الفصل الخامس

التهوية فى المناجم – تصريف المياه المنجمية – إضاءة المناجم

١ – هواء المنجم

يعتبر الهدف الأساسى من التهوية فى المناجم هو المحافظة على الظروف الجوية العادية وذلك بإمداد الممرات المنجمية-تحت الأرض باستمرار بكمية كافية من الهواء النقى وطرد الهواء الملوث منها . والهواء الجوى خليط من الغازات بنسبة ثابتة إلى حد ما (النتروجين – والأكسجين – ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء) . ويحتوى الهواء الجوى الجاف على نسبة (بالحجم) حوالى ٧٩٪ نتروجين ، ٢٠,٩٦٪ أكسجين ، ٠,٠٤٪ ثانى أكسيد الكربون ، فى ظروف الضغط الجوى العادى (٧٦٠مم ارتفاع عمود الزئبق) . ويتوقف مقدار ما يحتوى عليه الهواء الجوى من بخار الماء على الظروف المحلية ويتراوح بين ١,٠ إلى ٧,٥٪ (وفى المتوسط حوالى ١٪) . وتبلغ كثافة الهواء الجوى ١,٢٩٣ كجم/م ٣ فى ظروف الضغط العادى (٧٦٠مم ارتفاع عمود الزئبق) ودرجة الصفر المئوية . ويتعرض الهواء الجوى أثناء مروره فى الممرات المنجمية تحت الأرض لعدة تغيرات كيميائية وطبيعية تؤدى إلى تقليل نسبة ما يحتوى عليه من أكسجين وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون والنتروجين وبعض الغازات الضارة والسامة ونواتج التفجير الغازية : مثل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين ، كبريتيد الهيدروجين ، وثانى أكسيد الكبريت . والميثان هذا بالإضافة إلى زيادة مقدار ما يحتوى عليه الهواء من أتربة ، وتغيير فى درجة حرارته ونسبة رطوبته وكثافته . ويسمى الهواء الذى يملأ الممرات المنجمية بهواء المنجم . ويطلق على هواء المنجم الذى لايختلف كثيراً أو يقترب فى تركيبه مع الهواء الجوى والصالح تماماً للتنفس الهواء النظيف . وعكس هذه الحالة بالنسبة لهواء المنجم تعرف بالهواء الملوث (الهواء الفاسد) ويرجع النقص فى نسبة الأكسجين بهواء المنجم إلى أكسدة المركبات الكبريتية بالخامات والصخور كذلك أكسدة الأخشاب ، وغيرها من المواد العضوية وغير العضوية ، وامتصاص كمية من الأكسجين نتيجة تنفس العاملين ويجب ألا تقل نسبة

الأكسجين فى الممرات المنجمية الشغالة عن ٢٠٪ طبقاً لقوانين الأمن الصناعى .

وغالباً ما يصاحب نقص الأكسجين فى هواء المنجم زيادة غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يخرج من الشقوق والمسام الصخرية ، أو من مصادر المياه المعدنية أو المتكون نتيجة الحرائق فى الممرات أو الغازات المتفجرة أو الأتربة .

غاز ثانى أكسيد الكربون (ك١ ٢) :

هو غاز ليس له لون وله طعم حمضى ضعيف ورائحته ضعيفة ووزنه النوعى ١,٥٢ لا يحترق ولا يصلح للتنفس ويذوب جيداً فى الماء ويتجمع غاز ثانى أكسيد الكربون عند أرضيات الممرات المنجمية لأنه أثقل وزناً من الهواء وتحتم قوانين الأمن الصناعى عدم زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الواجهات الشغالة عن ٠,٥٪، وألا تزيد عن ٠,٧٥—٪ بالنسبة لتيار الهواء العام الخارج من المنجم . وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون بهواء المنجم إلى اختناق العاملين .

غاز أول أكسيد الكربون (ك١) :

غاز عديم اللون والطعم والرائحة ووزنه النوعى بالنسبة للهواء ٠,٩٧ . يتكون نتيجة عمليات التفجير والحرائق المنجمية وانفجار الميثان وأتربة الفحم . ويحترق خليطه مع الهواء بلهب أزرق فاتح . وعندما تبلغ نسبة أول أكسيد الكربون مع الهواء ١٣—٧٥٪ نحصل على خليط له قدرة على الانفجار وتصل حرارة الاشتعال إلى (٦٣٠ — ٨١٠°م) .

ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون سبباً فى أكبر معدل لتكرار حوادث التسمم . ويعزى التأثير السام لغاز أول أكسيد الكربون على الكائنات الحية إلى أن اتحاده بهيموجلوبين الدم يزيد ٣٠٠ مرة عن الأكسجين ويتكون نتيجة لهذا الاتحاد مركب اسمه كربوكسيلوموجلوبين (Carboxylomoglobin) ويفقد نتيجة لذلك الدم قدرته على امتصاص الأكسجين ونقله إلى الأنسجة . ويتجمع غاز أول أكسيد الكربون فى الأجزاء المغلقة من الممرات التى فى اتجاه الميل مثل :

الممرات الصاعدة (Raises) ، الممرات الهابطة (Winzes) ، القواطع (Cross-cuts) وغيرها — ولا يسمح بدخول العاملين إلى مثل هذه الأماكن إلا بعد تهوية هذه الممرات بعناية كبيرة أو التأكد من خلوعينات الهواء المأخوذة من غاز أول أكسيد الكربون .

ولا تسمح قوانين الأمن الصناعى بزيادة نسبة تركيز غاز أول أكسيد الكربون فى هواء المنجم عن ٠,٠٠١٦٪ بالحجم .

غازات أكاسيد النتروجين : (ن ا ، ن ا٢) :

وهى غازات تتكون بعد عمليات التفجير حيث يتكون فى أول الأمر عادة غاز أكسيد النتروجين الذى يتحد مع أكسجين الهواء بسرعة ويتحول إلى ثانى أكسيد النتروجين ، وغاز ثانى أكسيد النتروجين لونه بنى قاتم وله رائحة نفاذة ووزنه النوعى بالنسبة للهواء ١,٥٨ وهو يهيج أغشية العين ويدمعها وكذلك أنسجة الأنف والفم ، كما يسبب الكحة والصداع إلى غير ذلك . ويذوب فى الماء . وللصخور المتفجرة قدرة على الاحتفاظ بأكاسيد النتروجين وغيرها من الغازات التى تنفصل منها تدريجياً أثناء تعبئتها كما يمكن أن تسبب حوادث التسمم .

ويزيد من خطورة هذا الغاز أن تأثيره السام لا يتضح فجأة ولكنه يظهر بعد استنشاقه بمدة تتراوح بين (٤ — ٣٠) ساعة ويؤدى تركيز ثانى أكسيد النتروجين فى الحدود من ٠,٠٢ — ٠,٠٨٪ إلى خطورة الوفاة خلال فترة وجيزة . وتنص قوانين الأمن الصناعى على عدم زيادة نسبة تركيز غازات أكاسيد النتروجين (ويدخل ضمنها غاز خامس أكسيد النتروجين ن٢ ا٥) فى هواء المنجم عن ٠,٠٠٠١٪ بالحجم .

ويحظر الدخول إلى واجهات التشغيل إلا بعد الانتهاء من تهويتها تماماً وذلك لتجنب التسمم بالغازات الناتجة من تفجير المفرقعات . كما يجب رش الواجهة والصخور المفجرة بالمياه بعد الانتهاء من عمليات التفجير ويجب أيضاً الاهتمام بتهوية الممرات الشغالة .

غاز كبريتيد الهيدروجين (يد٢ كب) :

غاز ليس له لون ، وهو سام جداً وله رائحة مميزة تشبه رائحة البيض العفن وطعمه حلو . ووزنه النوعى ١,١٩ . ويذوب جيداً فى الماء . يحترق ، إذا بلغت نسبة تركيزه فى الهواء من ٦ إلى ٤٥٪ فيتكون خليط قابل للانفجار . يهيج أغشية العين فيدمعها كما يهيج الجهاز التنفسى . ويتكون غاز كبريتيد الهيدروجين نتيجة تعفن المواد العضوية مثل (أخشاب التدعيم) وتحلل المياه التى تحتوى على البيريت (كبريتيد الحديد) ، والجبس ،

كما أنه يخرج من الشقوق والكهوف ومن ينابيع المياه . وتحرم قوانين الأمن الصناعى زيادة نسبه تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين فى هواء المنجم عن ٠,٠٠٠٦٦٪ بالحجم . وتنتسب المناجم التى تحتوى على نسبة تركيز لغاز كبريتيد الهيدروجين أكثر من النسبة المسموح بها إلى مجموعة المناجم الخطرة بالنسبة للغازات السامة ويراعى فى مثل هذه المناجم اتباع الإجراءات الخاصة بالتحذير من التسمم .

غاز ثانى أكسيد الكبريت (ك ا٢) :

هو غاز ليس له لون وله رائحة مميزة نفاذة وطعم حمضى وأثقل من الهواء بمقدار ٢,٢ ضعفاً ويسبب تآكل الأغشية الدمعية فى العين . ويتكون غاز ثانى أكسيد الكبريت نتيجة أعمال التفجير فى الخامات التى تحتوى على الكبريت . كما يتكون بعد الحرائق المنجمية التى تنشأ من الاحتراق الذاتى للخامات وللفحم وكذلك نتيجة انفجار الأتربة الكبريتية أو الكبريتيدية .

