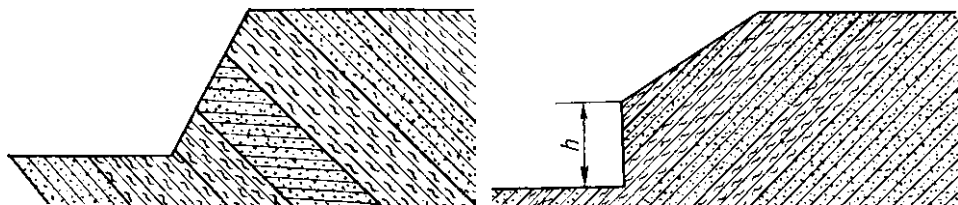


جریان گل و لای: در شرایطی رخ می‌دهد که خاک رس یا لوم، یعنی؛ مخلوط خاک رس و شن به خود آب جذب کند و به حالت سیال درآید، حرکت توده‌ای مواد ممکن است در سطحی با شیب ۴-۶ درجه اتفاق افتد. هنگامی که چنین ماده‌ی سیالی در روی پله‌ای جمع شود، ممکن است از لبه‌ی آن بر روی سینه کار پایین جریان یابد و موقعی که سیالیت آن به علت جذب بیشتر آب، زیادتر شود، ممکن است، تبدیل به جریان گل و لای گردد.

### جلوگیری از ریزش و سقوط در معادن روباز

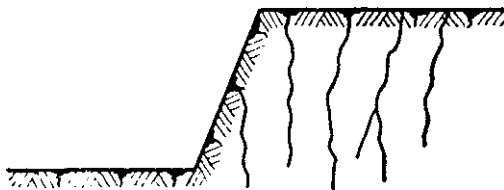
جلوگیری از ریزش و سقوط در معادن روباز از جمله مسائل پیچیده و بغرنجی است که با وجود تحقیقات چندین ساله‌ای که در خصوص استقامت دیواره‌ها و ثبات پله‌ها و سینه کارها به عمل آمده، با این وصف؛ هنوز اطلاعات حاصله در این زمینه کافی نیست. برای تعیین زاویه مجاز و ارتفاع ماکزیم سینه کارها و برآورد شیب کلی دیواره معدن نسبت به ابعاد پله‌ها و مسائلی از این قبیل در شرایط مختلف و به طور کلی استخراج با بیشترین ایمنی، فرمول‌های ریاضی و محاسبه‌های مهندسی خاصی مورد نیاز است و وسیله‌های تحلیل گرافیک و گرافیک تحلیلی خاصی توسط دانشمندان ابداع شده است که بحث پیرامون آن در این جا ضرورتی ندارد و فقط به ذکر مطالب کلی لازم اکتفا می‌شود. در مسئله جلوگیری از ریزش فقط توجه به این که 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 دامنه سطح شیب‌داری با زاویه ۳۰-۲۵ درجه در امتداد شیب طبقات بنا می‌شوند، به احتمال زیاد، ریزش رخ می‌دهد. بنابراین؛ در هر جا که ممکن باشد بایستی پله‌ها در جهت مخالف شیب طبقات بنا شود.



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

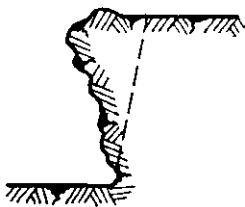
شکل ۱۰-۱۰

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، سینه‌کارها 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 ۱۱-۱- 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 سینه‌کار 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.



ج- قطعه آویزان



ب- حفاری در پای سینه‌کار



الف- شیب منفی

شکل ۱۲-۱- حالت‌های نادرست سینه‌کار

### حفاظت در برابر ریزش و سقوط

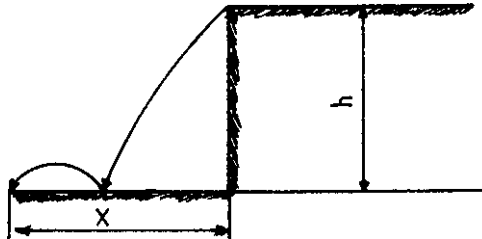
کارگاه‌های معادن روباز بایستی همواره فاقد هرگونه قطعات سنگ و زغال و غیره باشند؛ زیرا ممکن است، قطعات مذکور سقوط کرده و سبب بروز حوادث ناگواری گردند. در کلیهٔ معادنی که مواد

