‌کنند تا کارگران از سقوط اشیا و اجسام پیش‌بینی نشده محفوظ باشند. در آئین‌نامه‌های ایمنی نسبت به مسئله رفت و آمد افراد در قسمت‌های مختلف معدن به‌طور مفصل بحث و بررسی شده است که برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توان به آن‌ها مراجعه نمود. بنابراین، از بیان آن‌ها در این‌جا خودداری می‌شود و تنها به ذکر چند نکته مهم حفاظتی اکتفا می‌گردد.

۱ــ همواره از گذرگاه ویژه عبور افراد رفت و آمد کرده و به‌خصوص از عبور و مرور بین ریل‌ها و فاصله میان قطارهای باربری خودداری کنید.

۲ــ اگر لازم باشد از یک طرف گالری به طرف دیگر آن بروید و بایستی مطمئن شوید که قطاری در نزدیکی محل عبور شما نیست.

۳ــ راه خود را با چراغ الکتریکی روشن کنید و علائم خبری را زیرنظر داشته باشید.

۴ــ متوجهٔ داربست‌ها و نیز اشیا و برآمدگی‌های کف گالری‌ها باشید.

۵ ــ از ورود به گالری‌هایی که دارای علامت خطر هستند، به‌شدت خودداری کنید.

۶ــ به کابل‌ها، سیم‌های برق موتورها و دستگاه‌های الکتریکی و ترانسفورماتورها، نزدیک نشوید.

۷ــ درگالری‌هایی که در آن‌ها سیم‌برق وجود دارد، وسیله یا شیئی را روی دوش حمل نکنید و یا چیزی را به‌حالت عمودی نگه ندارید.

۸ ــ اگر لازم است، کارگرانی را به محل‌های دور از کار یا به گالری‌های زیرزمینی که در آن‌ها فعالیتی انجام نمی‌شود، بفرستید، تأکید می‌شود از چند کارگر مجرب و مجهز به دستگاه‌های مشخص‌کنندهٔ گاز، استفاده کنید.

۹ــ عبور از روی تسمهٔ نقاله‌ها فقط درصورتی مجاز است که متوقف باشند و رفت و آمد کردن ازطریق آن‌ها به‌کارگاه استخراج اکیداً ممنوع است.

۱۰ــ حمل و نقل افراد در گالری‌های مایل بدون راهنما و ناظر فنی به هیچ‌وجه مجاز نیست.

تردد قطارها: راه‌آهن وسیله مهمی برای حمل و نقل و رفت و آمد کارگران در معدن است و با افزایش میزان بهره‌برداری از معادن، اهمیت آن در حمل و نقل معدن بیشتر آشکار می‌شود. بی‌خطر بودن کار باربری معدن بستگی زیادی به وضعیت شبکه خطوط راه‌آهن و استفاده صحیح از آن دارد. وضعیت نادرست ریل‌ها سبب بروز حوادث ناگواری ازجمله لغزیدن و واژگون شدن واگن‌ها است. برای تقلیل حوادث و سوانح راه‌آهن، بایستی مشخصه‌های فنی ریل و زیرسازی و وسایل باربری و تناسب بین این خصوصیات با بار و اصول صحیح ریل‌گذاری به‌دقت رعایت شود و آگاهی‌های حفاظتی لازم را دراختیار کلیهٔ کسانی که با این وسایل سرو کار پیدا می‌کنند به‌خصوص رانندگان لکوموتیوها، قرار داد.

برای آن‌که رفت و آمد قطارهای حامل مواد معدنی در گالری‌های زیرزمینی با اطمینان بیشتری انجام شود، لازم است در زمان انجام عملیات راه‌سازی، علائم خبری موردنیاز را در اطراف خط آهن نصب کرد. درضمن، بایستی توجه داشت که ریل‌های راه‌آهن پس از گذشت مدت زمان معینی فرسوده می‌شوند و کلاهک آن‌ها در نتیجهٔ فرسایش کوتاه می‌گردد که در این‌صورت باید نسبت به‌تعویض این‌قبیل ریل‌ها اقدام کرد. وجود شکاف‌های طولی و عرضی در ریل نیز ممکن است، باعث خارج شدن واگن‌ها از روی خط ریل گردد. بنابراین ؛ تعویض آن‌ها ضروری است.