وتحرم (قوانين الأمن الصناعى زيادة نسبة تركيز ثانى أكسيد الكبريت فى هواء المنجم عن ٠,٠٠٠٣٥٪ بالحجم ويطلق على خليط غازات الميثان (ك يد٤) وأول أكسيد الكربون (ك ا) والنتروجين (وأحياناً ك ا . يد٢ ، يد٢ كب، كب٢ وغيره) غازات المنجم أو الغازات المفرقعة .

غاز الميثان (ك يد٤) :

هو غاز ليس له لون ولا طعم ولا رائحة . ووزنه النوعى ٠,٥٥٤ ويعزى إلى ذلك سهولة تجمعه فى أعلى الممرات . وهو ينتج من تحلل المواد العضوية بمعزل عن الأكسجين . ويلاحظ خروج غاز الميثان فى أغلب الأحيان بمناجم الفحم . أما فى مناجم الحديد ، والرصاص ، والذهب فلا يلاحظ خروج الميثان إلا إذا كانت أجسام هذه الخامات توجد قريبة من طبقات من الفحم الحاملة لهذا الغاز وهو ليس سامًّا . ولكنه لا يصلح للتنفس، وقليل الذوبان فى الماء . وتنحصر الخطورة الرئيسية من هذا الغاز فى احتراقه وانفجاره ويحترق خليطه مع الهواء عند درجة حرارة ٥١٠°م . وهو يحترق بلهب أزرق فاتحاً إذا بلغت درجة تركيزه فى الخليط ٥٪ . أما إذا تراوحت درجة تركيزه بين ٥ — ١٦٪ فإنه ينفجر ،

ولكن إذا زادت نسبة تركيزه عن ذلك فإنه لاينفجر ، كما أنه لا يحترق بسبب قلة الأكسجين اللازم لتحلل الميثان . ويصاحب انفجار الميثان ارتفاع فى درجة الحرارة يصل إلى (٢١٥٠ — ٢٦٥٠°م) ، وكذلك تيار من الهواء العاصف يسبب خسائر كبيرة فى الممرات المنجمية . ويتبع نظام دقيق لمراقبة غاز الميثان كما تبحث خواصه بعناية خصوصاً فى المناجم الخطيرة بما تخرجه من هذا الغاز . وبالإضافة إلى ذلك ، تتبع وسائل أخرى لتقليل نسبة ما يحتوى عليه هواء المنجم من الميثان ومنع اشتعاله (عن طريق امتصاص الغاز من الطبقات صناعياً خلال ثقوب تحفر من سطح الأرض واستخدامه فى الأغراض الصناعية والخدمات العامة ، والتهوية الكثيفة للمناجم تحت الأرضية واستخدام الطرق المائية لاستخراج الفحم واستخدام الطرق الكهربية لتفجير مفرقعات الأمان وغير ذلك) وتقسم المناجم بالنسبة لكمية ما يخرج منها من الميثان إلى أربعة أقسام موضحة بالجدول .

جدول (٤)

كمية الميثان التى تخرج من المتر المكعب الواحد من متوسط الإنتاج اليومى للخامات ، م ٣	القسم
إلى ٧	القسم الأول
من ٧ إلى ١٤	القسم الثانى
من ١٤ إلى ٢١	القسم الثالث
أكثر من ٢١	القسم الرابع (النهائى)

وتحرم قوانين الأمن الصناعى زيادة نسبة غاز الميثان فى واجهات التشغيل عن ١٪ ، وبالنسبة لتيار الهواء العام الخارج من المنجم عن ٠,٧٥٪ .

أتربة المناجم : (Mine dust)

وهى عبارة عن فتات دقيق من الخامات النافعة أو صخور النفاية (تقاس أبعادها بأجزاء من المليمتر أو الميكرون) وتوجد معلقة فى هواء الممرات المنجمية أو مترسبة فيها . والمصادر الرئيسية لتكوين أتربة المناجم هى : عمليات الحفر (٥٠ — ٨٥٪ من مجموع الأتربة) .. أعمال التفجير (٤٠ — ٢٠٪) . توصيل الخامات من واجهات التشغيل

وأعمال للتعبئة والتفريغ (١٠ — ٥) وأتربة المناجم هى السبب فى بعض الأحيان للإصابة بالأمراض المهنية وحدوث الانفجارات . وللأتربة التى تقل حبيباتها عن (٥ — ١٠ ميكروبات) تأثير ضار على صحة العاملين عند وجودها فى حالة معلقة ، وتؤدى عمليات التفجير إلى اشتراك الحبيبات كبيرة الحجم (إلى — ر١ م) مع الأتربة المعلقة . ومن أكثر أنواع الأتربة خطورة على صحة العاملين تلك التى تحتوى على مركبات سامة (كالرصاص ، والزرنيخ ، والزئبق وغيرها) أو التى تحتوى على ميكروبات تنقل العدوى وهى التى تسبب بعض الأمراض التى تصيب جهاز الأعصاب المركزى وغيره من الأجهزة.

وتعتبر كذلك الأتربة غير السامة ، خصوصاً التى تحتوى على السيليكا ، الكوارتز ، الجرانيت ، الفحم وغيرها ضارة ذلك لأنها عندما تصل إلى الرئتين تسبب مجموعة من الأمراض الرئوية المختلفة تعرف باسم Pnemoconisosis أمراض التحجر الرئوى (البنيموكونيزوس) وتضم (السيليكوزس) الذى يحدث نتيجة استنشاق الأتربة المحتوية على على السيليكا ، والأنثراكوزس الذى ينتج من أتربة الفحم ، والاسبستوزس الذى ينتج من أتربة الأسبستوس إلى غير ذلك . وتعتبر المناجم شديدة الخطورة بالنسبة لأمراض السيليكوزس إذا كانت الخامات المعدنية والصخور التى تستخرج منها تحتوى على نسبة تزيد عن ١٠٪ من ثانى أكسيد السيليكون الطليق (س١م) ويجب ألا يتجاوز ما يحتوى عليه هواء المنجم أتربة النسبة المسموح بها من جانب الهيئات الحكومية المختصة (بالنسبة للأتربة المعدنية التى تحتوى على ثانى أكسيد السيليكون (س١م) من ١٠ — ٧٠٪ يجب ألا تزيد الأتربة عن ٢ مليجرامات لكل متر مكعب) أما بالنسبة للأتربة التى تحتوى على ثانى أكسيد السيليكون أكثر من ٧٠٪ فالنسبة المسموح بها للأتربة لا تزيد عن ١٪ م . ج /م٣) . ويفحص العاملون بغرض وقايتهم من الأمراض التى تسببها بتعريضهم للأشعة فوق البنفسجية فى أماكن خاصة للتصويرة بالاشعة ، والعلاج باستنشاق أبخرة العقاقير الواقية التى يستخدم فيها المنتول ، والعلاج بالبنسلين وغيره من الأدوية . ولأتربة خامات المعادن الكبريتيدية المعلقة خطورة من ناحية الانفجار إذا زادت نسبة ما تحتوى عليه من الكبريت عن ١٢٪ . كذلك أتربة الفحم التى تحتوى على مواد طيارة (وهى مواد غازية تخرج من الفحم نتيجة تسخينة بمعزل عن الأكسجين عند تقطيره) من ١٧ إلى ٣٢٪ . وقد يعزى انفجار الأتربة المعلقة إلى تلامسها مع مصدر اشتعال خارجى . وكذلك الاحتراق الذاتى للأتربة عند وجود شحنة كهربية استاتيكية شاردة . وتعتبر تهوية الممرات

المنجمية تحت الأرضية ذات أثر فعال فى مجموعة الاحتياطيات التى تتخذ فى المناجم لمنع تجمع الأتربة بنسبة خطيرة تؤدى إلى انفجارها .

ولا يكفى فقط الحصول على كميات كافية من الهواء النظيف فى الممرات المنجمية تحت الأرضية ولكن ينبغى أيضاً خلق ظروف جوية ملائمة : درجة الحرارة ، سرعة مرور تيلو التهوية ، درجة الرطوبة .

وتزيد درجة حرارة هواء المنجم كلما زاد العمق ونتيجة ضغط تيار التهوية ، والتبادل الحرارى مع الصخور المحيطة ، وعمليات الأكسدة . ولا تسمح قوانين الأمن الصناعى بزيادة درجة حرارة هواء المنجم عن ٢٦°م . وينبغى ألا تقل درجة حرارة تيار التهوية الداخل إلى المنجم فى فصل الشتاء عن + ٢°م . ويتم التحكم عملياً فى تكييف درجة حرارة الهواء فى الممرات المنجمية بتسخينه أو تبريده قبل إدخاله إلى المنجم . ويقلل ترطيب واجهات التشغيل بالمياه بواسطة الرشاشات دقيقة الفتحات نسبة بعض الغازات والأتربة (مثل ن ا$_{2}$، ك أ$_{2}$ ، يد$_{2}$ كب ، س أ$_{2}$ وغيرها) فى الهواء بعد أعمال التفجير ، كما يخفض من درجة الحرارة . وتؤدى السرعة العالية لتيار التهوية إلى زيادة البرودة ، وحمل الأتربة الزائدة من حوائط الممرات ، أما سرعة تيار التهوية غير الكافية فقد تكون سبباً فى تجمع الغازات وتعلق الأتربة بنسب خطيرة كما ترفع من درجة حرارة الهواء . وتنص قوانين الأمن الصناعى لتجنب هذه العواقب ألا تقل سرعة مرور تيار التهوية الذى تصل درجة حرارته إلى ٢٠° م فى واجهات التشغيل . عن ٠,٢٥ متر / ثانية (وتستثنى من ذلك طريقة التشغيل المنجمية المعروفة بالحجرات المفتوحة حيث يتحتم زيادة السرعة) أما فى ممرات التجهيز فلا تقل السرعة عن ٠,١٥ متر / ثانية لتسطيح طرد الأتربة المعلقة وتلافى تسرب الغازات فى الممرات . وفى بعض حقول المناجم ، تصل أقل سرعة مسموح بها لتيار الهواء فى واجهات الاستخراج إلى ٠,٥ م / ثانية ويجب ألا تزيد سرعة تيار الهواء عن الحدود الآتية : ٤م / ثانية فى واجهات الاستخراج وفى ممرات التجهيز ، ٨ م / ثانية فى ممرات النقل والتهوية وغيرها من الممرات الرئيسية ٦م / ثانية فى الممرات الباقية ، ١٢م /ثانية فى آبار النقل المنجمية ، ١٥م / ثانية فى آبار التهوية المنجمية غير المجهزة بمعدات رفع وكذلك فى قنوات التهوية .