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، بر اثر 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 به هم زدن تعادل موجود در مواد می‌شود. در این جا آنچه که از نظر ایمنی اهمیت دارد، تعیین مناطقی از پای سینه‌کار است که قطعات بزرگ سنگ و غیره، ممکن است به آن جا سقوط کند. این کار عملی است و می‌توان به کمک فرمول زیر مقدار آن را محاسبه کرد (شکل ۱۰-۱۳).

$$x = c \times h$$

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

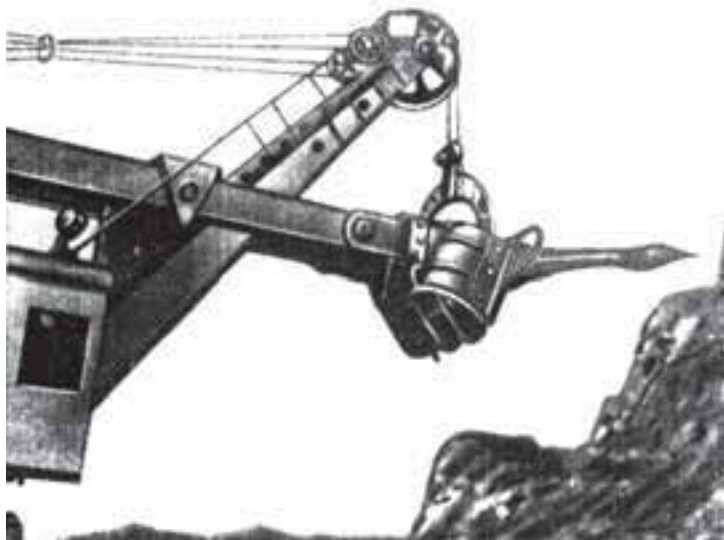


شکل ۱۰-۱۳- تعیین عرض منطقه خطر در پای سینه‌کار

از آن جایی 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 این علت 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  $0/2$  ارتفاع عمودی آن بوده و زاویه منفی سینه‌کار نیز با شیب آن مساوی باشد. عرض این قسمت در هر حال نباید کمتر از ۳ متر باشد.

اختلاف ارتفاع که بر اثر برداشتن مواد باطله و یا حفاری به وجود می‌آید، گاهی باعث می‌شود که برای کارگران شاغل و سایر افراد حوادث ناگواری به وقوع بپیوندد. به این خاطر، مقررات حفاظتی تأکید می‌کند، در صورت وجود پرتگاه‌هایی در منطقه، 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 در محل‌های پرجمعیت یا در مجاورت جاده‌های عمومی و راه‌آهن قرار دارد، لازم است که علاوه بر نصب علائم هشداردهنده، بانزده‌هایی به ارتفاع حداقل ۱/۵ متر، مناطق خطرناک را محصور کرد.

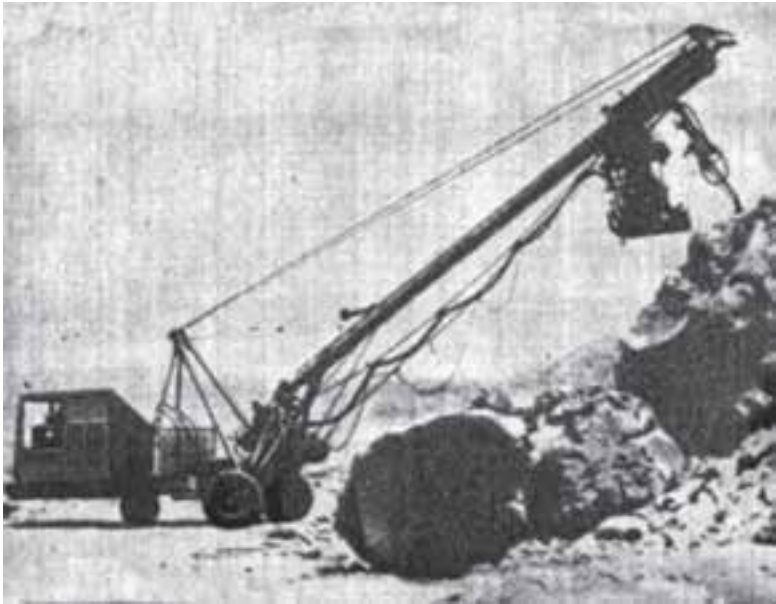
اقدام حفاظتی دیگر، در مقابل خطرات ناشی از ریزش و سقوط تخته سنگ‌ها، لقی‌گیری و جدا کردن تکه‌سنگ‌های سست و ریزشی است که به نوبه خود می‌تواند در کاهش خطرات مؤثر واقع شود. وسیله لقی‌گیری مواد در سینه کارهای غیرقابل دسترس دیلم لقی‌گیری شارکف است که متصل به بیل مکانیکی شده و کار بسیار خطرناک لقی‌گیری را به سادگی و سهولت، ممکن می‌سازد (شکل ۱۴-۱۰).