حمل و نقل با نقاله: برای حمل بار و مواد معدنی حفر شده در معادن، از نوارهای باربری استفاده می‌شود که ساختمان و طرز کار آن‌ها در درس‌های قبلی مورد بررسی قرار گرفته است و آنچه که در این‌جا بایستی به آن اشاره شود، موضوع ایمنی و حفاظت کار در هنگام بهره‌برداری از آن‌ها

است. نوارهای مذکور در دو نوع ناو زنجیری و نوار تسمه‌ای هستند که موارد حفاظتی آن‌ها به‌شرح زیر است.

الف ــ ناو زنجیری: گاهی اوقات در نتیجهٔ دررفتن بیلچه یا پارو از زنجیر کششی که ناشی از مونتاژ نادرست آن و شل بودن قسمت‌های درحال حرکت است، به کسانی که در نزدیکی آن‌ها به‌کار مشغول هستند، آسیب وارد می‌شود که در این مورد باید دقت لازم به‌عمل آید. برای جلوگیری از خسارت‌های وارده به کارگران، بایستی اطراف چرخ زنجیر را حصارکشی کرد و هنگام حمل مصالح سنگین و چوب‌های جنگلی با نقاله، آگاهی دادن به کارگران کارگاه استخراج، ضروری است. مصالح مذکور باید طوری روی نقاله قرار گیرند که در زمان حمل و نقل با داربست گالری تماس حاصل نکنند. به‌موجب مقررات حفاظتی، تمیز کردن نوار نقاله زنجیری در زمان حرکت اکیداً ممنوع است و درضمن، تمام طول نقاله باید با سیستم علامت دهی مجهز گردد. رفت و آمد در طول نوار نقاله و جابه‌جا کردن آن بدون توجه به پاسپورت نیز ممنوع است.

ب ــ نوار نقاله تسمه‌ای: در حدود ۶۰ درصد سوانح ناشی از کار نوارهای تسمه‌ای از درگیر شدن طبلک‌های نوار نقاله با نوار حادث می‌شود. نوارهای مذکور در نتیجهٔ اصطکاک و معایب الکتریکی نیز ممکن است، دچار حریق شود. همچنین ؛ بهره‌برداری از نوارهای فرسوده و بی‌نظمی در برنامه‌ها نیز به حوادثی منجر شده است ؛ به‌طوری که قبلاً نیز اشاره شد، برای عبور از بالای نوار نقاله تسمه‌ای باید راهروهای مخصوصی ساخته شود و مشابه راه‌آهن باید در کنار گالری فاصله‌ای بیش از ۷۰ سانتیمتر را برای عبور و مرور افراد اختصاص داد. گالری‌هایی که در آن‌ها نوار نقاله تسمه‌ای نصب شده، بایستی مستقیم بوده و در تمام طول آن داربست‌های نسوز، به‌کار رفته باشد. برای آن‌که کلیهٔ کارگرانی که در طول نوار ممکن است حضور داشته باشند، از شروع به کار نوار تسمه‌ای مطلع شوند، باید چند ثانیه قبل از روشن کردن دستگاه، مراتب را با علائم اخباری به آگاهی آن‌ها رساند. از همین رو، به‌کار انداختن نوار مذکور بدون علامت قبلی اکیداً ممنوع است. همچنین، انجام هرگونه سرویس و تعمیرات دستگاه در هنگام کار آن خطرناک و مغایر با مقررات حفاظتی است.

حمل و نقل در راهروهای شیب‌دار: برای جابه‌جا کردن مواد معدنی و غیره در گالری‌های افقی و شیب‌دار، یک یا چند واگن موجود در روی خطوط ریل به‌کمک کابل و جرثقیل به حرکت درمی‌آید. فرسودگی سیم بکسل و کم شدن استحکام آن، فرسودگی لنت‌های ترمز و بوش‌ها و بعضی از قطعات موتور و خراب بودن خط ریل از جمله علل اصلی سوانح معدنی ناشی از این روش باربری است.

برای جلوگیری از حوادث و صدمات وارده در هنگام حمل و نقل در راهروهای شیب‌دار

بایستی توجه داشت که :

۱ــ بهره‌برداری از واگن‌های خراب، ممنوع است.