وتصل الرطوبة النسبية لهواء المنجم إلى ٧٥ — ٩٥٪ وتقل رطوبة الهواء فى فصل الشتاء عنها فى فصل الصيف . وتتميز المناجم العميقة (٨٠٠ — ١٠٠٠م) بأن هواءها أقل

جفافاً من المناجم قليلة العمق ويعزى ذلك إلى نقص قدرة الهواء على حمل الرطوبة ، وزيادة درجة حرارة الصخور بزيادة العمق . وتتم مراقبة مكونات هواء المنجم بالنسبة لما يحتوى عليه من أتربة وملائمة ظروفه الجوية بواسطة العاملين بقسم التهوية ومكافحة الأتربة بالاستعانة بأجهزة منجمية خاصة . وتستخدم فى الظروف الجوية غير الملائمة فى المناجم أجهزة تكييف خاصة تعمل على تبريد الهواء أو تسخينه كما تغير من درجة رطوبته .

٢ – كمية الهواء اللازمة لتهوية المنجم

يؤخذ فى الاعتبار عند حساب كمية الهواء اللازمة لتهوية المنجم العوامل الآتية :

١ – كمية الغازات التى تتسرب بانتظام (مثل ك يد٤ ، ك ١٫)

$$ك = \frac{ح}{١٤٫٤ س} \qquad (١)$$

حيث :

ح = الحجم الكلى للغاز الذى يتسرب فى المنجم بانتظام فى اليوم ، م٣

س = النسبة المئوية المسموح بها من هذا الغاز فى تيار الهواء الداخل للمنجم ؛

٢ – أكبر عدد من العاملين الذين يشغلون المنجم فى وقت واحد .

$$ك = ق ع \qquad (٢)$$

حيث :

ق = الكمية القياسية من الهواء للعامل الواحد تحت الأرض وهى تساوى طبقاً لقوانين الأمن الصناعى ٦م٣ / دقيقة .

ع = أكبر عدد للعاملين الموجودين فى قت واحد فى الممرات المنجمية .

٣ – الإنتاج اليومى :

$$ك = ك١ ج م \qquad (٣)$$

حيث

ك١ = كمية الهواء الداخل للمنجم (ويتحدد بالنسبة لتوصيف المنجم طبقاً للمؤشرات الواردة بالجدول(٥) .

ج = متوسط الإنتاج اليومى للمنجم ، م^{٣} (الإنتاج الكلى للخامات والصخور)

م = معامل لعدم انتظام الإنتاج (يؤخذ عادة م — ١,٠٥ — ١,١٥)

جدول (٥)

المؤشرات	التوصيف بالنسبة للغازات			
	القسم الأول	القسم الثانى	القسم الثالث	القسم الرابع (النهائى)
أقل كمية من الهواء بالنسبة للمتر المكعب الواحد من متوسط الإنتاج اليومى أى (الإنتاج الكلى للخامات والصخور)	١,٤	١,٧٥	٢,١	يجب ألا يزيد مقدار ما يحتوى عليه من الغازات فى تيار التهوية العامة الخارج عن ٠,٧٥ ؛ وبحيث تقل عن ٢,١ م ٣ / دقيقة

وتجرى حسابات كمية الهواء بالنسبة للقسم الرابع أو النهائى للمناجم الخطيرة بغازاتها بنفس الطريقة .

٤ — الاستهلاك التقريبى للمفرقعات :—

$$ك = \frac{١٢,٥ \text{ هـ } ؟}{ن} \qquad (٤)$$

حيث =

هـ = أكبر كمية من المفرقعات تستخدم فى وقت واحد ، كجم

؟ = الحجم التقريبى لكمية أول أكسيد الكربون الذى يتكون نتيجة تفجير كيلوجرام واحد من المفرقعات ، باللتر (يتكون حوالى ٤٠ لتراً طبقاً لقوانين الأمن الصناعى)

ن = الزمن المخصص للتهوية ، دقيقة وذلك مع اعتبار النسبة المسموح بها من غاز أول اكسيد الكربون فى تيار الهواء الخارج من المنجم بعد عمليات التفجير مساوياً ٠,٠٠٨٪ ولايقل زمن التهوية المأخوذ فى حالة ضخامة التفجير عن عن ٨ ساعات . وتجرى التفجيرات الضخمة عادة قبل يوم الإجازة ويستغرق

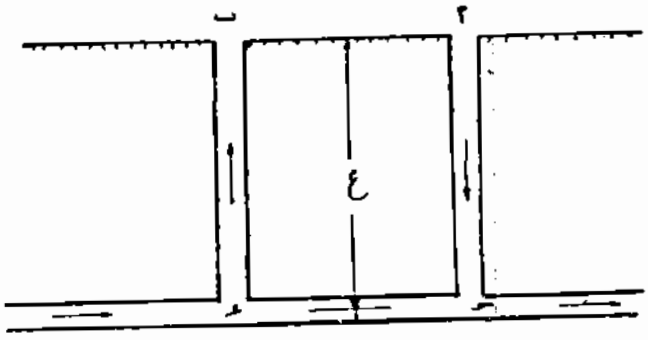
زمن التهوية حوالى ٢٠ ساعة . ويمكن الحصول على أكثر النتائج دقة لحساب كمية الهواء بالنسبة لاستهلاك المفرقعات باستخدام بعض المعادلات العملية التى تستنتج تبعاً للظروف فى التشغيل بالمنطقة .

وتحسب كمية الهواء أيضاً بالنسبة للأتربة التى يحتوى عليها هواء المنجم ودرجة الحرارة وغيرها من العوامل التى يمكن التعرف عليها فى المراجع المتخصصة . وتحسب عند تصميم منشآت التهوية كمية الهواء اللازمة لتهوية الممرات المنجمية بالنسبة لكل عامل من العوامل السابقة . وتؤخذ أكبر كمية للهواء يمكن الحصول عليها نتيجة أحدى العمليات الحسابية للتعبير عن الكمية الضرورية من الهواء تلزم لتهوية المنجم المطلوب . ونتيجة لتسرب الهواء فى المنجم يؤخذ فى الاعتبار ضرورة زيادة كمية الهواء المحسوبة بمقدار ٢٠ — ٤٥٪) وتوزع كمية الهواء الضرورية المحسوب فيها كمية التسرب على المستويات المختلفة والأقسام وواجهات التشغيل لمراجعتها مع سرعة مرور تيار التهوية المسموح بها فى هذه الأماكن .

٣ — تهوية المنجم

تحدث حركة الهواء فى المناجم نتيجة خلق ظروف تؤدى إلى اختلاف فى الضغط أو فى السحب بين نقطتين بوسيلة أو بأخرى ويوضح شكل (٢٦) تخطيط للممرات فإذا رمزنا لعمق البئر بالرمز ع . والوزن النوعى للهواء فى الآبار ا ، ب بالرمزين ث$_{١}$ ، ث$_{٢}$ على التوالى ، يتعرض الهواء فى النقطة جـ لضغط مقداره ص$_{١}$ = ع ث$_{١}$ (٥)

وفى النقطة ء ص$_{٢}$ = ع ث$_{٢}$ (٦)



(شكل ٢٦) مرور الهواء فى الآبار المنجمية

ولا يتحرك الهواء فى الممرات تحت الأرضية عندما يتساوى العمق والوزن النوعى للهواء فى البئرين أى أن (ث$_{٢}$ = ث$_{١}$) . فإذا خلقت ظروف تؤدى إلى خلخلة الهواء فى البئر ب، ث$_{٢}$ تنقص ويصبح الفرق فى الضغط (هـ) بين البئرين ، ا ب هو

$$هـ = ص_{١} - ص_{٢}$$

$$هـ = ع (ث_{١} - ث_{٢}) \qquad (٧)$$

ويتحرك تيار الهواء فى هذه الحالة من النقطة حـ متجهاً إلى النقطة ء

ويطلق على الفرق فى الضغط (هـ) فرق علو الضغط (Depression) ويبلغ مقدار فرق علو الضغط جزء من المائة من الضغط الجوى ، لذلك يعبر عنه بالمليمترات من عامود الماء حتى لا تظهر فى العمليات الحسابية أعداد كسرية . (١ ضغط جوى = ١٠٠٠٠ ثقل كجم / سم^{٢} وذلك يعادل ارتفاع عمود من الماء ١٠٠٠٠مم ومساحة مقطعة ١م٢ . ١ ثقل كجم /م٢ = ١ مم ع . م .) وكلما زاد علو الضغط بين مقطعين من مقاطع التيار الهوائى كلما زادت سرعته ويعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية :

$$ع = \sqrt{\frac{٢ جـ هـ}{ث}} \qquad (٨)$$

حيث ع = سرعة تيار الهواء . م / ثانية

ث = وزن متر مكعب واحد من هواء المنجم (١,٢ كجم /م^{٣})