شکل ۱۴-۱۰- 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 کند و جدا کرد که در شکل زیر مشاهده می‌شود.



شکل ۱۵-۱- بازوی مخصوص برای حفاری مناطقی که پای سینه کار خطرناک است.

در امریکا عمل کردن و برداشتن قطعات ریزشی و غیرقابل دست‌رسی را با دستگاهی به نام تفنگ صنعتی انجام می‌دهند که ۵۰ کیلو وزن و ۲/۱ متر طول دارد و هنگام شلیک، نارنجکی ۹۰ گرمی را با سرعت زیاد به سمت هدف که تخته سنگ یا قطعه مورد نظر 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 از راه دور کارکنان سینه کار و لق‌گیری را انجام می‌دهد، به نوبه خود قابل توجه است.

## خودآزمایی

- ۱- معادن زیرزمینی را از لحاظ محدودیتها و خطراتی که دارد با معادن روباز مقایسه کنید.
- ۲- برای مقابله با خطرات قسمتهای متحرک ماشین‌آلات و تجهیزات چه اقدامی قابل انجام

است؟

- ۳- چگونه از خطر پرتاب قطعات و تکه‌های سنگ و حوادث مربوط جلوگیری می‌شود؟
- ۴- علت اصلی خطرات برق‌گرفتگی در معدن چیست؟
- ۵- عوامل به‌وجود آمدن خطرات برق را چگونه کنترل می‌کنند؟
- ۶- مایعات خورنده چگونه در معدن، عامل پیدایش خطر می‌شوند؟
- ۷- سروصدا چگونه به سلامتی کارگران در معدن صدمه وارد می‌کند؟
- ۸- آلودگی هوای معادن روباز چگونه اتفاق می‌افتد؟
- ۹- لغزندگی سینه‌کارها و مواد انباشته شده چگونه باعث وقوع حوادث خطرناک در معدن

روبار می‌شوند؟

- ۱۰- تخلیه الکتریکی مربوط به رعد و برق در معادن روباز چگونه صورت می‌گیرد و چه

خطراتی در پی دارد؟

- ۱۱- سیلاب‌های مخرب چگونه خطری برای معدن روباز به‌شمار می‌روند؟
- ۱۲- خطر سقوط کارگران از نقاط مرتفع به چه صورت در معادن روباز ظاهر می‌شود؟
- ۱۳- آیا در معادن روباز هم مثل معادن زیرزمینی خطر سقوط و ریزش سنگ وجود دارد؟

