بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی همدان

گروه مهندسی معدن

رشته معدن – گرایش استخراج

بررسی خطرات احتمالی در استخراج زغالسنگ

توسط:

مسعود یزدانی

استاد راهنما:

دکتر بهشاد جدیری

آذر ۹۴

چکیده

زغالسنگ به عنوان یکی از مواد اولیه برای تهیه کک جهت تولید فولاد از مقدار مصرف و درجه اهمیت بالایی برخوردار می باشد. با توجه به اینکه تولید زغال سنگ در کشورمان با قیمت مناسب همراه نیست، مساله واردات آن از موضوعات مهم معدن کاری امروز کشور به نظر می رسد. استخراج زغال از دیر باز از مسائل پیچیده معدن کاری نه تنها در ایران بلکه در تمام دنیا بوده، زیرا به هنگام استخراج به علت تغییر وضعیت و بهم خوردن شرایط محیط معدن کاری ممکن است خطراتی به بار آورد که از یک طرف متوجه کارگران معدن می شود و از طرف دیگر زیان های مالی به منابع وارد می کند. در حین استخراج باید خطراتی مثل پراکنده شدن یا تولید گرد زغال که تاثیر سو بر سلامتی دارد و می تواند اشتعال پذیر باشد؛ و همچنین خطراتی مثل پرتاب زغال که می تواند ناشی از فشار دینامیکی گازها یا تمرکز تنش بالا در معدنکاری عمیق زغالسنگ باشد، شناسایی شده و کنترل شوند. با توجه به اینکه اکثر لایه های زغال گازخیز اند، یکی دیگر از این خطرات می تواند تصاعد گاز زغال باشد. لذا اندازه گیری گاز زغال با روش های امروزی و کنترل آن می تواند راه حل استخراج سریع، راحت، ارزان و از همه مهم تر، بی خطر زغال باشد. از طرفی اگر امکان استفاده از این گاز باشد، به تولید انرژی کمک کرده و به جای ایجاد خرابی در معادن به تامین انرژی مصرفی آنان نیز کمک می کند و این جز با به کارگیری روش های نوین استخراج گاز زغال (زهکشی) ممکن نیست. در این تحقیق با بررسی موارد فوق الذکر می توان به نتایجی برای کاهش دادن یا به حداقل رساندن احتمال بوجود آمدن آن ها رسید.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ انواع گاز در معادن ۲

۱-۳ گاز متان ۵

۱-۴ خواص گاز متان ۶

۱-۵ طرز تشکیل گاز متان ۶

۱-۶ چگونگی تصاعد گاز متان ۷

۱-۷ اشتعال وانفجار گاز متان ۱۱

۱-۸ عوامل مشتعل کننده گاز ۱۲

۱-۹ روش های پیشگیری از اشتعال گاز ۱۴

۱-۱۰ طریقه تشخیص و اندازه گیری گاز ۱۵

۱-۱۰-۱ لوله آشکار ساز ۱۶

۱-۱۰-۲ گازسنج ها ۱۷

۱-۱۰-۳ ربات ۱۹

۱-۱۱ گاز زدایی ۲۲

۱-۱۲ زهکشی و استخراج گاز متان از لایه های زغالسنگ ۲۵

فصل دوم ۳۱

۲-۱ مقدمه ۳۲

۲-۲ تفاوت های گاز متان با گرد زغال ۳۳
۲-۳ عوامل موثر در انفجارپذیری گرد زغال ۳۴
۲-۴ چگونگی انفجار گرد زغال ۳۷
۲-۵ جلوگیری از تولید گرد زغال ۳۸
۲-۶ روش های ایمن سازی گرد زغال ۳۹
فصل سوم ۴۴
۳-۱ مقدمه ۴۵
۳-۲ تشریح پدیده انفجار ۴۵
۳-۳ طبقه بندی انفجارسنگ ۴۶
۳-۴ پیش بینی احتمال پرتاب زغال ۴۷
۳-۴-۱ روش های تجربی ۴۸
۳-۴-۲ روش های عملیاتی ۴۸
۳-۴-۲-۱ آزمایش برآورد سختی زغال ۴۸
۳-۴-۲-۲ آزمایش اندازه گیری سرعت تصاعد آنی زغال ۵۰
۳-۴-۲-۳ آزمایش اندازه گیری مقاومت لایه های زغال ۵۱
فصل چهارم ۵۲
۴-۱ مقایسه بین افشانه آب وفناوری فوم در کنترل گرد و غبار ۵۳
۴-۲ ارائه دستگاه جدیدبرای کنترل انفجار متان در معادن زغالسنگ ۵۶
۴-۳ زهکشی گاز متان واستفاده از آن در یکی از معادن زغالسنگ چین ۵۸
۴-۴ ارائه چند معیار مکانیک سنگی برای بررسی احتمال پرتاب سنگ ۶۱

۴-۵ کنترل گرد و غبارها انتخاب مناسب ترین روش تهویه ۶۳

مراجع ۶۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ حداکثر عیار مجاز گازها ۴

جدول ۱-۲ درجه حرارت و تاخیر در اشتعال ۱۱

جدول ۲-۱ عیار مجاز گرد و غبار ۳۳

جدول ۳-۱ مقدار مجاز تصاعد آنی لایه های زغال ۵۰

جدول ۴-۱ انرژی کرنشی ۶۱

جدول ۴-۲ معیار تنش ۶۲

جدول ۴-۳ معیار تردی ۶۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱ لوله آشکار ساز ۱۶

شکل۱-۲ پمپ دستی ۱۶

شکل۱-۳ طرز استفاده از لوله آشکارساز ۱۷

شکل۱-۴ گاز سنج..... ۱۷

شکل۱-۵ گازسنج نیمه دیجیتالی ۱۸

شکل۱-۶ گازسنج دیجیتالی..... ۱۸

شکل۱-۷ ربات معدنی ۲۱

شکل۱-۸ ربات معدنی ۲۱

شکل۱-۹ وابستگی میزان تولید متان به تولید آب ۲۶

شکل۱-۱۰ حفر گمانه های افقی..... ۲۷

شکل۱-۱۱ حفر گمانه های افقی..... ۲۸

شکل۱-۱۲ حفر گمانه های عمودی ۲۹

شکل۱-۱۳ حفر گمانه های مایل ۲۹

شکل۳-۱ محدوده وقوع انفجار سنگ..... ۴۶

شکل۳-۲ نمایش پارامتر های موثردر پرتاب زغال ۴۷

شکل۳-۳ دستگاه اندازه گیری سختی زغال ۴۹

شکل۳-۴ محل آزمایش اندازه گیری سرعت تصاعد آنی ۵۰

شکل۳-۵ دستگاه اندازه گیری مقاومت لایه های زغال. ۵۱

شکل۳-۶ دستگاه اندازه گیری مقاومت لایه های زغال ۵۱

شکل۴-۱ افشانه آب ۵۳

شکل۴-۲ دستگاه فوم ۵۴

شکل۴-۳ فرآیند سیستم فوم ۵۵

شکل۴-۴ کارآیی رفع گرد و غبار ۵۵

شکل۴-۵ دستگاه حفاظتی..... ۵۶

شکل۴-۶ دستگاه حفاظتی ۵۷

شکل۴-۷ حفر گمانه های افقی و عمودی ۵۷

شکل۴-۸ حفر گمانه های افقی ۵۸

شکل۴-۹ زهکشی در حین عملیات استخراج ۵۹

شکل۴-۱۰ زهکشی گاز و نحوه ی استفاده از آن ۶۰

شکل۴-۱۱ نرخ و حجم زهکشی ۶۰

شکل۴-۱۲ پروفیل سرعت هوا در شش سیستم تهویه ۶۳

شکل۴-۱۳ پراکندگی گرد و غبار در شش سیستم تهویه ۶۴

فصل اول

گاز زغال

۱-۱ مقدمه

کلیه ی لایه های زغالسنگ حاوی گاز هستند. گاز زغال سنگ حاوی مقدار قابل توجهی گاز متـان و مقدار کمی سنگین تر از گاز متان مانند گاز دی اکسیدکربن، مونواکسیدکربن و سولفید هیدروژن است. معمولا گاز به دو صورت جذب سطحی و به صـورت آزاد در داخـل لایـه هـای زغالسـنگ وجـود دارد. گاز آزاد باقی مانده ی گازهاست که جذب سطحی نشده است، یعنی اینکه گاز بیشتر از میزانی است که زغال قابلیت جذب آنرا داشته باشد[۱].

۱-۲ انواع گاز در معادن زغالسنگ

۱-۲-۱ دی اکسید کربن

دارای خواص فیزیکی بی رنگ ، اندکی مزه و بوی اسیدی است . چگالی دی اکسید کربن نسبت به هوا ۱/۵۴ است . این گاز خفه کننده می باشد در عیار ۱ تا ۳ ٪ سبب تندی تنفس و در عیار ۵٪ تنفس خیلی شدید و مشکل می شود . در عیار ۱۰٪ سبب بی هوشی و در عیار ۲۰ تا ۲۵٪ سبب مرگ می شود

۱-۲-۲ هیدروژن سولفوره

دارای خواص فیزیکی بوی تخم مرغ گندیده ، بی رنگ و ترش مزه است . چگالی هیدروژن سولفوره نسبت به هوا ۱/۱۹ است. این گاز فوق العاده سمی و خطرناک است . در عیار کم سبب سوزش چشم و در عیار زیاد باعث فلج شدن سیستم اعصاب و مرگ می شود . درعیار ۰/۰۱ ٪ پس از چند ساعت سبب

مصمومیت خفیف و در عیار ۰/۰۵٪ بعد از ۳۰ تا ۶۰ دقیقه سبب مصمومیت خطرناک و در عیار ۰/۱ ٪ سبب مرگ فوری می شود.

۱-۲-۳ انیدرید سولفوره

دارای خواص فیزیکی بی رنگ ، دارای مزه بسیار تند و بوی مشخص گوگرد در حال سوختن است . چگالی انیدرید سولفوره نسبت به هوا ۲/۲ است . این گاز فوق العاده سمی است . مقدار کم آن باعث مختل شدن سیستم اعصاب به خصوص اعصاب چشم می شود و در عیار ۰/۰۵٪ خطر مرگ را در پی دارد.

۱-۲-۴ اکسیدهای ازت

دارای خواص فیزیکی بوی مشخص ، رنگ خرمایی ، تلخ مزه است . چگالی اکسیدهای ازت نسبت به هوا ۱/۵۸۹۵ می باشد . این گاز سمی است ولی آثار آن فوری نیست و ممکن است ۲۰ تا ۳۰ ساعت بعد عارض شوند . در عیار ۰/۰۰۲۵ ٪ بی خطرند ولی با افزایش عیار خطرناک خواهند شد و آثار مضر بر چشم ، دهان و ششها خواهند داشت . در عیار ۰/۰۲۵ ٪ سبب مرگ می گردند.

۱-۲-۵ گاز متان

دارای خواص فیزیکی بی رنگ ، بی بو ، بی مزه است. چگالی گاز زغال نسبت به هوا ۰/۵۵۴۵ است . این گاز قابل انفجار و خفه کننده است . این گاز سمی نیست ولی اگر از مقدار حد مجازش بیشتر شود باعث کاهش درصد اکسیژن در هوا می شود[۲].

جدول ۱-۱ حداکثر عیار مجاز گاز ها

گازها	حداکثر عیار مجاز	عیار کشنده
اکسیژن	(حداقل) ۱۹/۵ درصد	پایینتر از ۶ درصد
منوکسید کربن	۰/۰۱ درصد	۰/۰۳ درصد
دی اکسید کربن	۰/۵ درصد	۱۸ درصد
هیدروژن سولفوره	۰/۰۰۲ درصد	۰/۱ درصد
انیدرید سولفوره	۰/۰۰۰۵ درصد	۰/۱ درصد
اکسیدهای ازت	۰/۰۰۲ درصد	۰/۰۰۵ درصد
هیدروژن	----	در عیار ۴ تا ۷۴ درصد قابل انفجار
گاز متان	۱ درصد	در عیار ۵ تا ۱۵ درصد قابل انفجار

در معادن زغالسنگ چون که در حدود ۹۹ درصد گاز موجود در معدن را گاز متان تشکیل می دهد، پس اهمیت شناخت بیشتر این گاز مشخص می شود. در ادامه به بررسی بیشتر این گاز و نحوه ی کنترل آن بررسی شده است.

۱-۳ گاز متان

متان که گاز مرداب نیز نامیده می‌شود یکی از خطرناک ترین گازهای آلوده کننده هوای داخل معدن بوده که در موارد بسیاری انفجارات مهیب و هلاکت عده زیادی گردیده است حتی در معادن امروزی با وجود پیشرفتهای فراوانی که دزمینه ایمنی معادن صورت گرفته و علی زغم اتخاذ تدابیر حفاظتی شدید خطر انفجار این گاز کاملا از بین نرفته است بطوریکه هنوز هم خبرهایی از وقوع انفجار گاز در معادن مختلف شنیده می‌شود. گاز متان تحت عنوان گاز گریز و گاز زغال نیز نامیده می‌شود. ترکیب شیمیایی گریز و در حقیقت ۹۵ تا ۱۰۰ درصد متان است بنابر این ممکن است گازهایی مثال ازث ، هیدروژن ، انیدرید کربنیک و هیدروکربورهای سنگین مثال اتان ، هیدورژن سولفوره ، انیدرید سولفورو و منوکسید کربن در ترکیب آن وجود داشته باشد.

مقدار ازت معمولا ناچیز است ولی در بعضی موارد نادر میزان آن به ۲۰ درصد نیز رسیده است. اگر چه درصد هیدروژن اتان و اتیلن معمولا ناچیز است ولی وجود این گازها به سبب قابلیت انفجار شدید و نقطه اشتعال پائین‌تر از متان حتی به مقدار اندک خطرناک است. از آنجایی که گاز متان قابل اشتعال و انفجار بوده و از نظر ایمنی در معادن زغال سنگ مشکلات و مسائلی را به وجود می‌آورد لذا در اینجا بطور مفصل‌تری راجع به آن بحث خواهد شد[۴].

۱-۴ خواص گاز متان

متان گازی است بی رنگ و بی بو که وزن مخصوص آن نسبت به هوا ۰/۵۴۴ می‌باشد این گاز به علت سبکی به طرف بالا حرکت می‌کند و به همین سبب اغلب در زیر سقف کارگاهها و بلندترین قسمت گالری‌ها و دیگر کارهای معدنی جمع می‌شود. متان اگر چه به تنهایی بویی ندارد ولی در بعضی معادن چون همراه ناخالصی‌هایی مانند هیدروکربورهای معطر ، هیدروژن سولفوره و انیدرید سولفوره متصاعد می‌شود. گازهای مذکور خاصیت بوی سیب را به متان میدهند. گاز متان سمی نبوده و از نظر تنفس مانند نیتروژن است یعنی مستقیما اثر سویی ندارد ولی چون جانشین اکسیژن هوا میشود و مقدار آنرا در هوا نتفسی کاهش میدهد ممکن است از این نظر پدیدار می شود. زمانی که هوا شامل ۴۳ درصد گاز متان باشد عیار اکسیژن به ۱۲ درصد می‌رسد و زمانی که هوا شامل ۵۷ درصد متان می‌شود تنها ۹ درصد اکسیژن درهوا وجود خواهد داشت که حد خطرناکی برای زندگی انسان است. مواردی نیز مشاهده گردیده که معدنکارارن در سینه کارها و کارگاههای بن بست و کارگاههای شیب‌دار بالارو و در معدن بر اثر خفگی با گاز متان جان سپرده‌اند.