جـ = عجلة الجاذبية الأرضية (٩,٨١م/ ثانية٢)

وينشأ فرق علو الضغط لأسباب طبيعية . كما تخلق ظروفه بوسائل التهوية الصناعية . ولا يمكن أن تتحقق تهوية المنجم بالاعتماد الكلى على السحب الطبيعى الذى ينشأ نتيجة الاختلاف فى درجة حرارة الجو وهواء المنجم والذى يسببه أيضاً الاختلاف فى الوزن النوعى للهواء . وتقل درجة حرارة الهواء الخارجى (على سطح الأرض) فى فصل الشتاء عن درجة حرارة هواء المنجم . فتزيد نتيجة لذلك كثافة الهواء على سطح الأرض وتقل فى الممرات المنجمية . وفى مثل هذه الظروف وعند تجهيز حقل المنجم بالممر الأفقى (النفق المنجمى) يزيد وزن عمود الهواء الخارجى ع عن وزن عمود هواء المنجم ويتكون عند فوهة النفق من سطح الأرض

سحب للهواء خلال البئر الضحل . وعندما تجهز حقول المناجم بواسطة بئرين أحدهما للنقل والآخر للتهوية فإن وزن عمود الهواء ع+ع، يزيد عن وزن عمود الهواء ع، ، وبسبب الفرق فى الضغط بينهما سحب طبيعى للهواء بالممرات من البئر ا إلى البئر ب . أما فى فصل الصيف حيث ترتفع درجة حرارة الهواء على سطح الأرض وتقل كثافته عن هواء المنجم ، كل ذلك يؤدى إلى خلق سحب طبيعى فى الاتجاه العكسى . ويتوقف سحب الهواء الطبيعى تقريباً عندما تتساوى درجة حرارة الهواء الجوى الخارجى مع درجة حرارة هواء المنجم كما يلاحظ فى فصلى الربيع والخريف أو فى غيره من الأوقات . ويمكن حساب مقدار السحب الطبيعى بالمعادلة الآتية :

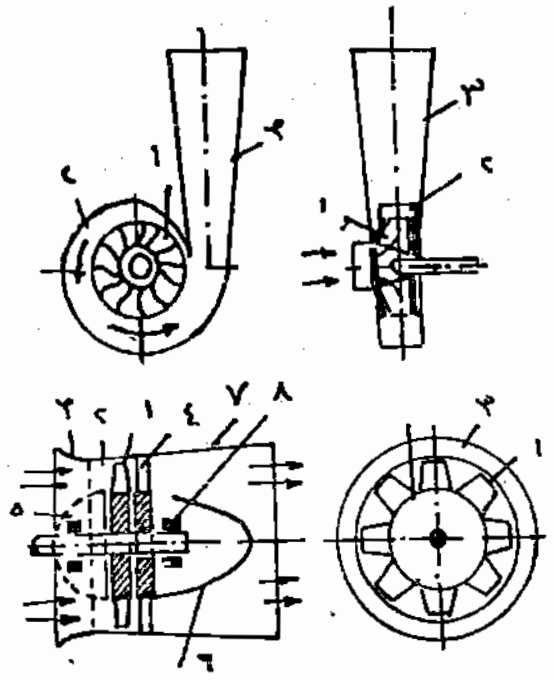
$$هـ = ٠٠٤ ، ع (ء'' - ء') \text{ مم ارتفاع عمود من الماء} \qquad (٩)$$

حيث ع = عمق البئر ، م

ء' = متوسط درجة حرارة الهواء الداخل للبئر ، °م ،

ء'' = متوسط درجة حرارة الهواء الخارج من البئر ، °م

ومن مساوئ السحب الطبيعى للهواء عدم ثبات قيمته واتجاهه ، قلة كمية الهواء الداخلة للمنجم . لذلك تنص قوانين الأمن الصناعى على ضرورة تهوية المناجم بأجهزة التهوية (المراوح) ويطلق على المراوح المخصصة لتهوية المنجم كله المراوح الرئيسية أو مراوح التهوية العامة وهى تركب غالباً على سطح الأرض (على مسافة قريبة من بئر التهوية الرئيسى فى مبنى خاص يقاوم الحريق) وتتصل بالبئر بقنوات يتم فيها امتصاص الهواء من المنجم أو دفعه إليه . وتغطى فوهة بئر التهوية فى هذه الحالة . وتستخدم فى الوقت الحالى مراوح مركزية أو محورية وتتكون المراوح المركزية (Centrifegal fans) كما هو موضح بشكل (٢٧—ا) . من طارة التشغيل (١) المركبة فى غلاف معدنى حلزونى (٢) وتثبت الطارة على العمود الممتد خلال قناة بالغلاف المعدنى والمرتكز على كراسى التحميل وتوجد فى الحائط المقابل للغلاف حول العمود وفى نهاية جهاز التوجيه (٤) توجد فتحة الامتصاص (٣) التى تقوم بتوصيل المروحة بقناة أو مواسير التهوية . وينتهى الغلاف بطرف متسع على شكل قمع أو مستطيل يعمل على انتشار تيار الهواء . وتأخذ طارة التشغيل شكل أسطوانة لها ريش تنحنى عادة إلى الخلف فى اتجاه دوران الطارة . وينحصر مبدأ تشغيل المراوح المحورية فيما يلى : يؤدى دوران طارة التشغيل والتأثير الديناميكى للريش



(شكل ٢٧) المراوح المركزية والمحورية

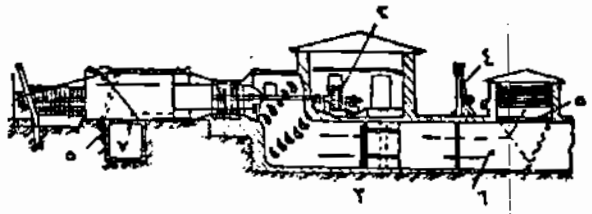
إلى تحريك الهواء المحصور فى قناة الطارة واكتسابه قوة طاردة مركزية تؤدى إلى اندفاعه من محور الطارة إلى نهايتها الخارجية وبعد ذلك خلال الغلاف وقمع الانتشار إلى الجو . ويخلق خروج الهواء نتيجة طرده من طارة التشغيل خلخلة أى اختلاف بين ضغط الهواء عند مخرج طارة التشغيل والضغط الجوى ويؤدى ذلك إلى استمرار مرور تيار الهواء خلال فتحة الامتصاص . ويستخدم الشكل الحلزونى للغلاف وشكل القمع لأسطوانة الانتشار (Diffuser) لتقليل المقاومة عند خروج الهواء إلى الجو . وتصنع أنواع مختلفة من المراوح المركزية تختلف أقطار طارات تشغيلها فمنها : ١١٠٠، ١٦٠٠، ٢٥٠٠، ٣٢٠٠، ٤٠٠٠، ٤٦٠٠مم ويتراوح إنتاجها بين ١٤ إلى ٣٢٠م ٣/ ثانية ويصل ضغطها إلى ٨٠٠كجم / م ٢ (مم ع . م .) ويوضح شكل (٢٧ — ب) تخطيط للحركة الديناميكية للهواء التى تسببها المراوح المحورية (Axial fans) (ذات المحور الواحد) وتتكون المراوح المحورية من غلاف أسطوانى (١) بوضع داخله طارة تشغيل واحدة أو أثنتين أو أكثر (٢) والريش (٣) المثبتة بزاوية محددة إلى مستوى دوران الطارة على الحامل (الجلبة) (٤) ويركب

الجسم الانسيابى (٧) أمام الحامل لتقليل المقاومة .

وعندما تتحرك طارة المروحة ، يستمد الهواء المحصور فى الفراغات بين الريش حركته ، بطول محور المروحة وفى مستوى الدوران . أى أنه يتحرك حركة حلزونية وليكتسب تيار الهواء حركة خطية مستقيمة يستخدم جهاز توجيه الحركة الخطية الثابت (٥) وبعد مرور تيار الهواء بهذا الجهاز يخرج إلى الجو خلال أسطوانة الانتشار الدائرية (٦) . وتضبط إنتاجية المراوح ومقدار ضغطها بعدد طارات التشغيل وزاوية تركيب الريش .

وتصنع أنواع مختلفة من المراوح المحورية التى تتراوح أقطار طارات التشغيل فيها من ١١٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ مم وإنتاجيتها من ١٥ إلى ١٩٠ م ٣ /ثانية ويصل ضغطها إلى ٥٣٠ ثقل كجم/م (م.ع.م.) . وتستخدم أجهزة خاصة كاتمة للصوت لتقليل الضوضاء التى تسببها المراوح . وتتكون محطة التهوية الرئيسية (طبقاً لقوانين الأمن الصناعى) من مروحتين متماثلتين فى النوع وفى المقاس . وتكون واحدة منها عند ذلك احتياطية . (يسمح فى المناجم الغير غازية أن تكون محطة التهوية بمروحة واحدة مع محرك احتياطى) .