چگونه؟

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

ایمنی در معادن زیرزمینی



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

- ۱- کلیاتی از اهمیت توجه به ایمنی در معادن زیرزمینی را بیان کند.
- ۲- ریزش در معدن را شرح دهد.
- ۳- علل ریزش در معدن را تشریح کند.
- ۴- روش‌های جلوگیری از ریزش را توضیح دهد.
- ۵- حفاظت انفرادی در برابر ریزش را شرح دهد.
- ۶- حریق در معادن را توضیح دهد.
- ۷- خطرات ناشی از حریق را بیان کند.
- ۸- انواع حریق در معادن شامل حریق‌های ناشی از خودسوزی و حریق معمولی را تشریح کند.
- ۹- پیش‌گیری از حریق معدنی را توضیح دهد.
- ۱۰- پیش‌بینی‌های حفاظتی در زمینه حریق را شرح دهد.
- ۱۱- اشتعال و انفجار گاز متان و گرد زغال را توضیح دهد.
- ۱۲- مقدار مجاز گاز متان در قسمت‌های مختلف معدن را شرح دهد.
- ۱۳- اقدامات لازم در هنگام تراکم گاز متان را بیان کند.
- ۱۴- خطرات ناشی از حمل و نقل و ترافیک معدنی را شرح دهد.
- ۱۵- عبور و مرور افراد در معدن را تشریح کند.
- ۱۶- تردد قطارها را شرح دهد.
- ۱۷- حمل و نقل با نقاله‌ها را بیان کند.
- ۱۸- حمل و نقل در راهرو شیب‌دار را بیان کند.
- ۱۹- باربری در چاه را تشریح کند.
- ۲۰- ایمنی کابل را توضیح دهد.

## کلیات

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، از جمله 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 می‌رود. اهمیت مسئله 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 می‌آید، منجر به وارد آمدن آسیب بدنی به وی می‌شود. براساس آمارهای موجود تقریباً یک سوم تمام حوادث معادن دنیا را ریزش‌های بزرگ و سقوط سنگ‌ها به‌خود اختصاص داده‌اند.

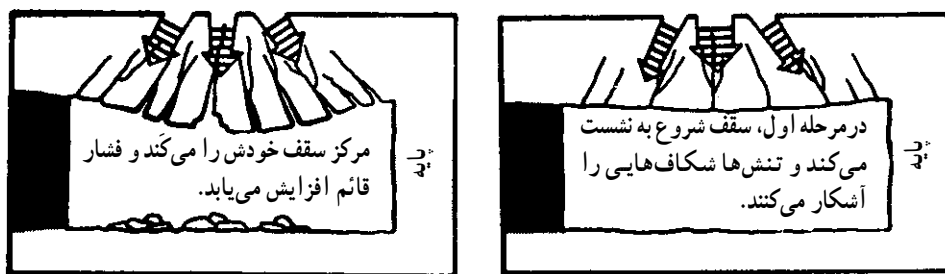
## علل ریزش در معدن

ریزش سقف و دیواره 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:

۱- فشار طبقات فوقانی: مواد معدنی و کلیه 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.

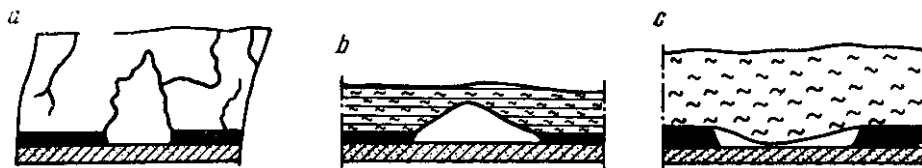
پدیده تغییر شکل در اجسام مختلف و از جمله سنگ‌ها در دو مرحله ارتجاعی و خمیری صورت می‌گیرد. اگر نیروهای وارده بر سنگ‌ها در حدی باشد که تغییر شکل حاصله از حد ارتجاعی تجاوز نکند، قسمت‌های حفر شده، بدون آن که نیازی به وسیله نگه‌داری داشته باشند، مدت‌ها پایدار باقی خواهند ماند.

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



شکل ۱-۱۱- وضعیت سقف قبل از ریزش

۲- جنس چینه‌ها و سنگ‌ها: یکی از عوامل مهمی که در چگونگی و سرعت نشست و ریزش کمر بالای کارگاه‌های زیرزمینی تأثیر فراوانی دارد، جنس چینه‌ها و سنگ‌های سقف و پیرامون آن است؛ به طوری 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 به عمل آورند. در حالی که سنگ‌های سخت مانند ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک ناگهان فرو می‌ریزند. استحکام سقف کارگاه تا اندازه زیادی به ساختمان و جنس سنگ کمر بالای آن بستگی دارد، از همین رو 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 ۲-۱۱- وضعیت تعادل کار معدنی در سنگ‌های مختلف