۱-۵ طرز تشکیل و پیدایش گاز متان

مواد گیاهی در هنگام تجزیه شدن و تبدیل به انواع مختلف زغال سنگ مقداری گاز متان تولید می‌کنند قسمت عمده این گاز در لایه های زغالی محبوس شده و مقداری از آن نیز در سنگهای درون‌گیر لایه‌های زغال جمع می‌شود به همین دلیل است که هنگام حفر کارهای معدنی در سنگها اطراف زغال

بایستی هوای معدن را از لحاظ میزان گاز کنترل مداوم کرد. متان عموما به دو صورت در داخل لایه‌های زغال محبوس می‌شود : قسمتی از آن خلل و فرج و شکافهای موجود در لایـه‌های زغـال را پـر کـرده و بخش دیگر بصورت سطحی به توده زغال چسبیده و به اصلاح جذب سطحی می‌شود میزان گـازی کـه بصورت جذب سطحی در زغال باقی مانده معمولا بیشتر از حالت اول است مقدار گاز موجود در لایه‌های زغال علاوه بر جنس و سن زمین شناسی به مشخصات سنگهای پوشاننده نیز بستگی دارد. اگر گازهای تشکیل شده در دوره تورب زایی بقایای نباتی هنگام تجزیه فرضا با لایه‌ای مثل ماسه سیلت یا انواع دیگر پوشیده شوند گازهای حاصله در همان مکان تشکیل در میان بقایای گیاهی جامد یا سنگهای اطراف باقی می‌مانند. گاز متان به جز معادن زغال سخت آنتراسیت و زغال قهوه‌ای در معادن سنگ نمک و بخصوص پتاس ، استرونتیانیت ، گوگرد ، معادن روباز خاک رس و بعضی از کانهای آهن و سرب یافت می‌شود[۴].

۱-۶ چگونگی تصاعد گاز متان

بطور کلی از منابع اصلی گاز متان در زیر زمین یعنی رگه زغال یا سنگهای مجاور به سه طریق مختلف گاز متصاعد می‌شود :

الف : طریقه معمولی : در این طریقه هم چنانکه زغال استخراج و حمل می‌شود ، مقداری از گازهای موجود در خلل و فرج و گازهای سطحی آن آزاد گردیده به هوای معدن می‌پیوندد تصاعد گاز بسیار آرام و تقریبا بدون هر گونه صدایی صورت می‌گیرد. مدت انتشار گاز نیز طولانی است.

ب: طریقه وزشی : در برخی مواقع مقداری گاز در حفره یا شکافی متراکم می‌شود که در اثر یـافتن راهی به بیرون با فشار زیاد و صدای فش فش مخصوص خارج می‌شود هرگاه این عمل در زیر آب صورت بگیرد توأم با صدای غلغل شدیدی خواهد بود که در محیط ساکت معدن از فواصل دور قابل شنیدن است

این طریقه تصاعد گاز غالباً در محلهایی صورت می‌گیرد که چین خوردگی یا گسلی در آنها وجود داشته باشد و از نظر مدت دوام پدیده و حجم گاز نیز معمولا تفاوتهایی ملاحظه می شود مثلا گازدهی تعدادی از آنها تنها چند ساعت برخی چند روز یا چند ماه و بعضی دیگر چند سال یا حتی دهها سال بطول می‌انجامد حجم گاز خروجی نیز از چند متر مکعب تا چندین هزار متر مکعب در روز تغییر میکند. اما قاعدتاً راندمان تصاعد گاز در ابتدا حداکثر بوده و سپس به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود تا زمانی که بکلی از گاز تخلیه گردد[۳].

جریان و گذر گاز به ابعاد مجرا و فشار داخلی منبع بستگی دارد که هر چه ابعاد گذرگاه بزرگتر باشد تخلیه سریع‌تر صورت می‌گیرد فشار گاز در ابتدای تصاعد به چندین آتمسفر می تواند برسد و با توجه به اینکه نوع گازی که از این طریق در معدن پراکنده می‌شود تقریبا همیشه متان خالص است گاهی اوقات برای مقاصد علمی یا استفاده از روشنایی و حرارت آن را به بیرون معدن هدایت می‌کنند و این کار البته در شرایطی ممکن است که ذخیره گاز منبع زیاد و تصاعد آن طویل المدت باشد. در یکی از معادن زغال سنگ بریتانیا گاز متان موجود در یکی از منابع که به سطح زمین هدایت شده بود مدت ۹ سال با روشنایی خیره کننده‌ای می‌سوخت بطوری که شعله آن از فاصله ۱۵ کیلومتری دیده می‌شد همچنین د حوالی سال ۱۸۴۰ در یکی از معادن زغال سنگ اسکاتلند با انتقال گاز از یک منبع عظیم به بیرون مدت ۲۰ سال گاز انتشار می‌یافت. در حال حاضر در معادن دنیا روزانه میلیونها متر مکعب گاز متصاعد می‌شود که درپاره‌ای موارد به مصرف ایمنی سوخت و انرژی نیز می‌رسد برخورد ناگهانی منابع گاز با کارهای معدنی در حال حفر از لحاظ ایمنی بسیار خطرناک است زیرا می‌تواند هوای تمام محیط معدن را سریعا خفقان آور و انفجار آمیز کند لذا طبق مقررات حفاظتی بعضی از ممالک حفر گمانهٔای اکتشافی پیشرو و استفاده از شیرهای ضد فوران در رگه‌های در حال استخراج چنین معادنی الزامی است. شیرهای مذکور این امکان را فراهم می‌آورد که در موقع برخورد ناگهانی با منبع گاز چال یا گمانه مسدود شود اگر در

حین حفر گمانه‌ها احتیاط‌های بیشتری لازم باشد میتوان از وسایل حفاری قابل کنترل از راه دور استفاده کرد بطوریکه نیاز به حضور مستقیم افراد در جبهه‌های حفاری نباشد. هنگام مواجه شدن با محلهای خروج گاز می توان به یکی از سه طریق زیر عمل کرد :

الف : شکافی را که گاز از آن متصاعد می‌شود مسدود ساخت.

ب : گاز را توسط لوله و از نزدیکترین راه به بیرون معدن هدایت نمود که در این صورت کار کردن در گالریهای برگشت هوا ممنوع خواهد بود مگر آنکه تهویه تقویت شود.

ج: اگر محل خروج گاز چندان بزرگ نباشد می توان به آن اجازه داد که بطور طبیعی گاز خود را از دست بدهد بشرط آنکه بطور همزمان عملیات هوارسانی تقویت شود[۴].

ج: طریقه تصاعد ناگهانی – در این طریقه به فاصله زمانی بسیار کوتاهی که معمولا از یک دقیقه تجاوز نمی‌کند مقدار زیادی گاز متان یا انیدرید کربنیک ، و یا مخلوطی از آنها به طور ناگهانی با فشار زیادی فوران می‌کند و همراه با خود حجم قابل ملاحظه‌ای سنگ یا زغال سنگ استخراج نشده را با شدت تمام به طرف فضای خالی کارگاه پرتاب می‌نماید [۳] که در نتیجه ممکن است سبب تلفات جانی و خسارات دیگر شود. از جمله مواردی مشاهده گردیده که در حدود ۱۳۰۰ تن زغال همراه با ۴۰۰ هزار متر مکعب گاز متان بطور ناگهانی از جبهه کار فوران نموده است. پدیده تصاعد ناگهانی هنگامیکه گاز از جنس انیدرید کربنیک باشد با شدت بیشتری رخ می‌دهد مثلا ۵۰۰۰ تن زغال سنگ ریزش می‌کند و همراه با آن ۱۰۰۰۰۰ متر مکعب گاز دی اکسید کربن خارج می‌شود. نسبت گاز خروجی به وزن سنگهای پرتاب شده عموما از ۲۰ تا ۳۰ برابر تغییر می‌کند.

علاوه بر فشار زمین و گاز عوامل دیگری مثل : استرکتور رگه ، خواص زغال سنگ ، زاویه شیب و ضخامت رگه نیز هر یک به سهم خود در ایجاد و تکامل پدیده تصاعد ناگهانی مؤثر واقع می‌شوند.

آثار و علائم وقوع تصاعد ناگهانی : این موضوع که به توان قبل از وقوع پدیده تصاعد ناگهانی از طریق نشانه‌ها و علائمی خط را پیش بینی نمود از لحاظ ایمنی و حفاظت فوق العاده ارزشمند خواهد بود متأسفانه باید اعتراف نمود که هیچگونه نشانه‌ای که معلوم نماید یک رگه مستعد تصاعد ناگهانی می باشد وجود ندارد. ولی تصور می‌شود که در چنین رگه‌هایی میزان اولیه انتشار گاز و فشار آن زیاد و عیار مواد فرار کم بوده و نیز لایه‌های مذکور دارای ساختمان بسیار پیچیده‌ای می باشند. در هر حال علائمی جهت برقراری شرایط مطمئن محیط کار مشخص گردیده که به دو گروه تقسیم می‌شوند :

الف - علائم پیشرو : علائمی هستند که نشان میدهند تصاعد ناگهانی می‌تواند رخ بدهد و عبارتند از : تغییر ضخامت ، ساختمان یا استحکام زغال سنگ (عموما یک کاهش) افزایش مقدار انتشار گاز ، صداهای خرد شدن لایه زغال ، گیر کردن مته هنگام حفر چالها و غیره.

ب- علائم اخطاری فوری : که به فاصله زمانی اندکی قبل از وقوع تصاعد ناگهانی تشخیص داده می‌شوند و عبارتند از : ضربه ، تکان و آماس زغال سنگ ، صداهایی شبیه غرش یا رعد ، پرتاب شدن تکه‌های ریز زغل و فشار هجومی رگه زغال سنگ به جلو . معمولا به علت اینکه فاصله زمانی بین علائم فوق الذکر خیلی کم است در نتیجه ترک کردن کارگاه در موقع مناسب امکان پذیر نبوده و به کمک آنها نمیتوان پیشگیری‌های ایمنی را به عمل آورد ولی اخیرا از وسایل مختلفی برای تشخیص سریع احتمال وقوع فوران ناگهانی گاز و زغال سنگ به داخل جبهه استفاده می‌شودند که دستگاههای لرزه‌نگار و لرزه سنج از جمله آنها می باشند[۴].

۱-۷ اشتعال و انفجار گاز متان

متان گازی قابل اشتعال بوده و با هوا مخلوط انفجار آمیزی را تشکیل میدهد. این گاز به هنگام سوختن و یا انفجار با اکسیژن هوا ترکیب شده دی اکسید کربن و بخار آب تولید میکند.

هنگامی که مقدار متان به ۹ درصد برسد واکنش فوق بطور کامل انجام می‌شود و فعل و انفعال به ۲۲۰۰ درجه حرارت و ۹ آتمسفر فشار منجر می‌گردد مهمترین خصوصیت متان آن است که هنگام مجاورت و تماس با شعله یا هر منبع داغ دیگر بلافاصله مشتعل نمی‌گردد ، بلکه بر حسب درجه حرارت دارای تأخیری موسوم به تأخیر در اشتعال است که مقدار آن بشرح زیر می‌باشد :

جدول ۱-۲ درجه حرارت و تاخیر در اشتعال

درجه حرارت	تأخیر در اشتعال
۱۰۰۰ درجه	۱ ثانیه
۶۵۰ درجه	۱۰ ثانیه
۶۰۰ درجه	چند ثانیه
۵۰۰ درجه	چند ساعت

خاصیت تأخیر در اشتعال اگر چه در درجه حرارت‌های زیاد اهمیت چندانی ندارد ولی برای انجام آتشباری مطمئن در معادن گازدار فوق العاده مهم است. زیرا هنگام ترکش ماده منفجر دوام شعله می‌تواند تاکسری از هزارم ثانیه تقلیل یابد که در نتیجه مخلوط متان و هوا در چنین شرایطی مشتعل نخواهد شد. وجود هیدروژن به مقدار ۳۰ درصد در هوای معدن سبب خواهد شد که مدت تأخیر در اشتعال گاز متان کاملا از بین برود.

۱-۸ عوامل مشتعل کننده گاز متان

در صورتی که غلظت گاز متان درهوای معدن از مقدار معینی تجاوز کند و به حد قابل انفجاری برسد ایجاد هر گونه شعله یا جرقه می‌تواند به اشتعال و انفجار گاز مذکور منجر شود بنابر این بایستی از ایجاد هر نوع جرقه یا شعله درداخل معدن جلوگیری نمود و تا سرحد امکان به رعایت مقررات ایمنی مربوط تأکید و توجه شود. مهمترین عوامل مشتعل کننده گاز متان به شرح زیر است [۳]:

الف : ایجاد شعله در اثر کبریت زدن یا سیگار کشیدن – این موضوع تا آنجا اهمیت دارد که عامل تعداد زیادی از انفجارها درمعادن بوده است به همین لحاظ قبل از ورود افراد به داخل معدن لازم است از نظر همراه داشتن کبریت . فندک و سیگار مورد بازرسی قرار گیرند.

ب – چراغ اطمینان شعله‌ای – هرگاه چراغ اطمینان شعله‌ای در معرض جریان شدید هوا قرار گیرد شعله آن با توری مماس می‌شود که آنرا به حرارت قرمز می‌رساند وهمین منبع داغ می‌تواند سبب اشتعال گاز متان شود بنابر این 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 نمایند.

ج- 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 نماید.

د- ماشین‌های حفر زغال : در اثر کار این ماشین‌ها دندانه‌ها و تیغه‌های برش دهنده بخصوص هنگام برخورد با سنگها و ناخالصی‌های سخت مثل پیریت و نیز قلوه سنگها داغ می‌شود یا تولید جرقه می‌کند که می‌تواند گاز متان را مشتعل سازد.

ه – مواد منفجره معمولی و غیر مجاز : هر گونه عدم رعایت مقررات ایمنی در مورد مواد منفجره و آتشباری می‌تواند خطرات متعددی از جمله خطر اشتعال متان را سبب شود.

و – لکوموتیوهای دیزلی : هرگاه دودهای خروجی لکوموتیوهای دیزلی به طریقی خنک نشود می‌تواند گاز متان را مشتعل سازد.

ز – ابزارهای حفاری : مته پر فرراتورهای هنگام حفر چال در سنگهای سخت تولید جرقه‌های خطرناکی می نماید که در اثر آن گاز متان آتش می گیرد.

ح – اصطکاک فلزات : که پیدایش آنها در ماشین آلات برقی معیوب و غیر مجاز می‌تواند متان را مشتعل نماید.

ی – تخلیه الکترو استاتیکی : در اثر مالش هوای فشرده با شیلنگ یا انتقال موادی مانند خاک و ماسه از لوله‌ها توسط هوای فشرده به منظور خاکریزی یا بستن چال یا در موارد مشابه در اطراف لوله‌ها ایجاد الکتریسیته ساکن می‌شود که تخلیه آن سبب ایجاد خطر اشتعال متان می‌گردد. لذا بایستی این لوله‌ها حتما دارای اتصال زمین باشند[۴].

۱-۹ روش‌های پیشگیری از اشتعال گاز متان

با شرحی که در مورد عوامل مشتعل کننده گاز متان بیان گردید این نیتجه حاصل می‌شود که برای جلوگیری از وقوع اشتعال و انفجار 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 نمود و در ضمن اقداماتی نیز به شرح زیر معمول داشت[۳] :

۱- استفاده از چراغ‌های بدون حفاظ ، کبریت ، فندگ و نیز استعمال دخانیات ممنوع اعلام گردد.

۲- برای روشنائی انفرادی از چراغ‌های باطری دار استفاده شود و کیفیت هوا مرتبا با دستگاه‌ها و چراغ‌های مخصوص کنترل گردد.

۳- تعداد دفعات آتشباری به حداقل ممکن کاهش یابد و روش حفر زغال با وسایل هیدرولیک جایگزین آن گردد و برای شکافتن سقف گالری‌ها از چکش های بادی سنگین استفاده شود.

۴- مواد زیر در هنگام آتشباری حتما رعایت شود :

الف : فقط مواد منفجره و وسایل ایمنی مجاز یکار گرفته شود.