وتزود محطات التهوية بمنشآت خاصة لتحويل اتجاه تيار التهوية على شكل بوابات ، وآلات رافعة لتحريك هذه البوابات وحجرات لامتصاص الهواء وقنوات للتحويل إلى غير ذلك وتسمح هذه الأجهزة بتغيير اتجاه تيار التهوية خلال فترة زمنية تقل عن ١٠ دقائق . ويوضح شكل (٢٨) تخطيط لمحطة تهوية منجمية ذات محورين وجهاز كاتم للصوت والضوضاء وتنشأ ضرورة تغيير اتجاه تيار التهوية للقضاء على الحرائق والانفجارات المنجمية وعندما يقتضى الأمر منع تسرب تيار من الهواء النقى فى قسم معين . وتتم عمليات التحكم والمراقبة لغالبية محطات التهوية وكذلك منشآت التحويل من مسافات بعيدة . وتقام فى بعض المناجم الغير غازية مراوح محطة التهوية الرئيسية مباشرة على فوهة بئر التهوية المنجمى .

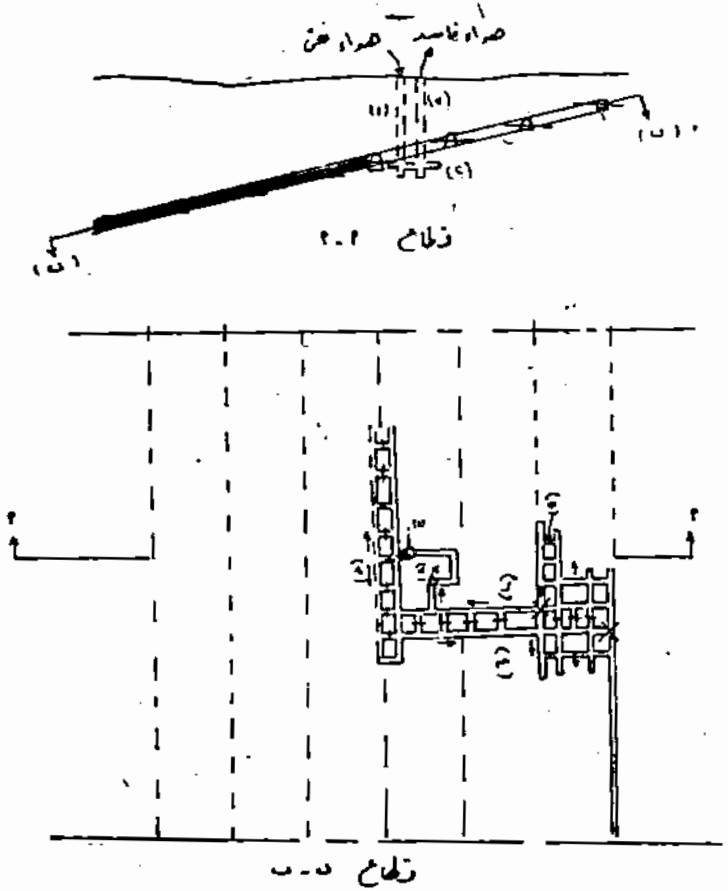


(شكل ٢٨) محطة التهوية

وتسمح ميكانيكية تشغيل المراوح بتغيير وضع الريش فى وقت واحد للتحكم فى نظام العمل ولعكس تيار التهوية بدون استخدام قنوات التحويل .

٤ ــ طرق التهوية فى المناجم

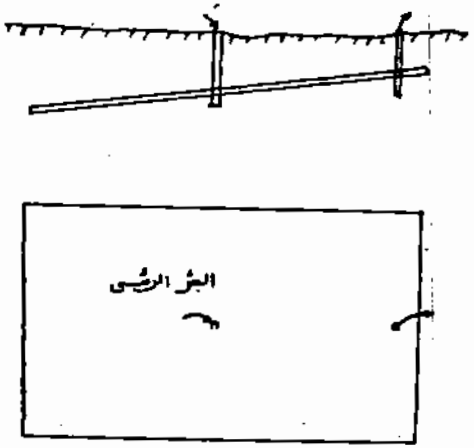
تتحقق تهوية المناجم بطريقتين أساسيتين اعتماداً على طريقة تجهيز رواسب الخامات وتبادل وضع الآبار المنجمية وهما: الطريقة المركزية، والطريقة القطرية. ويوضح (شكل٢٩) طريقة التهوية المركزية حيث يقع بئر الاستغلال (النقل الرئيسى) (الذى يدخل فيه تيار الهواء النظيف) وبئر التهوية الذى يمتص منه الهواء الملوث فى منتصف حقل المنجم تقريباً وعلى مسافة قريبة من بعضها البعض .



(شكل ٢٩) طريقة التهوية المركزية

وينزل تيار الهواء النظيف إلى أسفل بئر النقل الرئيسى ثم يمر بالقاطع (٢) ومنه يتفرع ويدخل طوالى النقل (٣) فى اتجاهين . ثم العابر (٤) ويصعد بعد ذلك فى القائم (٥) إلى كتلة الحش ، حيث يتوزع على واجهات التشغيل . أما تيار الهواء الملوث فيخرج خلال ممر التهوية (٦) متجهاً إلى بئر التهوية (٧) ويطرد بمراوح التهوية إلى الهواء الجوى .

يوضح (شكل ٣٠) طريقة التهوية القطرية وفيها يدخل تيار الهواء النظيف خلال بئر النقل الرئيسى ويمر بعد ذلك بطوالى النقل الرئيسى حيث يصل إلى كتلة الحش لتهويه واجهات التشغيل ويخرج تيار الهواء الملوث خلال طوالى التهوية وبعد ذلك يطرد من بئر التهوية المنشأ فى جناح حقل المنجم والمجهز بمحطات التهوية وتتم تهوية مناجم الخامات فى أغلب الأحيان بالطريقة القطرية . وتمتاز هذه الطريقة فى التهوية بالآتى : أنها أكثر أماناً وسلامة بالنسبة لظروف العمل نتيجة وجود مالا يقل عن ثلاثة مخارج لسطح الأرض ، وقلة تسرب الهواء لقلة طول طرق التهوية ، كما أن نظام التهوية فيها أكثر متانة عند استغلال طوابق المنجم .



(شكل ٣٠) طريقة التهوية القطرية

وتستخدم طريقة سحب أو امتصاص هواء المنجم لتهوية غالبية المناجم ، وذلك لأنها أكثر أمناً وسلامة بالمقارنه بطريقة دفع الهواء إلى المنجم . وتحدث خلخلة إلى حد ما لهواء المنجم

بالمقارنه بالضغط الجوى نتيجة لاستخدام طريقة الامتصاص . ويزداد ضغط هواء المنجم عند نشوب الحرائق مما يقلل خروج الغازات إلى الممرات الشغالة ويخلق ذلك ظروفاً أكثر أماناً لخروج العاملين من واجهات التشغيل .

وتستخدم طريقة الدفع والامتصاص للتهوية بالمناجم التى لحقولها امتداد كبير وواجهات استغلال رواسب خاماتها مبعثره فى أماكن متفرقة ومتعددة المخارج . وتدفع المراوح الهواء النظيف فى بعض الآبار الموزعة على المستويات المتفرقة والأقسام وواجهات التشغيل . ويمتص الهواء الملوث خلال آبار التهوية (التى تنشأ عادة فى جناحى حقل المنجم) أو يخرج جزء منه خلال الآبار الضحلة ولا تعتبر آبار الدفع فى هذه الطريقة ممراً للهواء المدفوع إلى المنجم، ويتم تهويتها بتيار مستقل من الهواء النظيف المتجه من سطح الأرض إلى الداخل .

ويتم اختيار طريقة التهوية فى نفس الوقت الذى تخطط فيه طريقة مرور تيار الهواء وتضبط عادة أثناء عمليات استغلال رواسب الخامات . ويوجه تيار الهواء النظيف بطريقة تجعله يتحرك فى واجهات الحش من أسفل إلى أعلى بصرف النظر عن الطريقة المتبعة لمرور تيار التهوية لتقل إثارة الأتربة بممرات النقل كما يسهل طرد الغازات الخفيفة من الواجهة (كـ ا،كـ يد، وغيرها) ويسمح باستخدام السحب الطبيعى لتحريك تيار الهواء .

ويحظر إمرار تيار الهواء النقى المتجه إلى واجهات التجهيز (الحش) من المنطقة التى بها الصخور المنهارة والمتحطمة .

ويجب أن تتحقق تهوية المناجم بطريقة تمكن من إمداد أجزائه المختلفة بتيارات مستقلة من الهواء يمكن عزلها عند الضرورة عن تيارات التهوية العامة دون إخلال بتهوية الأجزاء الأخرى للمنجم . ويمكن التحكم فى كمية الهواء الداخله إلى كل جزء أو واجهة صناعياً بالاستعانة بمنشآت تهوية مختلفة مثل : بوابات التهوية ذات الشبابيك ، البوابات الكبيرة بمحطات التهوية ، التحويلات وغيرها من الوسائل التى يوضح الغرض من تركيبها على خرائط مرور تيار التهوية . وتستخدم وسائل القياس المختلفة للإشراف على توزيع الهواء فى شبكة التهوية المنجمية . ومراقبة عمل منشآت التهوية الرئيسية وتتم عمليات التحكم آلياً من حجرات المراقبة تحت الأرضية .

٥ – توزيع تيار الهواء ومقدار مقاومة الممرات لمروره بها

ينبغي أن يكون فرق علو الضغط كافياً للتغلب على مقاومة الممرات لتيار الهواء كي تتمكن كميات الهواء المطلوبة من الدخول إلى المنجم . وتنقسم مقاومة الممرات إلى : مقاومة الاحتكاك ومقاومة تغيير الاتجاه والمقاومة المحلية .