۳- روش استخراج: عدم تناسب روش شبکه بندی تونل ها و کارگاه های معدن و اندازه و ابعاد آن ها، با شرایط طبیعی کانسار و به طور کلی انتخاب سیستم استخراج نادرست، می تواند عامل پیدایش خطر ریزش و سقوط کمر بالا باشد. برای مثال می توان از خطر در رفتن پایه های نگه داری معدن در سیستم استخراج اتاق و پایه یاد کرد که سبب از بین رفتن عده زیادی از کارگران شده است. در روش مذکور، ماده معدنی را به شکل اتاق هایی استخراج می کنند و برای نگه داری سقف کارگاه، قسمتی از ماده معدنی را به صورت پایه باقی می گذارند. این پایه ها در بعضی مواقع بر اثر فشار سنگ ها و طبقات بالایی به طور ناگهانی از زیر سقف کارگاه در می رود و خطر بزرگی ایجاد می کند. بدین ترتیب؛ پایه در اثر فشارهای وارده، همراه با صدای مهیبی خرد و منهدم می شود و سبب خرد شدن سایر استحکامات و چوب بست ها و در پی آن له شدن وسایل و تجهیزات و افراد داخل معدن می شود. خطر در رفتن پایه ها در معادن زغال سنگ چندان زیاد نیست؛ زیرا اغلب لایه های زغال دار از نوع شیست بوده و در نتیجه فشار، کف کارگاه برآمده و سقف نیز خمیده می شود و پایه ها به جای در رفتن در زیر فشار له و خرد می شوند، هر چند خطر ریزش ناگهانی کم تر است، ولی نمی توان آن را نادیده گرفت. مطالعات به عمل آمده در مورد پدیده فوق نشان می دهد که علت در رفتن پایه، شکستن و ترک خوردن ناگهانی حجم بسیار بزرگی از سنگ ها و طبقات بالایی است که شبیه پتکی به روی لایه های زیرین ضربه وارد می کند و این ضربه ها نیز به پایه انتقال می یابد. هنگام استخراج لایه های شیب داری که در بالای آنها نیز رگه های دیگری از ماده معدنی وجود دارد و در آنها عملیات حفاری و کندن انجام می شود، بایستی از نظر خطر ریزش سقف و کمر بالا، احتیاط های لازم به عمل آید؛ زیرا در موارد بسیاری جدا شدن تکه های لق و سقوط سنگ ها در آنها مشاهده شده است و این موضوع به خصوص در سیستم استخراج پلکانی معکوس که هر پله کارگاه از دو سطح، باز و آزاد می شود، اهمیت فراوانی دارد و باید به دقت بازرسی شود و کارگاه پیش از پرداختن به استخراج لق گیری گردد.

خطر دیگری که در کارگاه های با شیب تند وجود دارد، این است که در کارگاه های مذکور، اغلب مواد معدنی را پس از کنده شدن در امتداد شیب کارگاه به سمت راهروهای زیرین فرو می غلتانند و ماده معدنی با استفاده از نیروی ثقل به سمت پایین حمل می شود. یا در مواردی که عمل خاکریزی و پر کردن محل استخراج شده به همین طریق صورت می گیرد، گاه ممکن است، بنا به عللی خاکریز کارگاه یا مواد معدنی انباشته شده در کارگاه، ریزش کرده و ایجاد خطر کند. بنابراین؛ بایستی شیب این کارگاه ها را به دقت و با توجه به شرایط طبیعی کانسار محاسبه و کنترل کرد.

۴- رطوبت هوا: وجود مقداری رطوبت در هوای معدن نیز یکی از عوامل پدید آورنده ریزش و سقوط سنگ ها از سقف و دیواره کار معدنی است؛ چنان که در بعضی از تونل ها 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 درجه حرارت داخل و خارج معدن رطوبت خود را به تدریج 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 نوبه خود ریزش‌های کوچک و بزرگی را به همراه دارد. تغییرات شیمیایی ناشی از هوازدگی نیز سنگ‌هایی را که به اندازه کافی سخت نباشد، به حالت نرم درمی‌آورد که در این حالت نیز در اثر هرگونه بی‌توجهی و مسامحه کاری، ریزش از سقف تقریباً قطعی است.