۲ــ ساختمان ترمزها و کلیه وسایلی که مانع از برگشتن واگن‌ها در هنگام پاره شدن کابل به پائین می‌شود، بازدید قبلی شده باشند.

۳ــ واگن‌ها در هنگام حرکت در سطوح شیب‌دار حتماً مجهز به ترمز باشند.

۴ــ افراد نمی‌توانند از واگن‌های معمولی برای رفت و آمد در مسیرهای شیب‌دار استفاده کنند.

۵ ــ واگن‌ها را باید به وسایل مخصوص جلوگیری از سقوط مجهز کرد، یعنی، به انتهای آخرین واگن در هنگام حرکت به طرف بالا یک چنگال مخصوص متصل کرد تا از بازگشت واگن در هنگام رها شدن به عقب جلوگیری کند و اگر واگن به سمت پائین درحال حرکت باشد، چنگال را در عقب آخرین واگن، طوری قرار داد که هنگام پارگی کابل بر روی زمین بیفتد و درحین درگیر شدن با تراورس‌ها واگن‌ها را متوقف سازد.

۶ ــ از اتصالی‌های قوی و کابل سالم استفاده شود و اگر بیش از یک واگن درحال حرکت است، با یک زنجیر واگن اولی و آخرین را به‌هم متصل کنند تا اگر یکی از اتصالی‌ها باز شود، خطری تولید نشود.

باربری در چاه: از عملیات مهم معادن زیرزمینی استخراج از چاه و باربری ازطریق آن است که مسائل مختلف فنی و ایمنی در آن مطرح می‌شود. در معادن عمیق، محصول را از چاه‌های قائم خارج می‌کنند و سرعت حرکت وسایل باربری در چاه بسیار زیاد است که اغلب از ۱۰ کیلومتر در ساعت تجاوز می‌کند. معمولاً حمل زغال سنگ و مواد معدنی از پائین به بالا، حمل ماشین آلات و ابزار و افراد در دو جهت و حمل خاک برای خاکریزی، حمل چوب و آهن و وسایل نگه‌داری از بالا به پائین انجام می‌گیرد. حمل و نقل افراد و مواد معدنی در داخل چاه با وسایلی به نام قفس و اسکیپ انجام می‌شود. برای رفت و آمد افراد در داخل چاه، هرچند قفس‌های مخصوصی وجود دارد ولی در بعضی موارد از قفس‌هایی که برای حمل واگن‌ها ساخته شده، برای رفت و آمد کارکنان نیز استفاده می‌شود. در چاه‌های قائمی که بالا بردن بار در طول آن‌ها با واگن صورت می‌گیرد تمام سکوهای پذیرش فوقانی میانی و تحتانی، باید مجهز به دستگاه‌های ضامن بوده و یا به‌وسایلی مجهز باشند که از برگشتن واگن‌ها جلوگیری کند. کلیهٔ قسمت‌ها و اجزای بالابرهای معدنی باید در هر شبانه‌روز با مکانیک و هر ماه توسط سر مکانیک یا دستیار وی حداقل یک‌بار کنترل و بازرسی شود. در تأسیسات استخراج از چاه یک نفر متصدی ماشین و در هر پذیرگاه یک نفر مسئول می‌گمارند و برای برقراری ارتباط بین مأمورین از علائم استفاده می‌کنند ؛ به‌طوری که یک نفر متصدی ماشین می‌تواند

بدون اشتباه وظایف محوله را که عبارت‌اند از حمل ماده معدنی، وسایل و ابزار، افراد و مانور در پذیرگاه و بازدید چاه، به انجام رساند. علائم باید کاملاً مشخص و در تفسیر و مفهوم آن هیچ تردیدی حاصل نشود و معنی آن برای فرستنده و گیرنده یکسان باشد.