مقاومة الاحتكاك :

وهي المقاومة الناشئة من احتكاك جزيئات الهواء بالدعائم أو بحوائط الممرات المنجمية الخشنة واحتكاك تيارات الهواء مع بعضها البعض ، الناتجة عن اضطرابات تيار الهواء .

مقاومة تغيير الاتجاه :

وهي المقاومة التي تحدث للهواء أثناء مروره في الآبار الرأسية والممرات الصاعدة والمنحيات في المنجم التي تؤدي إلى تغيير اتجاه تيار الهواء .

المقاومة المحلية :

وهي المقاومة التي تنشأ من الاختلاف في شكل تيار الهواء واتجاهه أثناء انحراف مساره أو نقص مساحة مقطعه أو زيادته إلى غير ذلك .

ويتبدد جزء كبير من فرق علو الضغط في التغلب على مقاومة الاحتكاك ، ولا تزيد قيمة المقاومة المحلية للهواء عن ١٠٪ من المجموع الكلي للمقاومة . ويحدد فرق علو الضغط (هـ) اللازم للتغلب على مقاومة ممرات محددة لحركة تيار الهواء بالمعادلة الآتية :

$$هـ = \frac{م \, ل \, ح \, ع^{٢}}{س} \quad م \; (ع \cdot م) \; (١٠) .$$

حيث م = معامل مقاومة الهواء الديناميكية بالممرات : كجم ثانية ٢/م ٤

ل = طول الممر ، م

ح = محيط الممر ، م .

ع = سرعة تيار التهوية ، م / ثانية .

س = مساحة مقطع الممر ، م ٢ .

ونظراً لأن :

$$ع = \frac{ك}{س}$$

حيث ك = كمية الهواء الداخل بالممر ، م ٣ / ثانية .

$$هـ = \frac{م\ ل\ ح\ ك^{٢}}{س^{٣}}\ مم\ (ع \cdot م .)\ (١١) .$$

وتتوقف قيمة المعامل (م) على شكل الممر ودعائمه ، حالة الدعائم ، حجم الممرات ، تؤخذ القيمة العددية للمعامل (م) من جداول خاصة فى أجزاء من الألف أو المائة (تؤخذ مثلا بالنسبة للآبار مستطيلة القطع ذات الدعائم المعلقة (م = ٠,٠٠٣ — ٠,٠٠٤) ، وفى الطوالى وما يماثلها من الممرات وبدون تأثير الدعائم (م = ٠,٠٠١٥ — ٠,٠٠٢٥) ، وفى الممرات الصاعدة ذات الدعائم التى على شكل هياكل فى جزأين من مقطعها وجزء للسلالم . (م = ٠,٠٠٥٠ — ٠,٠٠٥٥) وتزداد قيمة المعامل (م) بزيادة حجم الممرات ، ووجود دعائم محطمة بنسبة تصل إلى (٢٥ — ٥٠ ٪) .

ويسمى المقدار ($\frac{م\ ل\ ح}{س^{٣}}$) بالمعادلة (١١) بالمقاومة (Resistance of the roadway) النوعية للممرات ويرمز له بالرمز ر . ويصبح شكل المعادلة (١١) بعد التعويض بالرمز ر كالآتى :

$$هـ = ر\ ك\ ٢ \qquad (١٢) .$$

وقياس مقاومة الممرات المنجمية للهواء بالاستعانة بوحدات المقدار (ر) غير مريحة لأن نتائج حساب المقاومة بها تظهر على شكل أجزاء لتقدير المقاومة النوعية يطلق عليها اسم ميورج (Murgues) وهى تساوى $\frac{١}{١٠٠}$ من وحدة المقاومة النوعية ويرمز لها بالرمز ميو .

وبذلك تصبح القيمة العددية لمقاومة الممرات بوحدات الميورج أكبر ١٠٠٠ مرة عن

تلك المحسوبة بوحدات المقاومة النوعية . أي أن $\mu = ١٠٠٠ \rho$. ويصبح شكل معادلة فرق علو الضغط كما يلى :

$$هـ = \frac{\mu \, ك \, ٢}{١٠٠٠} \qquad (١٣)$$

وتستخدم هذه الصورة النهائية عادة فى الحسابات ويستخدم مفهوم اصطلاحى للمقارنة بين الصعوبة النسبية فى تهوية أجزاء المنجم وممراته يعرف باسم الفتحة المماثلة . (Equivalent orifice) ويطلق مصطلح الفتحة المماثلة على فتحة افتراضية دائرية (أ) فى حائط يمر خلالها من جانب أو آخر بسبب الاختلاف فى ضغط تيار الهواء يمكن أن تصل كميته إلى نفس القدر الذى يدخل من الهواء إلى المنجم إذا كان الفرق فى علو الضغط متساوياً فى الخالتين .

ويحدد مقدار الفتحة المماثلة بالمعادلة الآتية :

$$أ = ٠,٣٨ \sqrt{\frac{ك}{هـ}} \qquad (١٤)$$

فإذا عوضنا فى هذه المعادلة عن قيمة فرق علو الضغط هـ نحصل على المعادلة :

$$أ = \frac{١٢}{\sqrt{\mu}} \qquad (١٥)$$

ومنها :

$$\frac{١٤٤}{أ^{٢}} = \qquad (١٦)$$

وتقسم المناجم بالنسبة لصعوبة تهويتها إلى ثلاث مجموعات :

صعبة يتراوح فيها مقدار (أ) من صفر إلى ١ م^{٢} .

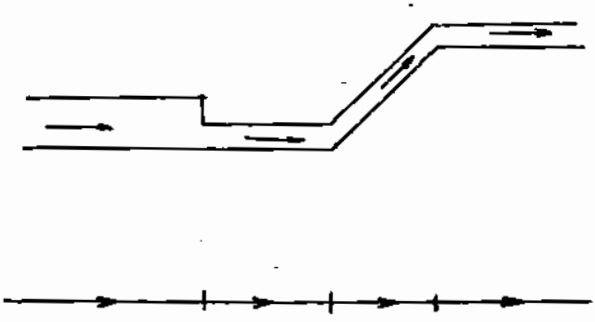
متوسطة يتراوح فيها مقدار (أ) من ١ إلى ٢ م^{٢} .

سهلة يتراوح فيها مقدار (أ) $\geq$ ٢ م^{٢} .

ويوجد أربعة أشكال لتوصيل الممرات بتيار التهوية وهى : التوالى ، التوازى ، القطرى ، والمركبة .

التوصيل على التوالى : (Ventilation in Series)

تطلق هذه التسمية على طريقة توصيل الممرات التى يتحول فيها تيار التهوية بحيث يمر بكل ممر على التوالى دون أن يتفرع كما هو موضح (بالشكل ٣١) ، وعند اتباع طريقة التوصيل على التوالى يكون مقدار المقاومة الكلية مساوياً لمجموع مقاومات كل ممر على حدة أى أن :



(شكل ٣١) طريقة التوصيل على التوالى

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \ldots\ldots\ldots + \mu_n \quad (١٧) .$$

وبما أن $\mu = \frac{١٤٤}{أ^2}$. ويعبر عن العلاقة بين الفتحة المماثلة العامة أ . فى حالة توصيل الممرات على التوالى . وبين الفتحات المماثلة (أ) لكل ممر على حدة بالعلاقة الآتية :

$$\frac{١}{أ^2} = \frac{١}{أ_1^2} + \frac{١}{أ_2^2} + \ldots\ldots + \frac{١}{أ_n^2} \quad (١٨)$$

ولما كانت :

$$\mu = \frac{١٠٠٠ \, هـ}{ك \, ق^2}$$

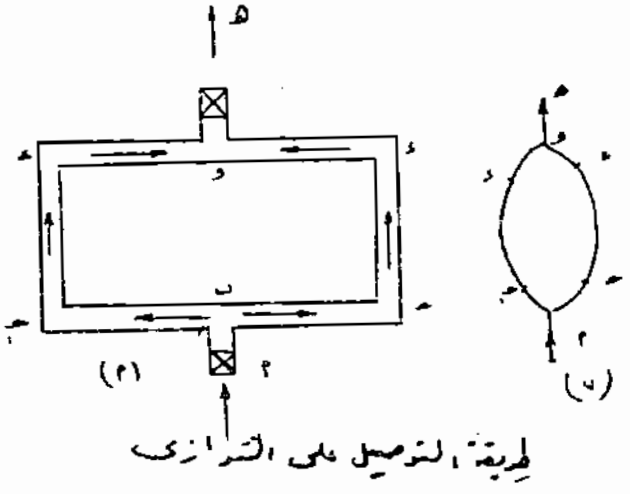
فإنه عندما تكون ك = ك$_{١}$ = ك$_{٢}$ = ... = ك$_{ن}$

هـ العامة = هـ$_{١}$ + هـ$_{٢}$ + . . هـ$_{ن}$ (١٩) .

أى أن فرق علو الضغط فى حالة توصيل الممرات على التوالى يساوى مجموع فرق علو الضغط بالنسبة لكل ممر على حدة، وكلما زاد عدد الممرات فى طريقة التوصيل على التوالى كلما كانت تهويتها أصعب .

التوصيل على التوازى : (Parallel Connection)

تطلق هذه التسمية على طريقة توصيل الممرات التى تتفرع فيها من إحدى النقط وتتصل فى نقطة أخرى مما يسبب تفرع وتلاق تيار الهواء . ويوضح (شكل ٣٢ — أ) أن تيارى الهواء أ حـ ، أ حـ$_{١}$ ك$_{١}$ يمثلان توصيلا على التوازى . وكل واحد منها بدوره يمثل توصيلا على التوالى بالنسبة لبعض الممرات ويوضح (شكل ٣٢—ب) تخطيطاً لتوصيل الممرات على التوازى.