ب: از چاشنی‌های الکتریکی فوری یا کم تأخیر استفاده شود که زمانی تأخیر آنها مطابق استاندارد حفاظتی باشد.

ج : چالها دقیقا و بطور کامل مسدود شوند و مواد پرکننده از مواد غیر قابل سوختن ، خرد شونده یا پلاستیک مانند سنگ ، گردو خاک ، ماسه یا خاک رس تهیه شود و کمتر از طول چال فضای کمتری را اشتغال نکند. هیچ فشنگی نباید در خارج از چالهای مسدود شده منفجر شود و هیچ چالی نباید از ۶۵ سانتی‌متر کوتاه‌تر باشد و همواره مواد پر کننده ۵۰ سانتی متر طول چال را مسدود کند. آتشباری تنها

هنگامی مجاز است که عیار گاز متان تا ۲۰ متری سینه کار استخراجی کمتر از یک درصد بوده و چنانچه گرد زغال نیز در فاصله مذکور موجود باشد بایستی به خاک پاشی آن نیز اقدام کرد.

د – در صورت استفاده از برق رعایت کلیه نکات ایمنی ضرورت کامل دارد و کاربرد وسایل الکتریکی ضد انفجاری الزامی است. هرگاه مقدار زیادی گاز متان منتشر شود لوازم و دستگاههای هوای فشرده جانشین ابزارها وآلات برقی می‌گردند و در صورت لزوم با انجام عملیات گاززدایی و انتقال متان به خارج معدن شرایط ایمنی بهتری فراهم می‌آید.

۱-۱۰ طریقه تشخیص و اندازه گیری مقدار گاز متان

برای بی خطر کردن هوای معدن از نظر وجود گاز متان ، غلظت این گاز بایدحدود نیم درصد باشد بنابر این لازماست که مرتبأ کیفیت هوا توسط وسایل مخصوص کنترل شود. روش های سنتی مثل استفاده از چرداغ اطمینان فیتیله ای، گاز سنج های مقاومتی و ... امروزه و با پیشرفت تکنولوژی کاربرد کمتری پیدا کرده است.

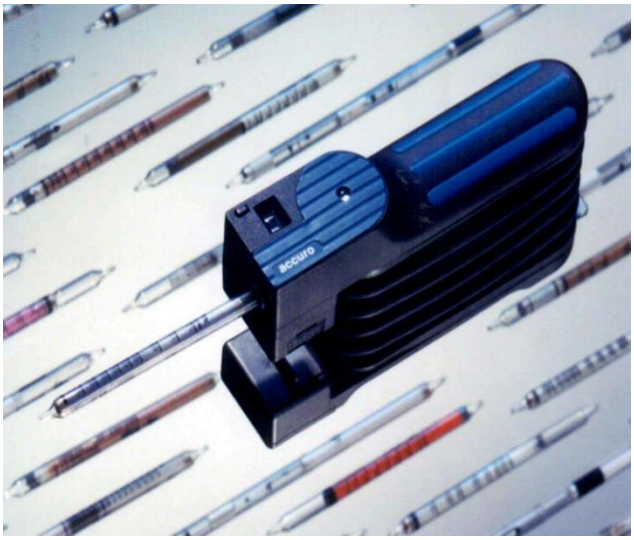
روش های جدید که اخیرا مورد استفاده قرار گرفته است، می توان به استفاده از لوله های آشکار ساز، استفاده از دستگاه های دیجیتالی و نیمه دیجیتالی و استفاده از ربات های معدنی برای اندازه گیری و کنترل گاز در معادن زغالسنگ اشاره کرد.

در ادامه به ذکر توضیحاتی برای موارد فوق پرداخته شده است.

۱-۱۰-۱ لوله آشکار ساز

این وسیله شامل پمپ دستی برای نمونه برداری از هوای داخل معدن و همچنین لوله ای شیشه ای که برای هر گازی مجزا می باشد، است. با عبور هوای نمونه برداری شده از داخل پمپ دستی بـه درون لوله شیشه ای، تغییر رنگی در لوله مشاهده می شود که مقدار غلظت گاز را نشان می دهد[۵].

شکل ۱-۱ لوله آشکار ساز



شکل ۱-۲ پمپ دستی و لوله

شکل ۱-۳ طرز استفاده از لوله آشکارساز

۱-۱۰-۲ گاز سنج ها

بسته به شرکت سازنده آن ها این دست گاه ها می توانند دیجیتالی یا نیمه دیجیتالی باشند. همچنین می توانند مقدار یک گاز یا چندین گاز مختلف را اندازه گیری کنند.

شکل ۱-۴ گاز سنج

شکل ۱-۵ گاز سنج نیمه دیجیتالی

شکل ۱-۶ گازسنج دیجیتالی

۱-۱۰-۳ ربات

نوع ربات به مشخصات معدن مثل عمق، تعداد تونل، شیب و ... بستگی دارد. که می تواند با توجه به این مهم به انواع ریلی، چرخ دار، مارگون، زنجیری و ... تقسیم بندی شود.

ربات ها می توانند معمولی، نیمه هوشمند یا هوشمند باشند[۶].

در ربات معمولی کار های زیر انجام می شود :

۱. کنترل از راه دور
۲. اندازه گیری گاز در محل
۳. ذخیره اطلاعات
۴. نمایش اطلاعات

در ربات های نیمه هوشمند کارهای زیر انجام می شود :

۱. مسیر یابی به طور خود کار
۲. اندازه گیری گاز در محل
۳. ذخیره اطلاعات
۴. نمایش اطلاعات
۵. ارسال اطلاعات

در ربات های هوشمند کارهای زیر انجام می شود :

۱. مسیر یابی به طور خود کار
۲. اندازه گیری گاز در محل

۳. ذخیره اطلاعات

۴. نمایش اطلاعات

۵. ارسال اطلاعات

۶. کنترل گاز (کم کردن غلطت گاز موجود در محل)

اجزای اصلی ربات

فن هواکش برای نمونه برداری

کپسولی برای نگهداری و فشرده سازی

محفظه اندازه گیری گاز(سنسورهای حساس به ترکیب گازها)

فن برای خروج هوا

مزایای این روش

در صورت بروز خطرو حادثه، خطرات جانی ندارد

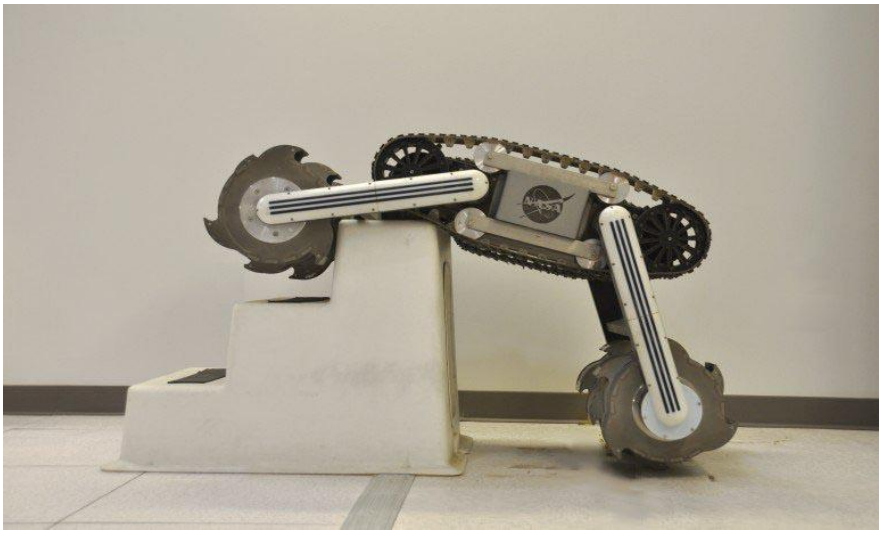
سهولت کار

کاهش زمان

کاهش هزینه نسبت به روش کاشت سنسور

نمونه ای از این ربات در شکل های ۱-۷ و ۱-۸ آمده است[۶].

شکل ۱-۷ ربات معدنی



شکل ۱-۸ ربات معدنی

۱-۱۱ گاز زدایی

در حال حاضر در معادن دنیا روزانه میلیونها متر مکعب گاز متصاعد می‌شود که درپاره‌ای موارد به مصرف ایمنی سوخت و انرژی نیز می‌رسد برخورد ناگهانی منابع گاز با کارهای معدنی در حال حفر از لحاظ ایمنی بسیار خطرناک است زیرا می‌تواند هوای تمام محیط معدن را سریعا خفقان آور و انفجار آمیز کند لذا طبق مقررات حفاظتی بعضی از ممالک حفر گمانه‌ای اکتشافی پیشرو و استفاده از شیرهای ضد فوران در رگه‌های در حال استخراج چنین معادنی الزامی است. شیرهای مذکور این امکان را فراهم می‌آورد که در موقع برخورد ناگهانی با منبع گاز چال یا گمانه مسدود شود اگر در حین حفر گمانه‌ها احتیاط‌های بیشتری لازم باشد میتوان از وسایل حفاری قابل کنترل از راه دور استفاده کرد بطوریکه نیاز به حضور مستقیم افراد در جبهه‌های حفاری نباشد. هنگام مواجه شدن با محلهای خروج گاز می توان به یکی از سه طریق زیر عمل کرد :

الف : شکافی را که گاز از آن متصاعد می‌شود مسدود ساخت.

ب : گاز را توسط لوله و از نزدیکترین راه به بیرون معدن هدایت نمود که در این صورت کار کردن در گالریهای برگشت هوا ممنوع خواهد بود مگر آنکه تهویه تقویت شود.

ج: اگر محل خروج گاز چندان بزرگ نباشد می توان به آن اجازه داد که بطور طبیعی گاز خود را از دست بدهد بشرط آنکه بطور همزمان عملیات هوارسانی تقویت شود.

نظر به اینکه همه روزه مقادیر فراوانی گاز متان در معادن زیر زمینی متصاعد می‌شود و عمل رقیق سازی و خارج کردن گاز مذکور از طریق تهویه مستلزم صرف هزینه‌های هنگفت و وجود تأسیسات بزرگ تهویه و غیره می باشد لذا برای تقلیل میزان انتشار گاز و تأمین حفاظت بیشتر از تکنیک خاصی موسوم به گاززدایی یا دگازاژ استفاده میگردد برای این منظور در سقف کارگاه و نزدیک به سینه کار

گمانه‌هایی حفر می‌شود و با قرار دادن لوله جداری در داخل آنها و اتصال لوله‌ها به یک لوله سراسری گاز متان به بیرون معدن هدایت می‌گردد. با توجه به اینکه در مسیر عبور گاز در لوله‌ها کماکان مقاومت‌هایی وجود دارد و از طرفی فشار گاز مرتباً افت پیدا می‌کند لذا نیروی محرکه گاز برای خـروج آن از لولـه‌ها کافی نیست بنابر این از یک تلمبه مکنده دورانی استفاده میشود که با ایجاد مکش در لوله‌ها امکان خروج و انتقال گاز را به بیرون معدن فراهم می‌کند. محل نصب این تلمبه‌ها معمولا در سطح زمین بـوده و در تلمله خانه‌های مربوطه مقررات ایمنی شدیدی به مورد اجرا در می‌آید از جمله تمام وسایل موجود در آنها از انواع ضد اشتعال انتخاب میشود.

غلظت گاز متان که سطح زمین انتقال می‌یابد بستگی کامل به کیپ بودن لوله‌ها در محـل سـیمان کاری شده گمانه ، طول گمانه و عدم وجود منفذ در لوله‌ها دارد. در صورت رعایت موارد مذکور می‌توان به غلظت ۸۰ درصد وحتی بیشتر از این گاز دسترسی یافت ولی چنانچه هوا از منافذ و درزها به داخـل لوله راه یابد غلظت گاز شدیداً کاسته می‌شود. جریان گاز در لوله‌ها هم متغیر بوده و می‌تواند از ۳-۰/۵ الی ۱۵-۱۰ متر مکعب در دقیقه در نوسان باشد. معمولا هر گمانه بیشتر از ۱۰-۶ ماه بازدهی ندارد لیکن این امر در موارد خاصی تا یکسان و حتی بیشتر نیز به طول انجامیده است. علاوه بر گاز زدایـی رگـه‌ها زغالی . گازهای موجود در لایه‌های مجاور یا گازهای قسمتهای متروکه را نیز بـا روش‌هـای مشـابهی بـه سطح زمین انتقال میدهند. برای افزایش میزان گازدهی رگه‌ها با انجام انفجارهایی در انتهای گمانـه‌ها و ایجاد حفراتی در آنجا می‌توان تا حدود ۳۰ درصد گاز بیشتری استخراج کرد. عمل گاززدایی مقدار انتشار گاز متان را در هوای معدن ۴۵-۳۰ درصد و در بعضی نواحی ۷۵-۶۰ درصد تنزل می‌دهد و از این لحاظ چنان اهمیتی کسب کرده که در بعضی از معادن گازدار بدون کاربرد این روش هرگز نمیتوان اقـدام بـه استخراج نمود. در حال حاضر نیز هر گاه میزان انتشار گاز از ۲۵-۲۰ متر مکعب در تن بیشتر شود زمان را برای شروع دگازاژ مناسب تشخیص می‌دهند[۴].

۱-۱۱-۱ مزایای عمل دگازاژ

عملیات دگازاژ یا گاززدایی در معدن بطور کلی دارای محاسن و مزایایی به شرح زیر می‌باشد :

۱- کاهش مقدار تصاعد گاز متان به داخل معدن که در نتیجه آن ایمنی و راندمان کارگاه‌ها به نحو چشمگیری بالا می‌رود.

۲- می توان سطح مقطع عرضی گالری‌های عبور هوا را کم کرد و به طول جبهه‌ها اضافه نمود و در ضمن تمام طول سینه کار را استخراج کرد که در نتیجه نیازی به تقسیم آن به دو نیم جبهه نباشد.

۳- افزایش محصول زغال سنگ و سرعت پیشروی جبهه های زغال به علت عدم اتلاف وقت و انرژی روی گازهای معدن.

۴- رفع محدودیت استفاده از ماشین آلات الکتریکی به علت عدم وجود مقدار زیادی گاز متان در هوای معدن.

۵- استفاده از مقدار زیادی گاز متان که دارای ارزش حرارتی زیادی می‌باشد در زمینه سوخت و روشنایی و نیز مصارف شیمیایی و تهیه هیدروژن.

۶- صرفه جویی در هزینه‌های مربوط به نیرو حفر گالری و غیره[۴].

۱-۱۲زهکشی و استخراج گاز متان از لایه های زغالسنگ

وجود گاز متان در معادن زغالسنگ یکی از بزرگترین تهدیدها در جهت معدنکاری ایمن میباشد.

به طور کلی زهکشی گاز متان در معدن زغالسنگ به دو صورت کلی زهکشی قبل از معدنکاری و زهکشی بعد از معدنکاری انجام میپذیرد[۷].

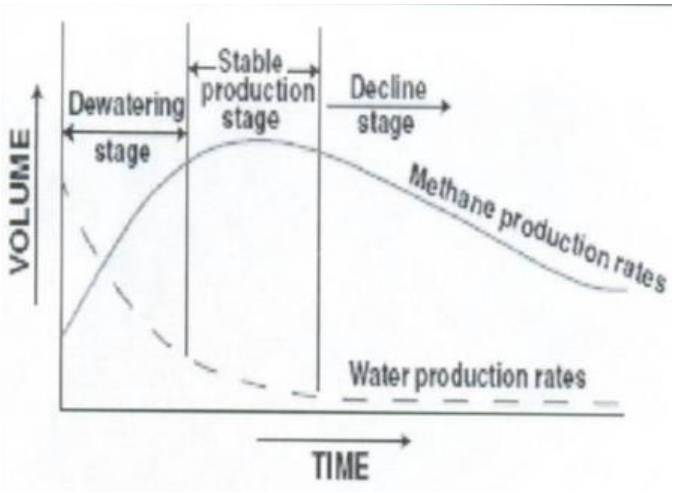
۱-۱۲-۱ زهکشی قبل از معدنکاری

اساس این روش انتقال متان قبل از عملیات معدن کاری در سینه کارهای معادن زغال سنگ است که این امر مستلزم نفوذ پذیری بالا و مناسب برای استخراج متان است .در این روش حفرگمانه از سطح لایه های بکر زغال سنگ صدورت میگیرد اما باید به این نکته توجه کرد که در صورتی کده نفوذپذیری لایههای زغال سنگ پایین باشد این روش تاثیرات مثبت کمتری را برجای خواهد گذاشت بنابراین افزایش نفوذپذیری لایههای زغالسنگ یکی از مسائل پیش رو خواهد بود.