یکی از اقداماتی که می‌توان برای پائین آوردن صدمات وارده در حمل و نقل معدنی انجام داد و از آن نتایج مطلوبی به‌دست آورد، مکانیزه کردن عملیات مانوری در تأسیسات اطراف چاه قائم و مراکز بارگیری و سکوهای پذیرش مواد معدنی است. قریب ۱۰ درصد حوادث ناگوار در حمل و نقل با واگن و به هنگام اجرای عملیات مانوری در تأسیسات اطراف چاه‌های قائم و در مراکز بارگیری کارگاه‌های استخراج رخ می‌دهد و علل اصلی آن‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ تخلیهٔ نادرست و خطرناک مواد در موقع کار ؛

۲ــ جدا کردن و اتصال غلط واگن‌ها ازطریق وضعیت نادرست قرارگیری کارگر در موقع اتصال واگن‌ها ؛

۳ــ خارج شدن واگن‌ها از روی ریل و هُل دادن واگن‌ها با دست، هنگامی که کارگر در جلوی واگن ایستاده است.

برای تأمین امنیت کاری در تأسیسات اطراف چاه قائم معادن بزرگ، اقدام به تأسیس مرکز کنترل می‌کنند که در کنار سیستم هدایت حرکت، کنترل اتوماتیک کار ماشین‌های بالابر، وسایل زهکشی، تهویه و سایر دستگاه‌ها را نیز انجام می‌دهد. کار علامت‌ها و تصمیم‌گیری در مورد آن‌ها به عهدهٔ کنترلر یا ماشین محاسبه هدایت کننده است. از مرکز کنترل بایستی بتوان با تمام مراکز بارگیری و تخلیه واگن‌ها و متصدیان لکوموتیوها، ارتباط تلفنی و رادیویی برقرار کرد. هر مرکز کنترل بایستی با وسایل مراقبت از راه دور برای پرکردن بونکرها و کار دستگاه‌های ثابت و دستگاه‌های علامت‌دهی و غیره مجهز باشد.

ایمنی کابل: یکی از مهم‌ترین وسایل استخراج از معادن زیرزمینی کابل فولادی است و انتخاب صحیح آن تأثیر به‌سزایی در بهره‌برداری مطمئن معدن دارد ؛ زیرا ایمنی در باربری و حمل افراد در چاه بستگی به استحکام آن دارد و قطر چرخ چاه و قرقره‌ها و مشخصه‌های ماشین استخراج و غیره به مقاومت و قطر کابل بستگی دارد. تمام کابل‌ها را قبل از شروع به‌کار، بایستی موردآزمایش قرارداد. برای آزمایش کردن کابل، یک قطعه از آن را به طول بیش از ۱/۵متر می‌بُرند و هرکدام از رشته‌های آن را ازلحاظ خم‌شدن و قطع شدن مورد بررسی و مطالعه قرار می‌دهند. از روی نتایج این آزمایش‌ها ضریب اطمینان کابل را تعیین می‌کنند، درصورتی که سطح مقطع عرض رشته‌های کابل

تحمل آزمایش‌ها را نداشته باشد، استفاده از آن ممنوع است. کابل‌ها در اثر عوامل گوناگونی فرسوده می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها بار زیاد، خستگی و عوامل شیمیایی هستند. سیم‌های سطح کابل در اثر تماس با قرقره‌ها و چرخ چاه سائیده می‌شوند ولی رشته‌های درون کابل در اثر فشار و مالش داخلی سائیده و پاره می‌شوند. بار زیاد و به‌خصوص اگر به‌طور ناگهانی روی کابل اثر کند، کابل را قطع می‌کند. عوامل شیمیایی مانند رطوبت و آب‌های اسیدی نیز کابل را به‌تدریج فرسوده می‌کنند. به‌طور کلی هنگامی که درصد سائیدگی کابل‌ها به شرح زیر باشد، استفاده از آن‌ها اکیداً ممنوع است.

۱ــ کابل‌هایی که برای بالا و پائین آوردن افراد به‌کار می‌روند ۶ درصد

۲ــ کابل‌های مخصوص حمل بار ۱۰ درصد

کابل‌های مخصوص بالا و پائین آوردن افراد، هر شش ماه یک مرتبه و کابل‌های مخصوص حمل بار هر سال یک‌بار باید آزمایش شوند. برای هر نوع کابل با توجه به نوع کاربرد آن ضریب اطمینانی در نظر می‌گیرند و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۷ یا ۸، حداکثر بار وسیلهٔ باربری را تعیین می‌کنند.