(شكل ٣٢) طريقة التوصيل على التوازى

ويتساوى فرق علو الضغط بالنسبة لكل ممر من الممرات المتفرعة على التوازى مع فرق علو الضغط بالنسبة لمجموعة الممرات المتصلة بعضها ببعض . ويرجع ذلك إلى أن الفرق فى الضغط بين البداية (أ) ونهاية الممر (و) يمثل فرقاً بين نقطتين من النقط العامة بالنسبة لكل من الفرعين :

هـ = هـ$_{م}$ = هـ$_{ر}$ (٢٩)

ويحدد مقدار المقاومة الكلية لتوصيل تيارين من الهواء على التوازى إذا كانت مقاومة كل منها μ_1 ، μ_2 بالمعادلة الآتية :

$$\mu = \frac{\mu_1}{2\left(\sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}+1\right)} + \frac{\mu_1}{2\left(\sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}}+1\right)} \quad (٢١)$$

وبالنسبة للحالة الخاصة $\mu_1 = \mu_2$

فان μ كلية $= \frac{\mu_1}{٤}$ (٢٢)

أى أن المقاومة الكلية لممرين متماثلين ومتوازيين أقل أربع مرات من مقاومة إحداهما .

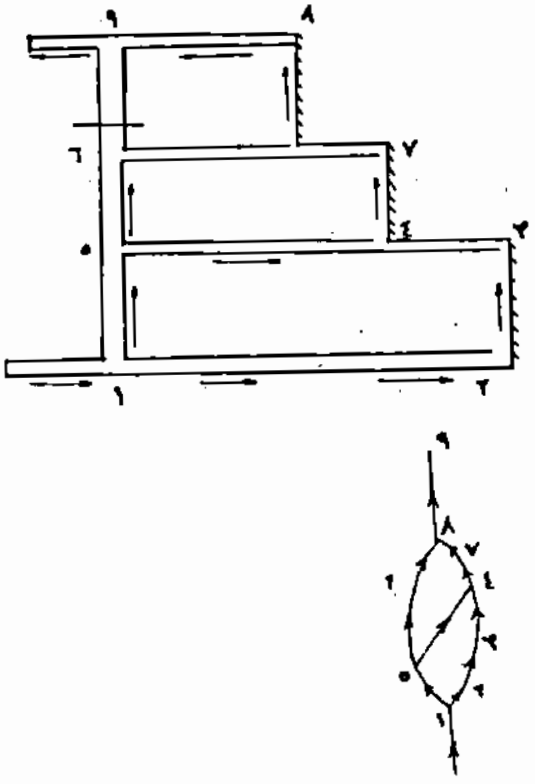
ويحدد مقدار الفتحة المماثلة لبضعة ممرات متصلة على التوازى بالمعادلة .

$$أ = أ_1^{ن} + أ_2^{ن} + أ_3^{ن} \cdots\cdots\cdots أ_{ن}^{ن} \quad (٢٣)$$

وتزداد سهولة تهوية المناجم كلما زاد تقسيم تيار التهوية العمومى على عدد أكبر من الممرات المتصلة على التوازى .

التوصيل القطرى : (Diagonal Connection)

تطلق هذه التسمية على الممرين اللذين يتصلان على التوازى ثم يتم توصيلها أيضاً ببعضهما بممر أو ببضعة ممرات إضافية كما هو موضح (بالشكل ٣٣) فإذا تم توصيلها قطرياً بممر إضافى واحد سمى ذلك توصيلا بسيطاً ، أما إذا زاد عن ممر واحد فيسمى بالتوصيل المعقد ، ومن الخصائص التى يتميز بها التوصيل القطرى أن تيار الهواء يستطيع أن يتحرك بالاتجاه القطرى أو إلى الأمام فى الاتجاه المضاد أو لا يدخل على الإطلاق إلى أية توصيلة . كل ذلك يعتمد على مقدار المقاومة التى تبديها الممرات للهواء . مثلا إذا كانت مقاومة الفرع ٥ ، ٦ ، ٨ أكبر من مقاومة الفرع ٥ ، ٤ ، ٨ فإن جزءاً من الهواء يمر فى الاتجاه من النقطة ٥ إلى النقطة ٤ ، أما إذا كانت مقاومة الفرع ٥ ، ٤ ، ٨ أكبر من مقاومة الفرع ٥ ، ٦ ، ٨ فإن جزءاً من الهواء يتحرك من النقطة (٥) فى اتجاه (٨) .



(شكل ٣٣) التوصيل القطرى

التوصيل المركب : (Compound Conuection)

وتطلق على جميع طرق توصيل الممرات المنجمية ابتداء من دخول تيار التهوية إلى فوهة المنجم وانتهاء بانتشاره بالمراوح . ويحسب فرق علو الضغط الكلى بالنسبة للمنجم بعد إعداد تخطيط للتهوية ، وحساب كمية الهواء اللازمة ، وتوزيع التيار على كل أقسام وواجهات التشغيل المختلفة بالمنجم .

ويحسب فرق علو الضغط الكلى بالنسبة لكل تيار على حدة ؛ وتبدأ العمليات الحسابية من فوهة البئر التى يدخل منها التيار إلى المنجم إلى أن يصل إلى فوهة بئر التهوية مارًّا بالممرات المتصلة على التوالى . ويتم اختيار أكبر قيمة محسوبة لفرق علو الضغط بالنسبة لتيارات الهواء المختلفة ، ويعتبر ممثلا لفرق علو الضغط الكلى للمنجم .

ويقدر فرق علو ضغط للمراوح بالمعادلة :

هـ ح = هـ م ± هـ ع + هـ ط (٢٤)

حيث : هـ م = فرق علو الضغط بالمنجم ، مم ع م .

هـ ع = فرق علو الضغط الناتج من السحب الطبيعى للهواء ، مم ع م

(وتوضع الإشارة الموجبة إذا كان اتجاه حركة تيار التهوية المطلوب عكس اتجاه حركة تيار التهوية الناتج من السحب الطبيعى ، أما الإشارة السالبة فتوضع فى حالة انطباق اتجاهى حركة تيارى التهوية)

هـ ط = فرق علو الضغط فى محطة التهوية (يسببه انتشار تيار الهواء أثناء خروجه إلى الجو) ، مم ع م .

وبتحديد كميات الهواء المطلوب للمنجم وفرق علو الضغط للمراوح يمكن اختيار نوع وأبعاد المراوح التى تحقق أقل تكلفة للمتر المكعب من الهواء الذى تزود به الممرات المنجمية تحت الأرضية .

وتستخدم النماذج الكهربية لحساب طريقة التوصيل المركبة . و يعتمد استخدام هذه الطريقة على ما يأتى :

تخضع حركة تيار الهواء فى الممرات المنجمية لقانون التربيع .

هـ = ك ٢ . (٢٥)

وكذلك تخضع حركة التيار الكهربى فى التوصيلات غير الخطية لقانون التربيع :

ق = م ت ٢ (٢٦) .

حيث ق = قوة التيار ، فولت .

م = معامل المقاومة ، فولت أمبير ٢ .

ت = شدة التيار ، أمبير .

وتعتبر قوة التيار مماثلة لفرق علو الضغط (هـ) بمقياس معين ، كما تماثل شدة التيار الكميات التى يستهلكها المنجم من الهواء ك ، ومقاومة الممرات بوحدات المقاومة النوعية تماثل مقدار المقاومة الكهربية بالأوم للتوصيلة غير الخطية . وتستخدم لمبات كهربية مختلفة

القوة (من ٢,٥ إلى ٢٢٠ فولت) بالنماذج الكهربية لحساب شبكات التهوية المركبة المماثلة للممرات المنجمية . وتجميع نموذج شبكة التهوية الكهربية يتم بحيث تماثل مقاومة اللمبات بمقياس محدد مقاومة الممرات . وبعد توصيل النموذج بمصدر كهربى ثابت التيار تقاس قوة التيار وكذلك شدته فى كل فروع التوصيلة . وعلى هذا الأساس ، يتحدد مقدار فرق علو الضغط وكميات الهواء بالفروع المختلفة بدقة تصل إلى ٥٪ مع الأخذ بالاعتبار مقياس التماثل المأخوذ . وتسمح طريقة النماذج الكهربية بحل مشاكل التهوية المعقدة التى لا يمكن حلها بالوسائل الأخرى .

٦ – تهوية الممرات أثناء إنشائها

يستخدم فى أغلب الأحيان لتهوية الممرات أثناء إنشائها تهوية محلية مكونة من مراوح مع أنابيب للتهوية ، وأكثر أنواع المراوح استخداماً هى المراوح الكهربية المحورية ، ويتراوح إنتاجها بين ٥٦ – ٤١٢ م ٣ دقيقة وضغطها من ٨٠ – ٣١٥ كجم / م٢ .