**۵- فشار گاز و آب در چینه‌ها:** گاهی در فضاها یا خالی به‌وجود آمده در لابلای طبقات و چینه‌های اطراف و بالای رگه معدنی آب یا گازهای انفجارآمیزی مانند متان انباشته می‌شود که به سبب دارا بودن 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 در معدن مشغول به کار شد. از همین رو، لازم است با اقداماتی که به شرح آن‌ها می‌پردازیم، امکان ایجاد خطر را به حداقل ممکن رساند.

**نگاهداری سقف و دیواره‌ها:** در برخی 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 این جا از ذکر آن خودداری می شود و فقط به یادآوری چند نکته که از نظر ایمنی اهمیت بسیاری دارد، اکتفا می شود.

۱- هیچ گاه نباید یک ستون را بدون کلاهک در زیر سقف، نصب کرد.

۲- اگر در سقف کارگاه ترک یا شکافی وجود داشته باشد، امتداد طول کلاهک باید عمود بر امتداد شکاف باشد.

۳- هیچ گاه نباید چوب را در امتداد طولی آن اره کرد؛ زیرا مقداری از تارهای چوب اره شده و چوب سست می شود. در این قبیل موارد چوب را باید با تبر و امثال آن لاشه کرد.

۴- چوب بست گالری ها، باید به موقع و مطابق با پاسپورت آن انجام شود در صورت تغییر شرایط زمین شناسی و بهره برداری، پاسپورت باید مورد تجدید نظر قرار گرفته و تصمیمات جدید برای تقویت چوب بست اتخاذ شود.

۵- ستون های چوبی را باید از پوست و گیره تمیز کرده و استفاده از لایه و چوب های شکسته به عنوان ستون و یا جزء دیگر چوب بست که تحت فشار طولی قرار گرفته، ممنوع است.

۶- در صورت ریزش فضای جلوی سینه کار در کارگاه استخراج و یا در گالری پیش روی، چنان چه معلوم شود که علت ریزش، نادرست بودن و نقص پاسپورت پیش روی و چوب بست آن بوده است، چوب بست آخری را جمع کرده و پاسپورت جدیدی، بدون عیب تنظیم و مورد استفاده قرار می گیرد.

۷- تکنسین ها و سرکارگران، قبل از به کار 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.

۸- برای کشیدن چوب و برداشتن چوب بست (که برای تعویض یا صرفه جویی در مصرف چوب انجام می شود)، باید نخست سقف محل، به دقت آزمایش شود و کار کشیدن چوب با افراد آزموده به وسیله 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، چوب بست قاب های طرفین آن به اندازه کافی باید تقویت و تخته کوبی شوند.

اندودن سیمان: برای پیش گیری از اثرات تخریبی و مشکلات حاصله از رطوبت که در روی سنگ های سقف و اطراف راهروها و کارگاه های زیرزمینی نقاط ضعفی ایجاد می کند، پوشش های مواد گوناگونی را مانند رنگ های آسفالتی و قیری و یا ماده ای به نام گونیت، مورد استفاده قرار می دهند. گونیت عموماً از سه قسمت ماسه، یک قسمت سیمان و مقداری آب تشکیل شده که آن را با دستگاه های مخصوصی در دو لایه به ضخامت ۲/۵ سانتی متر به سقف و دیواره ها می پاشند. قبل

از اقدام به این کار، بایستی تکه‌های لق و سنگ‌های سست را کاملاً جدا کرد و سپس در فاصله زمانی کوتاهی، گونیت را پاشید. این ماده علاوه بر آن که از هوازدگی و لق شدن سنگ‌ها و جداره درون تونل جلوگیری می‌کند، سطح آن را صاف‌تر کرده که این امر در بهبود تهویه 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:** کلیه کارگران و ناظران فنی که در سینه‌کارهای استخراج معادن زیرزمینی کار می‌کنند، بایستی هم‌روزه 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 به کار می‌رود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱- **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. به همین علت، کلاه را از جنس آلومینیوم یا مواد پلاستیکی سخت می‌سازند و داخل آن نوارهای مخصوصی وجود دارد که سبب می‌شود، ضربه 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 زائده 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 نایستی از ۴۰۰ گرم بیشتر باشد



شکل ۳-۱۱- 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 سرپنجه آن‌ها دارای صفحه فلزی باشد و همچنین؛ در کنار کفش نیز پولک‌های فلزی قرار می‌دهند.