حداکثر عمر کابل‌ها که به آزمایش‌ها بستگی ندارد، برای کابل‌های موازنه کننده دستگاه‌های بالابر با طبلک‌های اصطکاکی، کمتر از ۲ سال و برای دستگاه‌های بالابر با طبلک سیلندری، کمتر از ۴ سال و برای دستگاه‌های بالابر معدنی که عمق چاه‌های قائم بیش از ۵۰۰ متر باشد، ۲ سال در نظر گرفته شده است.

بازدید کابل‌ها در هر شبانه روز و هنگامی که سرعت حرکت آن ۰/۳ متر در ثانیه است، انجام می‌گیرد و اصولاً هفته‌ای یک بار بازدید کابل با کنترل تعداد رشته‌های پاره‌شده در تمام طول آن، صورت می‌گیرد. اگر هنگام بازدید در یک قسمت از کابل، تعداد رشته‌های پاره‌شده به ۵ درصد تعداد کل رشته‌ها برسد، باید سیم بکسل را تعویض کرد. هر ماه لااقل یک‌بار معاینهٔ سیم کابل همراه با نظافت کردن و روغن‌کاری آن و نیز اندازه‌گیری قطر محل‌های فرسوده انجام می‌شود. علاوه‌بر آن، دربارهٔ ازبین رفتن مقطع کابل، کنترل منظمی با دستگاه‌های الکترومغناطیسی از تمام طول آن صورت می‌گیرد. چون روغن‌کاری اصطکاک کابل را کاهش داده و در دوام کابل مؤثر واقع می‌شود، آن را روغن‌کاری می‌کنند. روغنی که برای این منظور به کار می‌رود، باید از همان نوعی باشد که کارخانهٔ سازنده کابل سفارش داده است و روی‌هم‌رفته در برابر رطوبت نفوذناپذیر و در برابر پوسته پوسته شدن و ترک خوردن مقاوم باشد و با داشتن غلظت مناسب بتواند به لای رشته‌ها و مغز کابل نفوذ کند.

خودآزمایی

۱ــ علل ریزش در معادن زیرزمینی را نام ببرید و هرکدام را به اختصار شرح دهید.

۲ــ برای جلوگیری از ریزش سقف و دیواره‌ها در معدن چه اقداماتی صورت می‌گیرد؟

۳ــ کدام تجهیزات حفاظتی و به چه طریقی شخص را در مقابل خطرات ریزش مصون می‌دارد؟

۴ــ گاز متان در چه غلظت‌هایی برای معدن خطرات انفجار و آتش‌سوزی را به‌دنبال دارد؟

۵ ــ عوامل مشتعل‌کننده گاز متان کدام‌ها هستند؟

۶ــ چگونه از اشتعال گاز متان در معدن پیشگیری می‌کنند؟

۷ــ چگونگی تراکم گاز متان در قسمت‌های مختلف معدن و حداکثر غلظت مجاز آن‌ها را ذکر کنید.

۸ ــ هنگام متراکم شدن گاز متان در معدن چه اقداماتی باید انجام شود؟

۹ــ انواع حریق در معادن کدام‌هاست؟ حریق ناشی از خودسوزی مواد معدنی چه منشأیی دارد و چگونه صورت می‌گیرد؟

۱۰ــ حریق ناشی از خودسوزی مواد معدنی در چه نقاطی رخ می‌دهد؟

۱۱ــ علائم وقوع حریق معدنی چیست؟

۱۲ــ از وقوع حریق معدنی چگونه باید پیشگیری کرد؟

۱۳ــ حریق معمولی در معادن چگونه صورت می‌گیرد و عوامل آن کدام‌هاست؟

۱۴ــ چگونه می‌توان از وقوع حریق در معدن جلوگیری کرد؟

۱۵ــ خطرات ناشی از عبور و مرور افراد در معدن چگونه به‌وجود می‌آید؟

۱۶ــ در هنگام عبور و مرور در درون معدن به چه نکاتی باید توجه کرد؟

۱۷ــ احتیاط‌های لازم درمورد تردد با قطار معدن و نقاله‌ها چه مواردی را شامل می‌شود؟

۱۸ــ برای جلوگیری از خطرات و حوادث در هنگام حمل و نقل در راهروهای معدن باید چه کار کرد؟

۱۹ــ علل اصلی خطرات حاصل از باربری در چاه چیست؟

۲۰ــ چگونه و از چه جنبه‌هایی باید کابل‌های فولادی حمل و نقل آسانسور چاه‌ها را ایمن‌سازی کرد؟

فهرست منابع و مآخذ

الف: منابع فارسی

۱ــ ایمنی در معادن زیرزمینی و تونل‌سازی، مترجم : زادیوسفی، مهندس یوسف، انتشارات مؤسسه کار و تأمین اجتماعی، نشریهٔ شماره ۲۱، بهمن ماه ۱۳۶۴.