راههایی برای افزایش نفوذ پذیری لایه های زغال

الف)آب شکست

آب مانع جاری شدن گاز می شود، برای برداشت آب از لایه های زغال از پمپ استفاده می شود .شکل ۱وابستگی میزان تولیدات متان را با تولیدات آب در معادن زغال سنگ نشان می دهد .در آب شکست مخلوطی از آب و ماسه را با فشار بالا در لایه های زغال به واسطه حفرگمانه تزریق می کنند . آنها لایه های جدید را تولیدد مدی کنندد، این لایه ها را گسترش می دهند در نتیجه شکستگی های عریضی ایجادمی کنند و همچنین درزهای زغال را برای تولید متان تحریک می کنند.



شکل ۱-۹ وابستگی میزان تولیدات متان با تولیدات آب

ب) جریان هوا

در این روش با یک انفجار بزرگ گودال عمیقی که با ایجاد صدا همراه است ایجاد می شـدود. ایـن انفجار شکستگی های جدید را گسترش می دهد، و در لایه های عمیق استفاده می شدود. بـه دلیـدل ایمنی کم و خطر پذیر بودن این روش دارای شرایط کاری سدخت می باشد.

ج) و اکنشهای شیمیایی

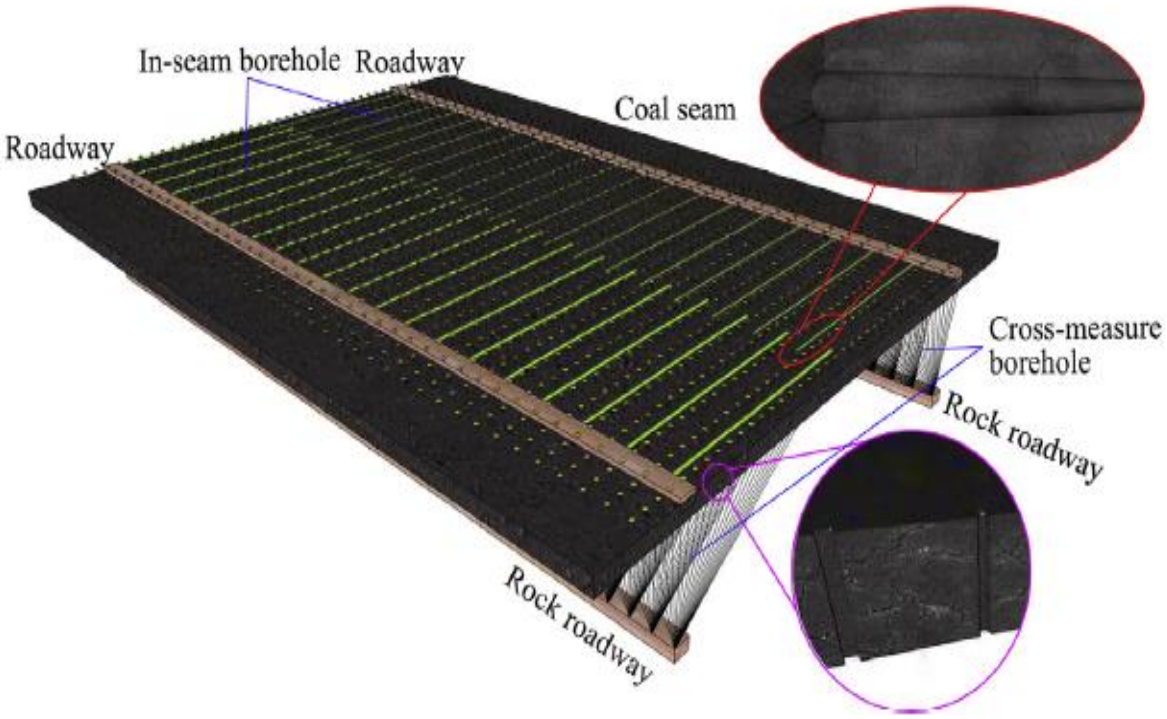
هیدرو کلریک اسید ضعیف می تواند در درزهای زغال تزریق شود، با کانی های حاضر واکنش دهد و با انحلال آنها نفوذپذیری لایه ها را افزایش دهد.

د) تکنیک های خلأ

در این تکنیک پمپ های خاصی طراحی می شود و در گمانه ها نصب می شود. فشار آب بیرونی اجازه خروج متان را به بیرون نمی دهد ولی پمپ این کار را ان جام می دهد[۷].

حفر گمانه درون لایه های افقی:

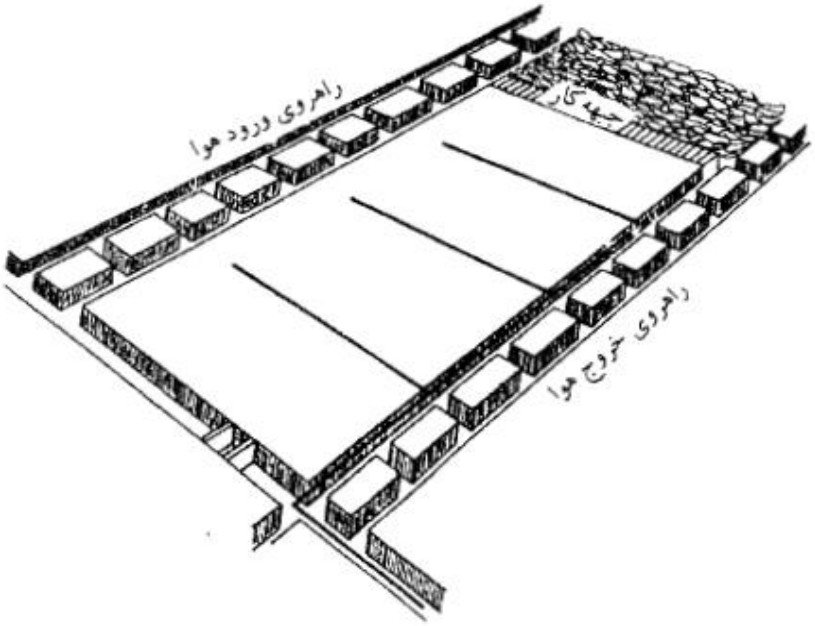
این روش بویژه در روش جبهه کار بلند نتیجه بسیار مطلوبی دارد و به روش استخراج و محیط معدن وابسته است .بسته بده محددودیت-های محیطی در زیر زمین گمانه ها ۱۲ ماه یا کمتر از ۲ سال قبل از استخراج حفر می شوند.



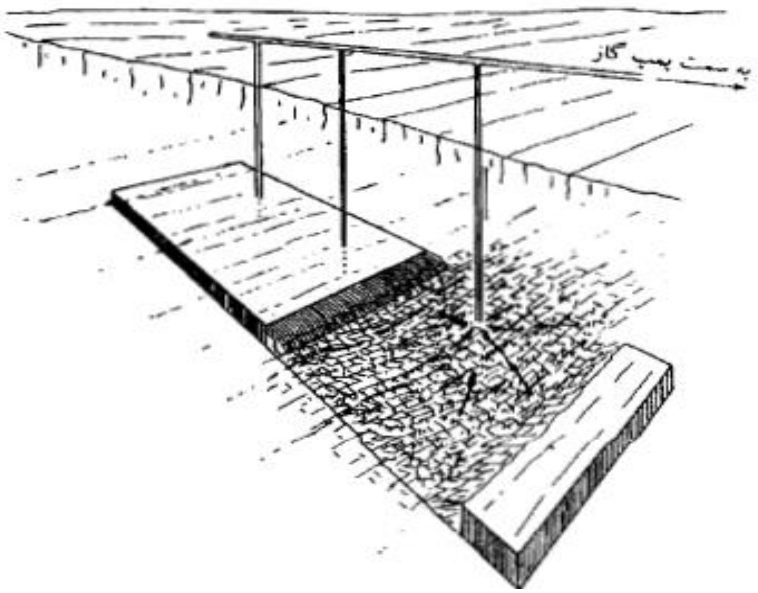
شکل ۱-۱۰ حفر گمانه های افقی

۱-۱۲-۲ زهکشی بعد از عملیات معدن کاری

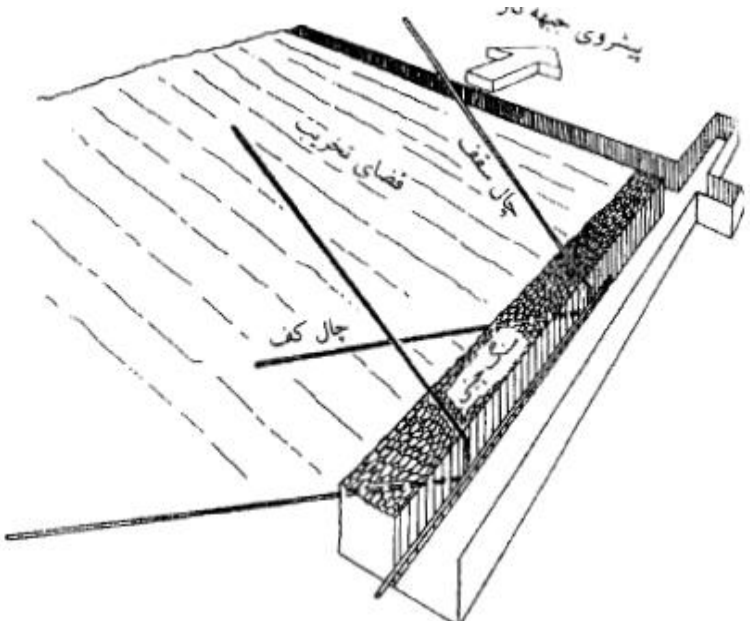
این روش می تواند بعد از عملیات معدن کاری یا در حین عملیات صورت گیرد. این روش می تواند به صورت حفر گمانه های افقی یا عمودی یا مایل نیز انجام شود. نکته ای که باید به آن توجه کرد این است که حفر گمانه های عمودی فقط در مناطق تخریب شده کاربرد دارد(قوام آبادی، موسوی نسب. دگازاژ)(شکل ۱-۱۱).



شکل ۱-۱۱ حفر گمانه های افقی



شکل ۱-۱۲ گمانه های عمودی



شکل ۱- ۱۳ گمانه های مایل

فصل دوم

گرد زغال

۲-۱ مقدمه

در نتیجه کار ابزارها و ماشین‌های حفاری در رگه‌های زغال سنگ مقدار زیادی گرد زغال تولید می‌شود که در اتمسفر کارگاهها و مسیرهای عبور هوا پراکنده می گردد. ذرات گرد حاصله از توجه به ابعاد و وزن خود تا مدتی در هوا معلق بوده و سپس به طور تدریجی در کف و دیواره و قسمتهایی از سقف نشست می‌کند مقدار گرد زغال در معدن به نوع وسایل و روش استخراج زغال سنگ بستگی دارد مثلا هنگام استفاده از ماشینهای زغال بر و رنده و همچنین آتشباری داخل لایه مقدار بسیار زیادی گرد زغال تولید میشود و آزمایش ها نشان می‌دهند که در اثر آتشباری ۱۰ متر مکعب زغال با وزن ۱۲ تن حدود ۱۲۰۰ کیلوگرم گرد زغال تولید گردیده یعنی ۱۰ درصد زغال درهنگام انفجار به گرد تبدیل شده است. ذرات ریز حاصله تا مدت‌ها در فضای گالری‌ها معلق مانده وبا جریان هوای معدن به مسافت‌های دورتر انتقال می‌یابد ولی ذرات درشت‌تر تقریبا در نزدیکی‌های محل تشکیل خود بر دیوارها و کف کارگاه فرود می‌آید.

در معادن زغال ذرات ریز زغال به صورت گرد و غبار در فضای معدن چراکنده می شوند و در صورتی که شعله ای تولید شود، این گردها ابتدا مشتعل و در مرحله بعد، انفجار های خطرناکی را سبب می شود که معمولا از انفجار گاز زغال خطرناک تر است.

موج ناشی از انفجار گرد زغال نیز فوق العاده قوی است و در بسیاری از موارد، این موج انفجاری باعث کنده شدن لوازم نگهداری، درهای تهویه و وسایل نظیر آن می شود.

هنگام حفر لایه های زغال و استخراج آنها، مقدار زیادی گرد زغال تولید و در فضای معدن پراکنده می شودو البته اگر از ماشین های زغال بر ورنده استفاده شود تولید گرد زغال به مراتب بیشتر است[۴].

جدول ۲-۱ عیار مجاز گرد و غبار

نوع گرد و غبار	عیار مجاز (میلی گرم در متر مکعب)
گرد و غبار حاوی بیش از ۷۰٪ سیلیس	۱
گرد و غبار حاوی ۱۰٪ تا ۷۰٪ سیلیس	۲
گرد زغال حاوی بیش از ۱۰٪ سیلیس	۲
گرد زغال حاوی کمتر از ۱۰٪ سیلیس	۴
گرد زغال بدون سیلیس	۱۰

گرد زغال از دو نظر حائز اهمیت است

۱. خاصیت اشتعال پذیری و انفجار
۲. تاثیر سو برسلامتی

۲-۲ تفاوتهای گاز متان و گرد زغال

گرد زغال سنگ و گاز متان در موارد متعدد دارای تفاوتهایی می باشند که در اینجا به ذکر چند نمونه آن می‌پردازیم :

۱- گرد زغال معلق در هوا همیشه مقداری از گرد مورد نیاز جهت انفجار می‌باشد زیرا قسمت عمده آن پس از مدتی در کف و دیوارهای معدن رسوب می‌کند و حال آنکه گاز متان همراه به صورت مخلوط با هوا باقی می‌ماند.

۲- گاز متان در مقادیری که به مراتب کمتر از حد انفجار پـذیری آن می‌باشـد کشـف و انـدازه آن تعیین می‌شود اما مقدار خطرناک گرد زغال در هوای معدن و ضخامت قشر گرد رسوب کرده روی کف و دیوارۀ کارگاه ها اغلب توجه را بر نمی‌انگیزد.

۳- هر چند که درجه آتشگیر و انفجار پذیری گرد زغال با توجه به عواملی مانند ریزی ذرات مقدار موار فرار آتشگیر ، مقدار خاکستر و غیره نوسان می‌کند اما بعضی از گردهای زغال عملا غیر قابل اشتعال هستند (آنتراسیت با ۹۵٪ کربن) ولی قابلیت اشتعال و انفجار عموم آنها کمتر از متان نیست.

۴- یک توده گرد زغال ابر مانند می تواند در اثر شارژ و تخلیه الکتریکی خود به خود مشتعل شود در حالیکه متان نمی‌تواند حامل الکتریسیته ساکن گردد.

۵- در اثر انفجار متان تقریبا همیشه گاز دی اکسید کربن به وجود می‌آید ولی به دنبال انفجار گرد زغال همواره مقدار زیادی گاز منوکسید کربن تولید می‌شود[۴].