شکل ۴-۱۱- کفش ایمنی

زانوبند و ساق‌بند: این دو نیز علاوه بر حفظ پاها از برخورد به اشیاء، در موقع پرتاب سنگ می‌تواند ضربه را خنثی کند.

عینک حفاظتی: به طوری که قبلاً اشاره شد، چه در هنگام لقی‌گیری 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 عینک حفاظتی، مانع از آسیب رساندن به چشم‌ها می‌شود.



شکل ۵-۱۱- 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 حد قابل انفجاری برسد، ایجاد هرگونه شعله یا جرقه می‌تواند به اشتعال و انفجار گاز مذکور منجر شود؛ زیرا همان طوری که می‌دانیم متان گازی قابل اشتعال است و با هوا مخلوط انفجار آمیزی 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 ۶-۵ درصد الی ۱۶-۱۴ درصد متان دارای قابلیت انفجار است. بالاخره در آمیختگی گاز متان و هوا، هرگاه مقدار متان از ۱۶-۱۴ 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 پر قدرت‌ترین 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 مشتعل‌کننده گاز متان به شرح زیر است:

۱- 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.

۲- 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، شعله 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.

۳- 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.

۴- ماشین‌های حفر زغال: در اثر کار با ماشین‌های حفر زغال دندان‌ها 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.

۵- مواد منفجره معمولی و غیرمجاز: هرگونه عدم رعایت مقررات ایمنی در مورد مواد



منفجره و آتش کاری، می تواند سبب خطرات متعددی از جمله خطر اشتعال متان شود.

۶- لکوموتیوهای دیزلی: هرگاه دودهای خروجی لکوموتیوهای دیزلی به طریقی خنک نشود، می تواند گاز متان را مشتعل سازد.

۷- ابزارهای حفاری: مته پرفوراتورها هنگام حفر چال در سنگ های سخت، جرقه های خطرناکی تولید می کند که در اثر آن گاز متان آتش می گیرد.

۸- اصطکاک فلزات: در اثر مالش و اصطکاک بین دو جسم فلزی مانند پروانه و بدنه و تیتلاتور، خطر انفجار متان به وجود می آید.

۹- جرقه و قوس الکتریکی: در اثر پیدایش آنها در ماشین آلات برقی معیوب و غیرمجاز، می تواند متان را مشتعل کند.

۱۰- تخلیه الکتروستاتیکی (الکتریسیته ساکن): در اثر مالش هوای فشرده با شیلنگ یا انتقال موادی مانند خاک و ماسه از لوله ها به وسیله هوای فشرده برای خاکریزی یا بستن چال یا در موارد مشابه، در اطراف لوله ها الکتریسیته ساکن ایجاد می شود که تخلیه آن سبب ایجاد خطر اشتعال متان می گردد. بنابراین، بایستی این لوله ها حتماً دارای اتصال زمین باشند. از عوامل دیگر مشتعل کننده گاز متان، پدیده انفجار گرد زغال سنگ و آتش سوزی معدنی را می توان نام برد.

روش های پیش گیری از اشتعال گاز متان: با شرحی که در مورد عوامل مشتعل کننده گاز متان بیان شد این نتیجه حاصل می شود 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:

۱- استفاده از چراغ های بدون حفاظ، کبریت، فندک و نیز استعمال دخانیات ممنوع شود.  
۲- برای روشنایی انفرادی، از چراغ های باتری دار استفاده شود و کیفیت هوا به طور مرتب با دستگاه ها و چراغ های مخصوص کنترل شود.

۳- تعداد دفعات آتش کاری به حداقل ممکن کاهش یابد و روش حفر زغال با وسایل هیدرولیک جانشین آن شود و برای شکافتن سقف گالری ها از چکش های بادی سنگین استفاده گردد.

۴- موارد زیر در هنگام آتش کاری بایستی حتماً رعایت شود:

الف- فقط مواد منفجره و وسایل ایمنی مجاز به کار گرفته شود.

ب- از چاشنی های الکتریکی فوری یا کم تأخیر استفاده شود که زمان تأخیر آنها مطابق استانداردهای حفاظتی باشد.