۲ــ ایمنی در معادن، تألیف : محمدزاده، مهندس غلامرضا، آموزش فنی رشتهٔ معدن، سال چهارم هنرستان، کد ۸۲۰، انتشارات وزارت آموزش و پرورش،فروردین ۱۳۶۸.

۳ــ استخراج معادن (جلد دوم)، تألیف : محمودی، مهندس نصرالله، انتشارات دانشگاه تهران، کد ۹۶۷/۲، سال ۱۳۴۵.

۴ــ دوره جدید استخراج معادن (جلد دوم)، تألیف : محمودی، مهندس نصرالله، انتشارات دانشگاه تهران، سال ۱۳۵۷.

۵ــ اصول استخراج معادن (جلد دوم)، تألیف : مدنی، مهندس حسن، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، زمستان ۱۳۷۶.

۶ـ مبانی معدنکاری، تألیف : بصیر، دکتر سیدحسن، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، سال ۱۳۷۵.

۷ــ فنون معدنکاری (جلد اول)، ترجمه و تألیف : اورعی، مهندس عزت‌الله، حروفچینی : مرکز بررسی‌های اسلامی قم (با همکاری مؤسسهٔ انتشاراتی قدس)، چاپ نمونه قم، آذرماه ۱۳۶۳.

۸ــ ماشین‌آلات مهندسی، ترجمه و تدوین : مهندسی نیروی زمینی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، واحد تبلیغات و انتشارات سپاه، بهار ۱۳۶۵.

۹ــ حفاری در معادن سطحی، مؤلف : شرکت تامراک، ترجمه و ویرایش : کارشناسان شرکت تولید و فرآورده‌های مواد معدنی ایران، ناشر : شرکت تولید و فرآورده‌های مواد معدنی ایران.

۱۰ــ مجموعهٔ مقالات اولین سمینار بررسی معادن سنگ‌های ساختمانی (تزئینی و نما)، وزارت معادن و فلزات، ناشر : شورای هماهنگی سنگ‌های تزئینی با همکاری انتشارات آدینه.

۱۱ــ معادن و فلزات، نشریه داخلی وزارت معادن و فلزات، شمارهٔ چهارم، بهمن ماه ۱۳۶۳.

۱۲ــ روش‌های استخراج زیرزمینی، دورهٔ کارشناسی معدن، تألیف : ناصرنیا، مهندس هرمز، جزوه درسی پلی‌کپی، ۱۳۷۶.

۱۳ــ روش‌های استخراج روباز، تألیف : سعد محمّدی، دکتر اردشیر، جزوه درسی، ۱۳۷۶.

۱۴ــ ماشین‌های راهسازی و روش‌های اجرایی، تألیف : بهبهانی، دکتر حمید و خاکی، علی‌منصور، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه علم و صنعت ایران، آبان ماه ۱۳۶۴.

ب: منابع خارجی

۱ــ Tarasou, L

safety in Opencast mining

Mir publishers, moscow - 1973

۲ــ G. Popov

The working of mineral Deposits

Mir publisher moscow - 1971

۳ــ Hans Hamrin

guide to underground mining methods and applications

Atlas copco MCT AB. STOCKHOLM. SWEDEN - 1980

۴ــ Hans Hamrin

Mining Methods

Atlas copco MCT AB. stockholm. Sweden

۵ــ کاتالوگ‌های شرکت تامراک فنلاند

۶ــ کاتالوگ‌های شرکت اطلس کوپکو آ.ب. سوئد

۷ــ کاتالوگ‌های شرکت بوهلر

۸ــ کاتالوگ‌های شرکت هیتاچی

۹ــ کاتالوگ‌ها و کتاب‌های آموزشی شرکت کاترپیلار

۱۰ــ مجلات E&MJ 1988