۲-۳ عوامل مؤثر در انفجار پذیری

در پدیده انفجار گرد زغال عوامل متعددی اثر می‌گذارد که می‌توان آنها را به ۶ گروه زیر تقسیم نمود :

۱- ابعاد ذرات گرد

۲- ترکیب گرد مقدار مواد فرار قابل احتراق ، خاکستر و رطوبت

۳- مقدار گرد نشست کرده در کف و دیواره کارگاه‌ها

۴- وجود گاز متان در محیط

۵- نوع و قدرت منبع اشتعال

۶- اثرات جانبی مختلف

با توجه به اهمیت موارد فوق الذکر در اینجا به شرح مختصری راجع به آنها می‌پردازیم :

ابعاد ذرات گرد : در حال حاضر تصور می رود که گرد زغال که در انفجارها شرکت می‌جوید بیشتر شامل ذراتی به ابعاد ۰/۷۵ تا یک میلی متر می باشد و از این لحاظ بطور کلی می‌توان گفت خطر انفجار ذراتی بیشتر است که ابعادی کمتر از ۰/۱ میلی متر دارند.

آزمایش ها نشان میدهد که انفجار با گرد زغالی امکان پذیر است که شامل ذرات کوچکتر از یا میلی متر بوده و آنقدر نرم باشد که هرگاه ازلابلای انگشتان دست عبور کند دانه‌های آن احساس نگردیده در ضمن یک لایه نازک آن برای حس لامسه همچون مخمل نرم باشد هر قد نسبت این ذرات در گرد زغال بیشتر باشد خطر انفجار زیادتر می‌شود و بالعکس.قابل توجه است گردهایی که ذرات آنها کوچکتر از ۱۰ میکرون می‌باشد به علل زیر قابلیت انفجار کمتری دارند :

الف : ذرات با ابعاد کمتر از ۱۰ میکرون به ذراتی با ترکیب شیمیایی جدید تجزیه می‌شوند.

ب : ذرات خیلی ریز دلمه شده و تشکیل تکه‌ها و دانه‌های بزرگی را میدهند.

ج: ذرات خیلی ریز سریعاً اکسیده شده و در نتیجه قابلیت اشتعال آنها کاهش می‌یابد

ترکیب گرد زغال :انفجارپذیری گرد زغال مستقیما به میزان مواد فرار آن بستگی دارد و تجارب متعدد آزمایشگاهای و کارگاهی نشان میدهد که گرد زغال‌هایی که مقدار مواد فرار آنها از ۱۰ درصد کمتر است (مثل زغال لاغر و آنتراسیت) عملا نمی‌توانند قابل انفجارمحسوب شوند در حالی که اگر مقدار موار فرار به ۱۵-۱۰ درصد برسد قابلیت انفجار کم و در مقادیر بالای ۱۵ درصد به سرعت افزایش

می یابد. در مورد خاکستر و رطوبت زغال لازم به تذکر است هر چه غبار خاکستر و مقـدار رطوبـت در ترکیب زغال بیشتر باشد قابلیت انفجار گرد زغال کمتر خواهد بود.

مقدار گرد زغال : در صورت وجود گرد زغال در محیط و فضای کارگاه‌هـا انفجـار در شـرایطی انجام میشود که مقدار گرد در هوا از حد معینی کمتر نباشد چنانچه در آتمسفر معدن بیش از ۴۰ گرم در متر مکعب گرد زغال وجود داشته باشد خطر انفجار به وجود می‌آیـد. هرگـاه ۷۵ درصـد ذرات گـرد کوچکتر از ۷۵ میکرون باشند قابلیت اشتعال گرد زغال زمانی به حداکثر خود خواهد رسید که مقدار آن ۱۱۰ تا ۱۲۰ گرم در هر متر مکعب هوا باشد. در مورد بعضی از انواع زغالها حـداقل مقـدار گـردی کـه می‌تواند منجر به انفجار شود ۱۰ گرم و حداکثر ۳-۲ هزار گرم در متر مکعب هوا می‌باشد و مقادیر بیشتر از آن موجبات خاموش شدن خود به خود شعله انفجار را فراهم خواهد آورد.

وجود گاز متان درهوا : وجود مقدار نسبتاً کمی گاز متان مثلا ۲-۱ درصد در هوای معدن خطر انفجار گرد زغال را به میزان چشمگیری بالا می برد اگر گرد زغال در آتمسفر بدون گاز متان با غلظت ۴۰ گرم در متر مکعب مشتعل شود اضافه شدن ۲ درصد گاز متان سبب اشتعال آن در غلظت ۱۶ گـرم در متر مکعب خودهد گردید[۳].

نوع و قدرت منبع اشتعال : برای اینکه انفجار گرد زغال صورت پذیرد وجود یک منبع اشتعال با دمای حدود ۸۰۰-۷۵۰ درجه سانیتگراد ضرورت دارد. نوع و قدرت منبع مشتعل کننده نیز از لحاظ این که بتواند گرد زغال را در هوا پراکنده ساز قابل اهمیت است و در این رابطه مسیر برخورد شعله با محل تراکم زغال از حیث مستقیم یا غیر مستقیم بودن می‌تواند حائز اهمیت باشد.

اثرات جانبی مختلف : در صورت نشستن گرد زغال در روی کف و دیوارها و اطراف کارگاه خط انفجار به کمترین حد ممکن می‌رسد و به عکس چنانچه در روی سقف و کلاهک‌های چوبی قرار گیـرد

خطرناک ترین شرایط انفجار به وجود خواهد آمد. بر طبق بضی تجارب حاصله معلوم گردیده که مقـدار خاک لازم جهت خاک پاشی و جلوگیری از انفجار گرد زغال هنگامی که غبارات آن روی کف و دیوارهها نشسته حدود ۱۵-۱۰ درصد کمتر از موقعی است که گرد روی کلاهکهای چوتبی رسوب کرده باشد. از جمله دیگر عواملی که در این رابطه مؤثر است می‌توان به جنس سنگهای دیواره و میزان رطوبت محیط اشاره کرد[۴].

۲-۴ چگونگی انفجار گرد زغال

دمای ذرات گرد زغال در اثر پیدایش یک منبع حرارتی در معدن بالا میرود و سبب آزاد شدن گازهای موجود در آن از جمله متان ، هیدروژن و بعضـی از هیـدروکربن هـا می‌شـود کـه در مجمـوع مخلـوط انفجارآمیزی را با هوا تشکیل می‌دهند در نتیجه حرارت حاصل از انفجار ذرات گرد زغال گازهای خود را متصاعد می کنند. از طرف دیگر موج انفجار اولیه هوا را به تلاطم خواهد انداخت و ذرات گرد در هـوای کارگاه مجدداً پراکنده شده و مجدداً شرایط مساعدی برای انفجار فراهم خوداهـد گردیـد و ایـن عمـل همچنان ادامه خواهد یافت. بنابر این ملاحظه‌می‌شود برای این که انفجار گر زغال در کارگاهها زیر زمینی منتشر شود وجود مقداری از این گرد به صورت معلق در هوای معدن لازم است ضمن این که گاز متان نیز بعضی مواقع به این کار کمک می‌کند انفجار گرد زغال در صورتی که در اطراف محل خود عـاری از ذرارت معلق گرد باشد تقریبا منتشر نخواهد شد هر چند که در بسیاری از مواقع در اثر انفجار اولیه یک موج فشار قوی هوا را در داخل معدن به سرعت به سمت جلو حرکت داده و ذرات گرد زغال موجود در کف و دیواره کارگاه را در هوا پراکنده می‌کند که خود عامل ادامه انفجار است[۳].

۲-۵ جلوگیری از تولید گرد زغال و تراکم آن در معدن

مسئله پیشگیری از تولید گرد زغال از دو نظر بایستی مورد توجه قرار گیرد. یکی از لحاظ ایمنی و دیگری از جنبه بهداشتی. بطور کلی برای اینکه تولید گرد زغال در معدن به حداقل ممکن کاهش یابد به روش‌های زیر عمل می‌شود :

۱- تزریق آب : با حفر تعدادی چال در داخل رگه زغال سنگ و تزریق آب با فشاری حدود ۱۰-۵ آتمسفر و حتی بیشتر میزان تولید گرد زغال به مقدار زیادی کاهش خواهد یافت ولی باید یاد آور شد که این روش تنها هنگامی مؤثر واقع می‌شود که جنس زغال از نوعی باشد که آب را به خود بگیرد زیرا در انواعی از زغال سنگ که اصطلاحاً هیدروفوبیک نامیده می‌شودند زغال آب را جذب نکرده و آن را دفع می‌کند که در این صورت افزودن ۱/۵-۱ درصد ماده مخصوص شیمیایی مثل صابون نفتا یا امثال آن ضروری است.

۲- مرطوب کردن هوا در معادن خشک و به ویژه در زمستان از طریق پاشیدن آب.

۳- پاشیدن آب در داخل برشی که توسط ماشین‌های زغال بری به وجود می‌آید که این عمل توسط دستگاه مخصوصی که روی بازوی حفار و در قسمت پشت ماشین قرار گرفته صورت می‌گیرد.

۴- چون بیل کاری و استفاده از سطوح شیبدار برای حمل مواد به پائین و ناوجنبان باعث تولید گرد زغال زیادی می‌شود حتی الامکان روشهای دیگری جهت بارگیری و حمل و نقل انتخاب شود.

۵- آب پاشی زغال سنگ در نقاط بارگیری و انتقال به مقدار فراوان و گاهی خارج کردن گرد زغال موجود توسط عمل تهویه.

۶- چنانچه حمل و نقل توسط راه‌آهن صورت می‌گیرد از ریخت و پاش و خرد شدن زغال جلوگیری می‌شود و در این رابطه بایستی :

الف : واگن‌های معدنی در شرایط خوبی بوده و در بدنه آنها سوراخ و پارگی وجود نداشته باشد.

ب : خطوط آهن نیز بایستی در شرایط خوبی بوده و برای زیر سازی آنها از بالاست مناسب (ترجیحاً سنگریزه‌های سخت به ابعاد ۴۰-۲۰ میلی متر) استفاده شود.

ج : واگن‌های پر و خالی چه در حال حرکت و چه هنگامی که اعزام می‌شوند بایستی آب پاشی شوند.

د : واگن‌های معدنی را نباید بیشتر از ظرفیت بارگیری کرد.

۷- اقدامات دیگر : لازم است بطور متناوب و هر سال ۴-۳ مرتبه گرد زغال موجود در کف دیوارها و سقف گالری‌ها را تمیز نموده و از معدن خارج کرد ضمناً می‌توان با قرار دادن آسانسورهای مخصوص حمل مواد معدنی در چاه خروج هوا و قرار دادن نوارهای تقاله و دستگاههای کانه آرایی در فاصله مناسب از معدن از کشیده شدن ذرات گرد و غبار به داخل هوا جلوگیری به عمل آورد.

۲-۶ روش‌های ایمن سازی گرد زغال

گرد زغال پس از پیدایش و تشکیل در سرتاسر کارگاههای معدن پخش می‌شود و عمدتاً بر روی کف دیواره ون سقف گالری‌ها می‌نشیند که چنانچه به همان صورت باقی بماند می تواند در موقع مناسب ایجاد خط کند. به منظور خنثی کردن قابلیت اشتعال گرد زغال طریقه های مختلفی را می‌توان به مورد اجرا گذارد که ذیلا به شرح بعضی از آنها می‌پردازیم :

خاک پاشی : خاک پاشی یکی از اقدامات مؤثر در مورد ایمن کردن گرد زغال رسوب کرده در معدن می‌باشد روش کار به این صورت است که در قسمت‌هایی از معدن که گرد زغال زیای وجود دارد به وسیله

پودر سنگ خاک پاشی کرده و قابلیت انفجار آنرا کاهش می‌دهند. خاکی که برای این منظور به کار می‌رود بایستی استاندار بوده و معمولا دارای خصوصیات زیر باشد :

۱- ذرات خاک به اندازه کافی ریز و نرم باشد (درجه نرمی خاک بین ۷۵-۵۰ میکرون باشد)

۲- بیشتر از ۵ درصد ماده قابل احتراق نداشته سیلیس آن از ۱۰ درجه تجاوز نکند و فاقر ناخالصی‌های زیان آور باشد.

۳- ذرات آن بعد از یک مدت طولانی در شرایط زیر زمینی به هم نچسبد.

خاک مذکور به مقدار کمی باید بتواند آب جذب کند رنگ آن زرد کم رنگ باشد وبه همان راحتی گرد زغال در هوا پراکنده شود خاک استاندار در آسیابهای مخصوص و به ویژه از پلمه سنگ ، سنگ آهنگ و یا سنگ گچ تهیه می‌گردد. لازم به یاد آوری است که مقدار سیلیس خالص گرد حاصل از پلمه سنگ اغلب بیشتر از حد مجاز می‌باشد در اشتعال پذیری گرد زغال تأثیر خاکی که اضافه می‌شود چندان معلوم نیست و ظاهرا اثر آن به خاطر جذب مقداری حرارت از محیط و جلوگیری از گرم شدن ذرات زغال است.

سابقا تصور میشد که پودر سنگ آهک به خاطر آزاد کردن گاز انیدرید کربنیک از پودر پلمه سنگ مؤثرتر است و نیز پودر سنگ گچ به دلیل داشتن ۸ درصد آب تأثیر بیشتری از پودر سنگ آهک به جا میگذارد ولی این نظریه‌ها بر اساس آخرین مطالعات و تحقیقات از اعتبار چندانی برخوردار نیست خاک پاشی توسط دستگاههای قابل حمل به صورت دستی یا ماشینی مانند افشانک‌های هوای فشرده و بادبزن‌های برقی انجام می‌شود یک نفر کارگر درهر شیفت می‌تواند حدود ۳۰-۶۰ متر از تونلی با سطح ۵-۴ متر مربع را به طریقه دست خاک پاشی کند بطور کلی مدت تأثیر خاک پاشی در معدن ۵-۳ ماه می‌باشد ولی این امکان وجود دارد که در بعضی نواحی خاص بیشتر ازچند هفته یا چند روز دوام نیاورد

مصرف حقیقی خاک به ازای هر متر از یک گالری با سطح مقطع ۵-۴ متر مربع در حدود ۱۵-۸ کیلوگرم است ولی قسمت‌های پر گرد و غبار مثال اطراف نقاط بارگیری نقاله‌ها و سطوح شیبداری که بـه کمـک آنها زغال به داخل واگن‌های معدنی ریخته می‌شود به گردپاشی روزانه احتیاج بیشتری دارنـد در مـورد خاک پاشی کارگاههای معدنی با خاک مرطوب نیز تحقیقاتی به عمل آمـده کـه نشـان می‌دهـد وجـود رطوبت اولیه در خاک سبب بهتر چسبیدن آن به دیواره‌ها ، کف و سقف کارگاه می شود ولی از لحاظ به تأخیر انداختن انتشار انفجار تأثیر کمتری از خاک خشک دارد سرعت جریان هوا و رطوبـت کارگـاه در مدت زمان لازم جهت خشک شدن خاک مرطوب مؤثر است مثلا هرگاه هوای کارگاه معمولی و میـزان رطوبت نسبی آن ۸۰ درصد باشد حدود یک تا سه روز طول می‌کشد تا خاک مرطوب خشک شود ولی اگر رطوبت نسبی ۹۰-۸۰ درصد باشد مدت مذکور تا حدود یک هفته به درازا می‌کشد مدتها تصور مشد که خاک پاشی کارگاههای معدن ایمنی آنها را در برابر انفجار گرد زغال بطور کارم تضمین می‌کند ولـی در چند سال اخیر مشاهدات و آزمایش‌های گوناگون نشان داده در معادن پر گرد و غبار مکانیزه و بسیار پیشرفته یک لایه گرد زغال می تواند ظرف ۳-۲ ساعت روی خاک پاشیده شده تشکیل شود که ممکن است در صورت پراکنده شدن در هوا و اشتعال برای تولید یک انفجار قوی کافی باشد اغلب بعد از انجام خاک پاشی در نتیجه بهم چسبیدن یا حرکت ذرات در اثر جریان هوا از تأثیر خاک پاشی کاسته میشود که انجام خاک پاشی با ماشین و افزودن مخلوطی از موم پارافین و رزین ۰/۵ درصد به خاک تا حدودی به رفع این نقیصه کمک می‌کند اخیرا دستگاههای جدیـدی سـاخته شـده کـه بـا اسـتفاده از خـواص تشعشعات رایدو اکتیو می‌تواند مقدار گرد زغالی را که در سقف دیواره‌ها و کف معدن رسوب کرده اندازه گیری کند میدان اندازه گیری بعضی از انواع این دستگاهها از صفر تا ۷۰ گرم در متر مربع با حساسیت یک گرم در هر متر مربع است ودقت آنها در حدد ۱۰ درصد می‌باشد[۴].

آب پاشی : در این طریقه کنترل انفجار گرد زغال قسمت‌هایی از معدن مثـل نقـاط بـارگیری را کـه امکان تشکیل ذرات گرد در آنها زیاد است آب پاشی می‌کنند تأثیر آب در خنثی کردن قابلیت اشـتعال گرد زغال ۱۰-۴ برابر اثر خاک پاشی است ولی چون آب تبخیر می‌شود باید زود به زود آب پاشی را تکرار نمایند تو مقدار آب به ۲۰ تا ۲۵ درصد وزن گرد زغال برسد آب پاشی را حتی الامکان از نزدیکی جبهه کار شروع می‌کنند سابق بر این روش آب پاشی مؤثرترین طریقه مبارزه با قابلیت اشتعال گرد زغال بوده لیکن تجارب متعدد زیان‌هایی را به شرح زیر برای آنها نشان داده است :

۱- برای اینکه آب پاشی اطمینان بخش باشد بایستی تقریبا بطور مداوم و بدون انقطاع صورت گیرد و در نتیجه آنقدر آب لازم است که گرد را تقریبا شبیه به گل ولای نماید و از طرف دیگر به علت اینکه آب به سرعت تبخیر می‌شود گرد حاصل از دوباره خشک شدن ریزتر از قبلب بوده و در نتیجه خطرات بیشتری به وجود می‌آید.

۲- در نیتجه آب پاشی زیاد میزان رطوبت هوای معدن افزایش می‌یابد و همین امـر باعـث متـورم شدن چینه‌ها و سنگ‌ها گردیده و گاهی منجر به ریزش می شود.

۳- رطوبت زیاد برای بعضی کرم‌های روده‌ای محیط مساعدی به وجود مـی‌آورد کـه ممکـن اسـت موجب بیماری عفونی و مسری مانند آنکیلوستومیاز در نز کارگران شود.

۴- استفاده از وسایل وتجهیزات آب پاشی مستلزم صرف هزینه هنگفتی می باشد بنابر این امـروزه روش آب پاشی فقط به عنوان مکمل خاک پاشی در محل‌های پر گردو غبار به ویژه جبهه و مصرف فوق العاده زیاد خاک لزوم کاربرد روش آب پاشی احساس میشود.

استفاده از نمک طعام : در کف کارگاهها و گالریهای زیر زمینی ابتدا به ضخامت ۴-۲ سانتی متر نمک طعام می‌باشند و هر چند یک بار مقدار ۱۰ تا ۱۵٪ آب به آن اضافه می‌کنند در نتیجه نمک تولید

بلورهایی می کند که ذرات گرد زغال را به خود می‌گیرد طریقه بکار بردن نمک طعام را در معادنی اجرا می‌کنند که آب اضافه شده زود تبخیر شود.

استفاده از چسبهای مختلف : آغشته کردن دیوارها وسایل نگهداری و غیره با چسبهای مخصوص نیز اثرات خوبی در خنثی کردن قابلیت اشتعال گرد زغال داشته است این چسبتها عموما مخلـوطی از آب مایعات نمگیر و یک عامل مرطوب کننده همراه با ۵-۳ درصد هیدروکسید آلومینیوم یا اکسید منیزیوم می باشد. در هر متر مربع کارگاه حدود ۳ کیلوگرم چسب به مصرف می‌رسد از مقایسه بین تأخیر چسب و مایعات جاذبه الرطوبه نتیجه می شود که چسب ۱۰-۵ برابر مؤثرتر از مایعات جاذبه الرطوبه است زیرا اگر حفاظتی که مایعات نمگیر برقرار می‌کنند ۱۰-۵ روز باشد این مدت در مورد تأثیر چسب به ۷۰-۲۵ روز افزایش می‌یابد[۴].

فصل سوم

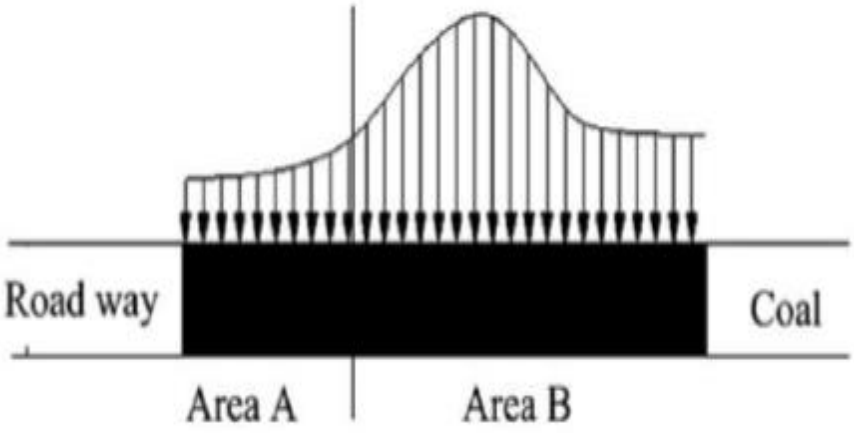
انفجار سنگ (پرتاب زغال)

۳-۱ مقدمه

انفجار سنگ به صورت پرتاب شدید سنگ یا مواد معنی از دیواره ها و ستون ها به داخل حفریات زیرزمینی اتفاق می افتد. این اتفاق ممکن است به صورت ریزش پوسته ای یا ورقه ای باشد. در زغال سنگ خروج ناگهانی گاز از میان شکاف و نواحی محل حفاری ممکن است اتفاق افتدکه خروج نهشته های معدنی را سبب می‌شود.

۳-۲ تشریح پدیده انفجار سنگ

پیش از حفاری و استخراج لایه های زغال، توده های سنگی آن تحت تنش های سه محوری با انرژی الاستیک بالا قرار دارند. پس از احداث مسیر دسترسی به زغال و نمایان شدن آن برای استخراج جبهه کار تونل یک سامانه انرژی را تشکیل می دهد. محدوده ی ضعیف این سامانه در بالای لایه زغال قرار می گیرد. در جریان استخراج لایه ی زغال و حفاری تونل، تنش های القایی مابین سقف تونل و کف لایه زغال توزیع می یابند. با توجه به شکل یک، محدوده ی استخراجی به دو ناحیه A و Bتقسیم می شود. در ناحیه اول سنگ دارای ریز ترک می باشد که به تدریج رو به افزایش پیش می رود که بدلیل فشار توده های سنگی کف و سقف لایه فشرده باقی می مانند. این محدوده، محدوده تعادل حدی انرژی است.در محدوده ی دوم که تمرکز تنش در آن افزایش می یابد، پهنای محدوده به سمت توده های عمیق می‌رود و در صورت هرگونه عملیات مکانیکی انفجار سنگ در این محدوده به وقوع خواهد پیوست(رحیم دل-۱۳۹۱)[۸].



شکل ۳-۱ محدوده وقوع انفجار سنگ

۳-۳ طبقه بندی انفجار سنگ بر اساس شدت خسارت

با توجه به شدت و میزان خسارات، انفجار سنگ به سه گروه ضعیف، متوسط و قوی تقسیم بندی می شود. معمولا انفجار سنگ ضعیف با پدیده پوسته پوسته شدن شدن و معمولا انفجار سنگ متوسط با اتساع و خروج بلوک ها وقطعات کوچک سنگ و انفجار شدید با اتساع ناگهانی و پرتاب سنگ همراه خواهد بود[۸].

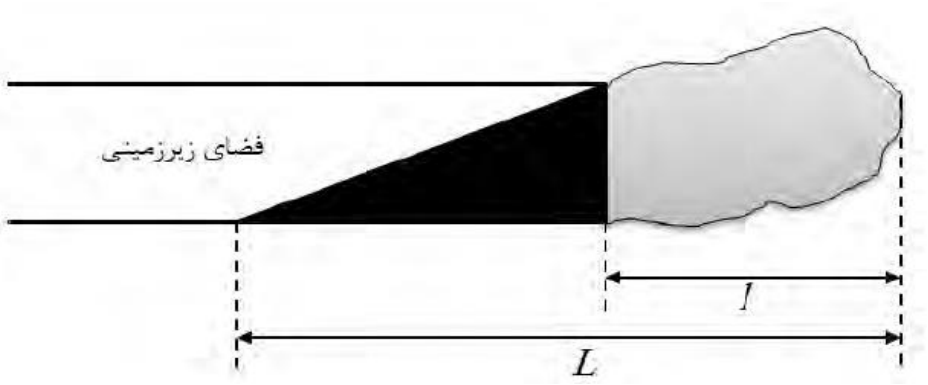
۳-۴ پیش بینی احتمال پرتاب زغال

وقوع پرتاب زغال ناشی از فشار دینامیکی گازها وعدم تناسب بین تنش های اصلی و جانبی در محیط است. هرچه دگرگونی زغال کمتر باشد میزان تصاعد طبیعی گازهای زغال بیشتر خواهد بود.

در مطالعه پرتاب زغال بایستی به تمایز بین تخریب لایه زغال و پرتاب زغال توجه شود، این مفهوم از رابطه ۳-۱ محاسبه می شود[۹].

$$\eta = \frac{l}{L} \qquad (۱-۳)$$

در این رابطه صورت فاصله ی طولی بخش تخریب شده و پر شده از زغال به همراه سنگ است و مخرج کسر فاصله ی طولی بخشی از زغال که به صورت سطح شیب دار در داخل فضای زیرزمینی قرار گرفته است. شکل ۳-۲



شکل ۳-۲ نمایش پارامترهای موثر در تشخیص پرتاب زغالسنگ

۳-۴-۱ روش های تجربی

شیوه هایی که بر مبنای مشاهدات حاصل شده اند. ضریب اطمینان پایینی دارند. از جمله این روش ها می توان به موار زیر اشاره کرد]۹[.

۱- سرد شدن سطح زغال در اثر خروج گاز

۲- ایجاد حالت ورقه ورقه شدن در زغال و فشردگی زغال سنگ

۳- شنیدن صدای شکستگی در پشت لایه های زغال

۴- کاهش مقاومت زغال و خرد شدگی

۵- تغییر رنگ با افزایش درخشش سطح زغال

۶- فشار به سیستم نگهداری م متراکم شدن

۳-۴-۲ روش های عملیاتی

این روش ها دقت بالایی دارند. مبنای این روشها براساس اندازه گیری سختی و مقاومت لایه زغال و مقدار تصاعد گاز زغال است.

۳-۴-۲-۱ آزمایش برآورد سختی زغال

ابتدا تعداد لایه های هر جبهه کار شمارش شده و ضخامت آنها اندازه گیری می شود. با مشخص کرن پنج نقطه با فواصل ۵ تا ۱۰ سانتی متر، ۵ مرتبه این آزمایش انجام می شود. که با دستگاه مخصوصی این کار انجام میشود[۹].

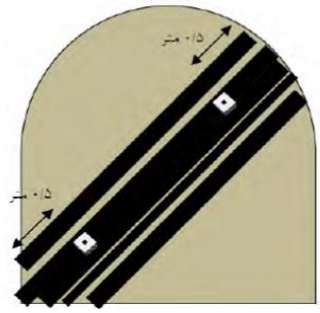
در بین ۵ آزمایش انجام شده کمترین مقدار بدست آمده به عنوان سختی لایه زغال در نظر گرفته مـی شود.

دستگاه اندازه گیری درشکل ۲-۲ نشان داده شده است.

شکل ۳-۳ دستگاه اندازه گیری سختی زغال

۳-۴-۲-۲ آزمایش اندازه گیری سرعت تصاعد آنی زغال

این روش در لایه های با ضخامت بیش از ۲۰ سانتیمترمناسب است و با توجه به شکل ۲-۳ با حفر چال از چال از نیم متری بالا و پایین لایه انجام میشود.



شکل ۳-۴ محل آزمایش اندازه گیری سرعت

با توجه به درصد مواد فرار و سرعت تصاعد گاز که در شکل ۲-۴ نشان داده شده است، تمهیدات لازم جهت گاز زدایی صورت می گیرد[۹].

جدول ۳-۱ مقدار مجاز تصاعد آنی

درصد مواد فرار محیط	مقدار تصاعد گاز مجاز(لیتر بر دقیقه)
۱۵	۵
۲۰-۱۵	۴,۵
۳۰-۲۰	۴
بیش از ۳۰	۴,۵

۳-۴-۲-۳ آزمایش اندازه گیری مقاومت لایه های زغالی

دستگاه در شکل های ۲-۵ و ۲-۶ و ۲-۷ نشان اده شده است. این ابزار تا عمق دو متری داخل چال رفته و با چرخاندن دستگیره در زغال فرو می رود.و با توجه به عدد نمایش داده شده مقاومت لایه محاسبه می شود[۹].

شکل ۳-۵ دستگاه اندازه گیری مقاومت لایه های زغالی

شکل ۳-۶ دستگاه اندازه گیری مقاومت لایه های زغالی

فصل چهارم

تحقیقات موردی

۴-۱ مقایسه بین افشانه آب و فناوری فوم در کنترل گرد و غبار

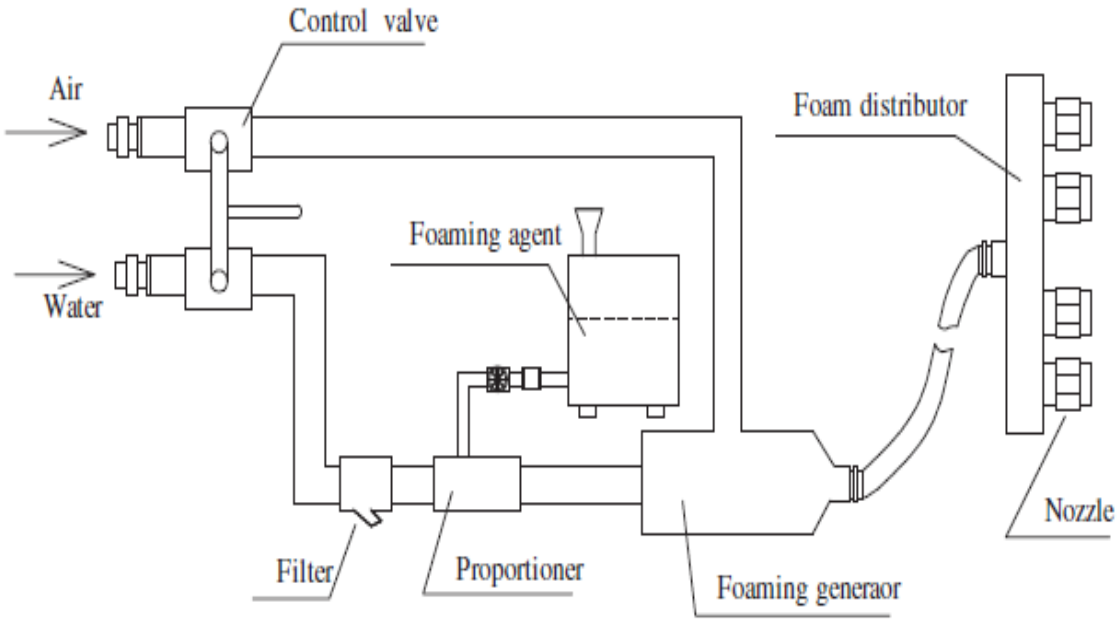
درروش افشانه ی آب ,آب با هوای فشرده توسط نازل به گرد وغبار ها پاشیده می شود.

روش افشانه آب مشکلاتی دارد:

۱. به دلیل تبخیر ماندگاری کمی دارد و باید در چندین نقطه به کار رود تا موثر واقع شود
۲. استفاده بیش از حد از افشانه آب منجر به کاهش کیفیت کار شده و انتقال مواد را به دلیل مرطوبیت بالا مشکل میکند.
۳. به مقدار زیادی آب نیاز دارد[۱۰].

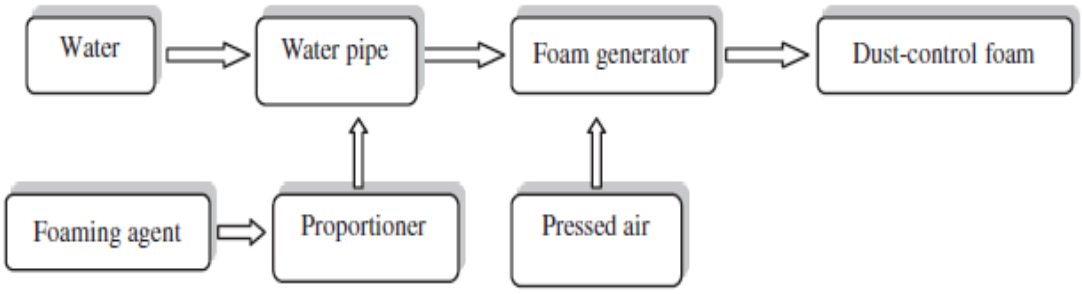
شکل ۴-۱ افشانه آب

رویکرد جدید در معادن زغال زیرزمینی اسدتفاده از فدوم(کف) میباشد .طبق آزمایشات انجام شده قابلیت فناوری فوم برای کنترل گرد و غبار بیشتر از آب میباشد .فوم متشکل از آب و هوا و مـاده کـف کننده است .این مو اد وارد دستگاه فوم ساز شده و در آنجا ترکیب شده و در نهایت فوم خروجی توسط نازل به جبهه کار پخش میشود. هنگام به کارگیری از افشانه آب همیشه فضای خالی بین قطـرات آب وجود دارد که ذرات قابل تنفس وارد این فضای خالی شده که موجب گسترش بیشتر غبار میشـود در حالی که در فوم این فضای خالی وجود ندارد . در مقایسه با افشانه آب ، فوم فضای بیشتری را با همان مقدار آب میتواند غبار زدایی کند. همچندین فوم چسبندگی سطحی آب را بیشتر کاهش داده که منجر به مرطوب سازی موثرتر ذرات غبار و ته نشینی آنها میشود[۱۰].



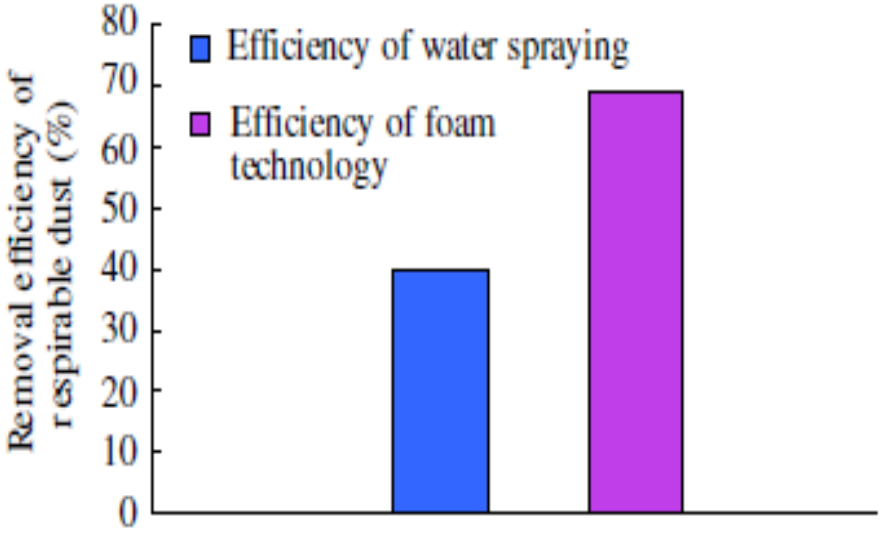
شکل ۴-۲ دستگاه فوم

فرآیند سیستم فوم در شکل آورده شده است.



شکل ۴- ۳ فرآیند سیستم فوم

با انجام آزمایشات مختلف و با توجه به نمودار رسم شده در شکل که بر اساس درصد کارآیی رفع گرد و غبار رسم شده است، کارآیی رفع گرد و غبار با استفاده از سیستم فوم حدود دو برابر افشانه معمولی است



شکل ۴-۴ کارآیی رفع گرد و غبار

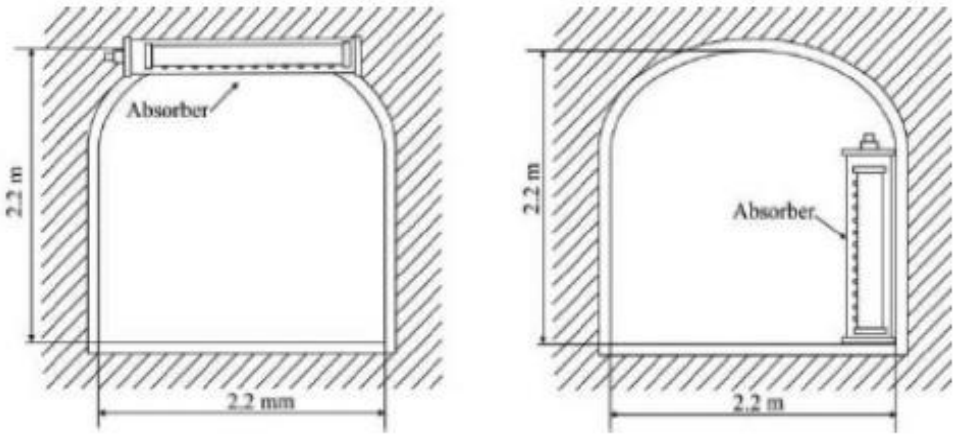
۴-۲ ارائه دستگاه جدید برای کنترل انفجار گاز متان در معادن زغالسنگ

اکثر حوادث با نتیجه منجر به مرگ ناشی از انفجار متان حاصل از زغالسنگ است. امروزه توسعه ی یک سیستم برای حفاظت از این مهم ضروری به نظر می رسد. در این تحقیق سیستم حفاظتی متشکل از یک دستگاه بی سیم برای تشخیص انفجار و یک محفظه برای نگهداری آب و نازل هایی برای تولید مه آب می باشد.این سیستم به فرمان سیگنال شروع به کار می کند. نازل ذرات آبی تولید می کند که اندازه ی قطرات حدود ۲۵ الی ۴۰۰ میکرو متر است[۱۱].

شکل ۴-۵ دستگاه حفاظتی

شکل ۴-۶ دستگاه حفاظتی

گنجایش این دستگاه ۸۰ الی ۱۵۰ لیتر می باشد. زمان شروع به فعال شدن آن ۱۱ میلی ثانیه است و سرعت آن ۶۰ تا ۸۰ متر بر ثانیه می باشد. این دستگاه می تواند به صورت قائم یا افقی قرار گیرد[۱۱].

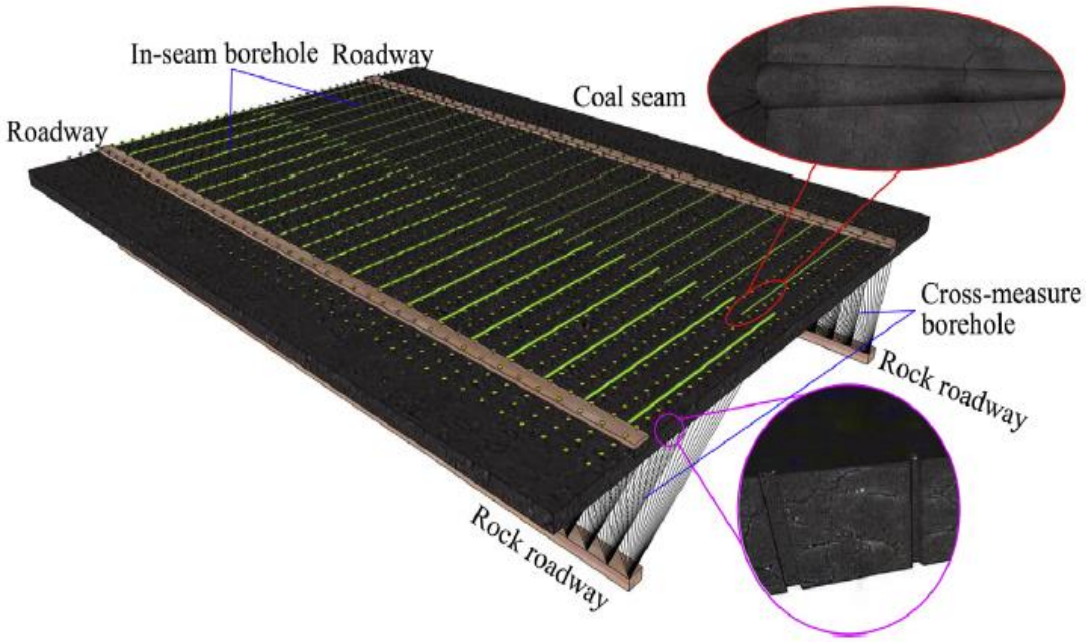


شکل ۴-۷ دستگاه حفاظتی به صورت افقی و عمودی

۴-۳ زهکشی گاز متان و استفاده از آن در یکی از معادن زغالسنگ چین

در این مقاله به بررسی روش های زهکشی قدیمی و روش های جدید به کار گرفته شده در سال های ۲۰۰۰تا ۲۰۱۳ در این معدن پرداخته است. روش های زهکشی که امروزه استفاده می شود یا قبل از عملیات معدن کاری ویا در حین آن انجام می شود. قبل از استخراج با حفر گمانه های افقی و یا عمودی در لایه ها و لوله گذاری عملیات مکش گاز را انجام می دهند.

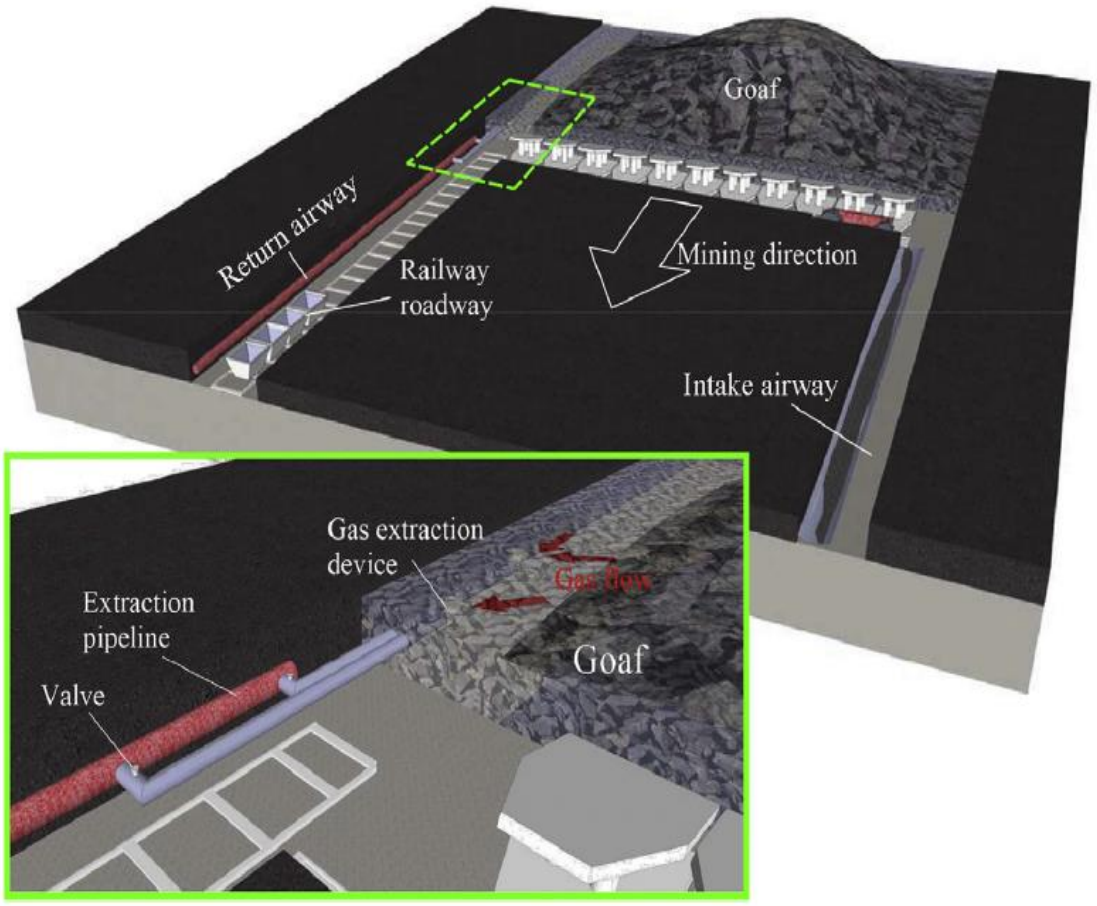
همان طور که در شکل مشخص شده است، بعضی گمانه ها در داخل لایه حفر شده اند و همچنین بعضی از گمانه ها، گمانه های اندازه گیری متقابل می باشند[۱۲].



شکل ۴-۸ حفر گمانه های افقی و عمودی در لایه

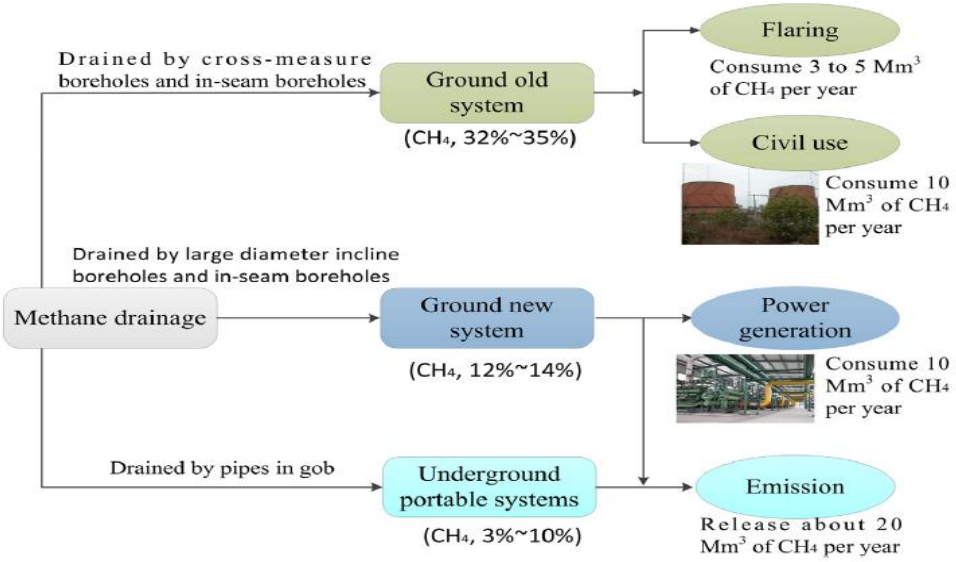
همچنین در این معدن در حین استخراج هم زهکشی متان صورت گرفته است که در شکل مشخص شده است.

لوله گذاری ها و زهکشی گاز می تواند از مناطق تخریب شده در روش های استخراج انبـاره ای یـا استخراج از طبقات فرعی صورت گیرد که در این معدن از همین روش هم استفاده شده است[۱۲].



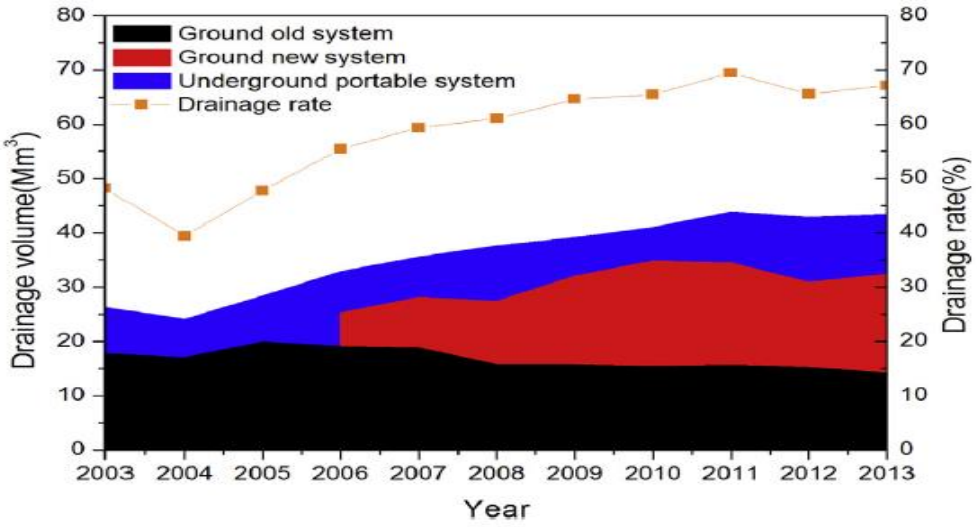
شکل ۴-۹ زهکشی گاز در حین عملیات استخراج

زهکشی متان در این معدن و نحوه ی استفاده از آن در شکل آمده است. همان طور که مشخص شده است مثلا حدود ۱۰متر مکعب متان در سال صرف مقاصد نظامی می شود[۱۲].



شکل ۴-۱۰ زهکشی گاز و نحوه ی استفاده از آن

در نتیجه با توجه به شکل در سال ۲۰۱۱ نرخ زهکشی حدود ۷۰ درصد است[۱۲].



شکل ۴-۱۱ نرخ و حجم زهکشی در سال

۴-۴ ارایه چند معیار مکانیک سنگی برای بررسی احتمال پرتاب سنگ

اولین معیار بررسی شده در این مقاله معیار انرژی الاستیک خطی یا همان انرژی کرنشی است. ایـن فرمول بدین صورت تعریف می شود که در صورت آن مقاومت فشاری تک محره سنگ که در آزمایشگاه اندازه گیری می شود و مخرج آن بر حسب مدول الاستیسیته سنگ است[۱۳].

$$PES = \frac{\sigma_c^2}{2E} \qquad (۱-۴)$$

با توجه به جدول ۴-۱ می توان به شدت انفجار سنگ پی برد.

جدول ۴-۱ انرژی کرنشی

انرژی کرنشی	کمتراز ۵۰	۵۰ - ۱۰۰	۱۰۰ -۱۵۰	۱۵۰ -۲۰۰	بیش از ۲۰۰
شدت انفجار	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

در ادامه می توان به معیار تنش اشاره کرد. که برحسب مقاومت فشاری تک محوره ی سنگ کـه در آزمایشگاه مشخص می شود، به تنش حداکثر سنگ که بر اساس معیارهای شکست سنگ مثل معیـار هوک – براون تعیین می گردد، می باشد.

$$\alpha = \frac{\sigma_c}{\sigma_1} \qquad (۲-۴)$$

با توجه به جدول ۴-۲ می توان به شدت انفجار سنگ پی برد.

جدول ۴-۲ معیار تنش

معیارتنش	بیش از ۱۰	۱۰- ۵	۵ – ۲,۵	کمتراز ۲,۵
شدت انفجار	بدون انفجار	ضعیف	متوسط	شدید

معیار تردی هم می تواند در بررسی احتمال پرتاب سنگ کمک کند. این معیار از تقسیم مقاومت فشاری تک محوره سنگ به مقاومت کششی آن بدست می آید[۱۳].

$$B = \frac{\sigma_c}{\sigma_T} \qquad (۳-۴)$$

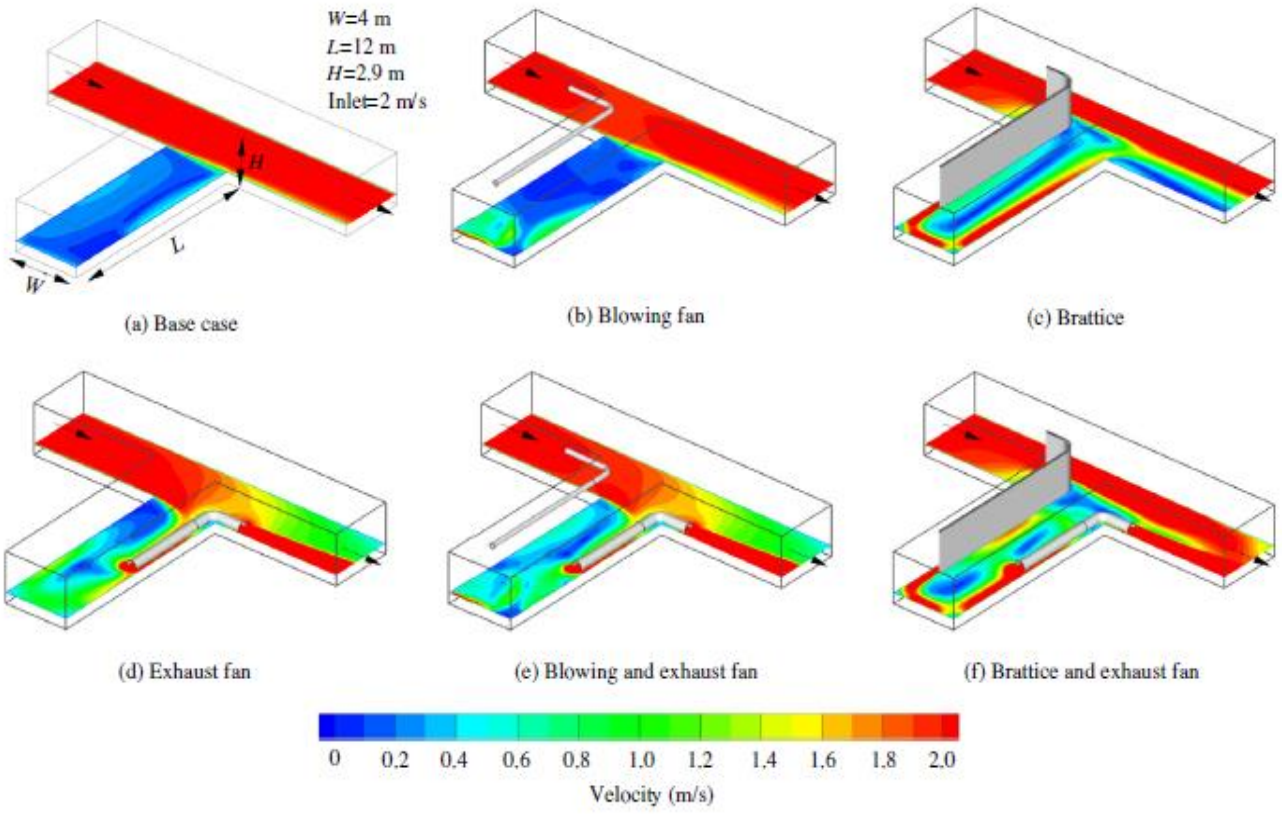
با توجه به جدول ۴-۳ می توان به شدت انفجار سنگ پی برد[۱۳].

جدول ۴-۳ معیار تردی

معیارتردی	بیش از ۴۰	۴۰- ۲۶	۲۶ -۱۴,۵	کمتراز ۱۴,۵
شدت انفجار	بدون انفجار	ضعیف	متوسط	شدید

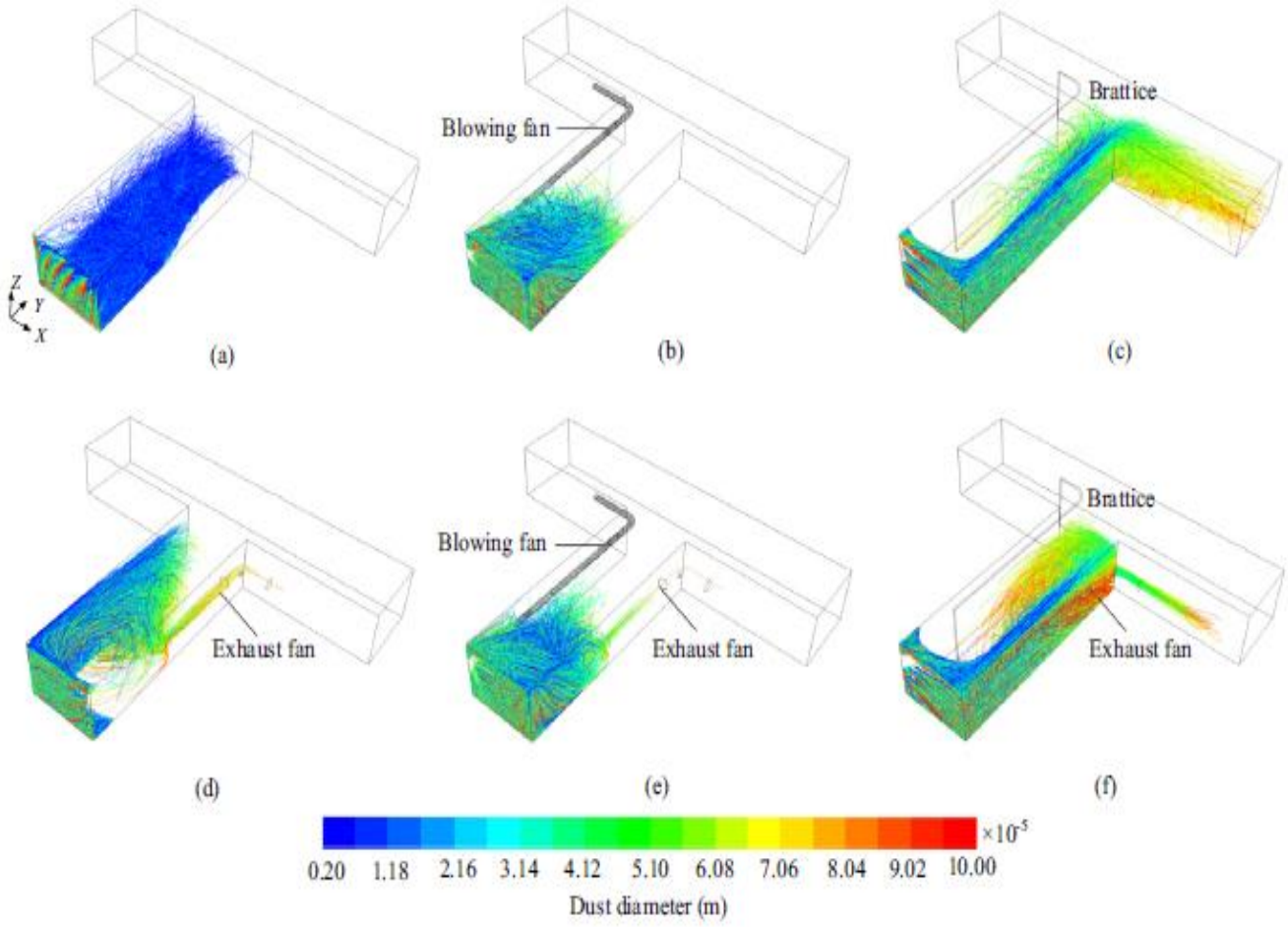
۴- ۵ کنترل گرد و غبار با انتخاب مناسب ترین روش تهویه

در این مقاله با بررسی کردن دو پارامتر سرعت هوا و پراکندگی گرد و غبار در تونل و جبهه ی کار از میان شش روش تهویه طبیعی، مکشی، دهشی، ترکیب دهشی مکشی، براتیس و ترکیب براتیس و مکشی، مناسب ترین روش تهویه برای کنترل گرد و غبار مشخص می شود. ذکر این نکته لازم است که سرعت هوا هرچه بیشتر(تاحدمجاز مشخص شده) و یکنواخت تر باشد، تهویه مناسب تر است. در مرحله اول با بررسی سرعت هوا در شش نوع تهویه، تهویه براتیس مناسب تر است[۱۴].



شکل ۴- ۱۲ پروفیل سرعت هوا در شش سیستم تهویه

در مرحله بعدی پراکندگی ذرات بررسی شده اند که باز هم تهویه بـراتیس مناسـب تـرین انتخـاب گردیده است[۱۴].



شکل ۴ – ۱۳ پراکندگی گرد و غبار در شش سیستم تهویه

تهویه براتیس نوعی پارتیشن بندی است که باعث منحرف شدن جریان هوا از تونل اصلی به جبهه ی کار می شود. همچنین این روش دارای کمترین هزینه ی ممکن می باشد[۱۴].

مراجع

[۱].محمدی،حسن." اولویت بندی بهره برداری از مناطق مستعد زهکشی گاز متان در حوضه زغالی البرز شرقی" .فصل نامه زمین شناسی کاربردی، شماره ۲، ۱۳۹۰،صفحه ۱۶۷

[۲]. یزدی، محمد. زغالسنگ. چاپ اول، تهران : انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۲

[۳]. مدنی، حسن. تهویه در معادن، جلد اول، چاپ سوم، تهران : مرکز نشر دانشگاهی،۱۳۸۱

[۴]. مظاهری، مهرشاد.(۱۳۸۳)، "ایمنی در معادن زغالسنگ".کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران

[۵]. ذاکریان ابولفضل. "بررسی توزیع کمی آلاینده های گازی و گرد و غبار زغالسنگ". مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، شماره ۳۱، تابستان ۱۳۸۰، صفحه ۴

[۶]. عزیزیان، امیر. "ارائه روشی جدیدبرای تایین گازهای خطرناک در معادن زغالسنگ با استفاده از علم رباتیک" دراولین کنفرانس فناوری های معدن کاری ایران(یزد،۱۵ تا ۱۷ شهریور۱۳۹۱)

[۷]. منتشری، محمد."زهکشی و استخراج گاز متان از لایه های زغالسنگ قبل از عملیات معدن کاری"در دومین کنگره ی ملی زغالسنگ(شاهرود، ۵ تا ۷شهریور ۱۳۹۳)

[۸]. رحیم دل، محمد جواد. ((تحلیل انفجارسنگ در معدن کاری زغال سنگ)) عنوان در اولین کنگره ی ملی زغال سنگ ایران (شاهرود، ۱۰- ۸ شهریور ۱۳۹۱)

[۹]. قنبری، کرامت. ((پیش بینی احتمال پرتاب زغال در معادن زغال سنگ)) عنوان در اولین کنگره ی ملی زغال سنگ ایران (شاهرود، ۱۰- ۸ شهریور ۱۳۹۱)

[10]. Ren, W., Wang, D., Guo, Q., & Zuo, B.; "Application of foam technolog for dust control in underground coal mine." International Journal of Mining Science and Technology. 2014

[11]. N, B. , Nika, C. , "New suppression system of methan in coal mine. ". International Journal of Mining Science and Technology. 2015

[12]. H, Z. , Q, L. , "Methane drainage and utilization in coal mines with strong coal and gas outburst dangers: A case study in Luling mine, China". Journal of Natural Gas Science and Engineering.2014

[13]. J.-A. Wang, H.D. Park "Comprehensive prediction of rockburst based on analysis of strain energy in rocks". Tunnelling and Underground Space Technology 16 -2010. 49_57

[14]. Kurnia. C. , "Dust dispersion and management in underground mining faces". International Journal of Mining Science and Technology.24(2014) 39-44