وعندما يصعب أو يستحيل توصيل الطاقة الكهربية إلى مراوح التهوية ، تستخدم مراوح محورية تعمل بالهواء المضغوط الذى يصل اليها من شبكة الهواء المضغوط بالمنجم. ويتراوح إنتاج هذه المراوح بين ٤٥ إلى ١٢٠ م٣/ دقيقة ويبلغ ضغطها من ١٢٥ – ١٥٠ كجم/م٢ . وفى أغلب الأحيان تستخدم أنابيب مصنوعة من قماش الشراع (قماش القلع) أو من النسيج المشمع (وأقطارها) ٣٠٠ ، ٥٠٠ ، ٦٠٠ مم) وأطوالها (٥ إلى ٢٠ متراً) أما الأنابيب المعدنية فأقطارها : (٣٠٠ ، ٤٠٠ ، ٥٠٠ مم) (ويصنع أحياناً أكبر من ذلك) وطول فقراتها من ٢ – ٣ أمتار . ولقد بدأ حديثاً استخدام أنابيب مصنوعة من البلاستيك (Plastic polyvinyl chloride) تتميز بمتانة ميكانيكية كبيرة ، ولا تنفذ الهواء ، وتقاوم الحريق ، ومعامل مقاومتها للهواء قليل . وتتحقق التهوية المحلية بطريقة دفع الهواء أو امتصاصه بالمراوح أو باستخدام الطريقتين معاً . وتركب المراوح فى طريقة دفع الهواء عند تيار الهواء النقى وعلى بعد لا يقل عن ١٠ أمتار ، من فوهة الممر المطلوب تهويته (شكل ٣٤ – ١) ويدخل الهواء النقى إلى واجهة التشغيل بواسطة أنابيب التهوية ، أما الهواء الملوث فيطرد من الواجهة خلال الممر المنجمى .

ومميزات هذه الطريقة : سرعة تحرير واجهة التشغيل من الغازات السامة بعد أعمال

التفجير ، وإمكانية استخدام الأنابيب المصنوعة من القماش والتى إذا ما قورنت بالأنابيب المعدنية فهى أقل وزناً وأكثر مرونة وأسهل عند تعليقها ونقلها ، كما أنه يمكن تقريبها إلى الواجهة مما يسهل عمليات التهوية ،وتحدد هذه المسافة بين نهاية أنابيب التهوية وواجهة التشغيل بالمعادلة الآتية :

$$ل_{١} \geq ٦ \sqrt{س} \quad (٢٧) .$$

حيث :

س = مساحة مقطع الممر المطلوب تهويته ، م^{٢} .

أما مساوئ طريقة دفع الهواء فى التهوية فهى أن طرد الغازات الضارة والأتربة يحدث خلال جميع أجزاء الممر وبسرعة بطيئة مما يؤدى إلى زيادة زمن التهوية فى حالة الممرات الطويلة إلى حد كبير .

وتركب المراوح فى طريقة امتصاص الهواء بالقرب من تيار الهواء الخارج وعلى مسافة لاتقل عن ١٠ أمتار من فوهه الممر المطلوب تهويته (شكل ٣٤ — ب) ويتم امتصاص الهواء من واجهة التشغيل فى الأنابيب. ولتحقيق تهوية فعالة يجب أن تكون مسافة الامتصاص بين نهاية الأنابيب وواجهه التشغيل .

$$ل_{٢} \geq ٣ \sqrt{س} \quad (٢٨) .$$

ومميزات هذه الطريقة :

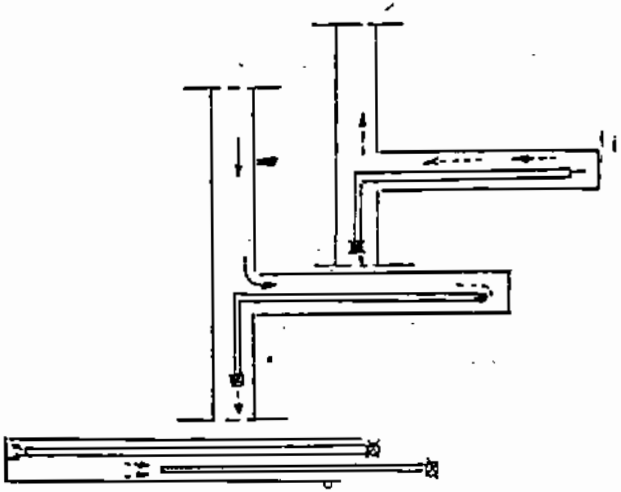
وجود الهواء النظيف بطول الممر كله فيما عدا الواجهة المغلقة مما يسمح بالابتداء ببعض الأعمال فى أجزاء بطول الممر قبل أن يتم طرد الغازات كاملا من الواجهة . وتتحدد على وجه التقريب مسافة إطلاق الغازات بالنسبة للممرات الأفقية بالمعادلة :

$$ل_{٣} = ٢٫٤٤ ق + ١٠ ، م \quad (٢٩) .$$

ق = أكبر استهلاك للمفرقعات ، كجم .

وعيوب هذه الطريقة هى ضرورة تقريب نهاية الأنابيب من الواجهة مما يؤدى إلى تكسير أجزاء منها فى عمليات التفجير واستحالة استخدام الأنابيب المصنوعة من القماش .

وعند استخدام طريقتى الدفع والامتصاص معا لتهوية الممرات بواسطة المراوح (شكل ٣٤ – حـ) تعمل واحدة منها بطريقة الامتصاص ، أما الأخرى فتعمل بطريقة الدفع وتركب بالقرب من الواجهة .



(شكل ٣٤) تهوية الممرات أثناء إنشائها

وتعتبر مروحة امتصاص الهواء من الواجهة أساسية فى هذه الطريقة، أما المروحة الدافعة فهى مساعدة لتزداد سرعة الهواء النظيف عن الملوث ولطرد الغازات والأتربة من الواجهة، ويؤخذ إنتاج مروحة الامتصاص عند إقامة سدود للتهوية بالممر على مسافات تتراوح بين ٣٠ – ٦٠ متراً من الواجهة . ، أقل بمقدار ١٠٪ عن إنتاج المراوح الدافعة لتجنب الامتصاص الزائد للهواء الملوث، الذى يقل إلى ٣٠ ٪ فى حالة عدم وجود سدود للتهوية بالممر . ويسمح استخدام طريقتى الدفع والامتصاص معا لتهوية الممرات بتقليل زمن التهوية بعد إعمال التفجير إلى ٥ – ١٠ دقائق .

وينبغى ألا تزيد إنتاجية مراوح التهوية المحلية مع اتباع أية طريقة للتهوية عن ٧٠٪ من كمية الهواء الداخلة إلى المنجم نتيجة الامتصاص الناشئ من فرق علو الضغط الكلى . ويؤدى خلاف ذلك إلى الإخلال بالتخطيط المتبع لتيارات التهوية العامة . ولاتستخدم التهوية المحلية بعد أعمال التفجير فى الواجهات فقط . ولكنها تستخدم أيضا أثناء تحميل الصخور والخامات المفجرة ، وأثناء الحفر وغيره من الأعمال لطرد الأتربة والغازات المنبعثة من الواجهة . ويراعى

عند اختيار طريقة التهوية الأخذ فى الاعتبار الحالة الانتاجية للعملية المعينة ذلك لأنه فى حالة إنشاء الآبار تتبع طريقة دفع الهواء فى التهوية ، ويرجع ذلك لانطباق اتجاه حركة الهواء من الواجهة إلى فوهة المنجم مع الاتجاه الطبيعى لحركة الغازات بعد أعمال التفجير مما يسبب بالتالى تقصير زمن التهوية . أما فى حالة إنشاء الممرات الأفقية . فتستخدم غالباً طريقة دفع الهواء للتهوية عندما يتراوح طول الممرات من ٢٠٠ــ٤٠٠م ، أما إذا زاد طوله عن ذلك فتستخدم طريقة الامتصاص أو طريقة الدفع والامتصاص معا خصوصاً إذا كان معدل إنشاء الممرات كبيراً .

ومن أكثر طرق التهوية مناسبة عند إنشاء الممرات الصاعدة هى طريقة التهوية بالدفع والامتصاص معاً بالإضافة إلى استخدام آبار خاصة للتهوية يتم حفرها من مستوى التهوية .

٧ ــ تصريف المياه المنجمية :

تصريف المياه المنجمية هو مجموعة الإجراءات التي تتحقق بالمنجم لتلافى غمر ممراته تحت الأرضية أو السطحية بالمياه ، ويكون ذلك بطريقة ضخ المياه من الصخور المنجمية .

وتسمى جميع أنواع المياه التى توجد فى صخور القشرة الأرضية تحت سطح الأرض بالمياه تحت الأرضية (Underground water) وتعتبر الرواسب الجوية المصدر الأساسى للمياه الأرضية وتتسرب المياه تحت الأرضية بالممرات المنجمية من الصخور الحاملة للمياه التى تخترقها ، ومن الشقوق والمسام المجاورة للصخور المنجمية ومن الفجوات الممتلئة بالمياه ، ومن الممرات القديمة المغمورة عادة بالمياه والصخور الرملية والجيرية تعتبر أكثر الصخور حملا للمياه . وتتحدد طريقة ضخ المياه من رواسب الخامات المعدنية فى نفس الوقت الذى تكتشف فيه ويحدد غزارة المياه التى تحتوى عليها الرواسب المعدنية بمعامل الغزارة المائية .

ويعرف معامل الغزارة المائية لمنجم بعدد الأمتار المكعبة من الماء التى لابد من ضخها من المنجم بواسطة محطات الضخ منسوبة إلى الطن الواحد من الخامات النافعة خلال عام .

$$م = \frac{ك}{ج} \qquad (٣٠) .$$

حيث ك = كمية الماء الذى تم ضخه من المنجم خلال عام الف م ٣

ج = الإنتاج السنوى للمنجم ألف طن .

وعند تصميم المناجم تؤخذ قيمة معامل الغزارة المائيه عمليًا من المناجم المجاورة التى تماثل فى ظروفها المنجمية والجيولوجية مع المنجم المطلوب تصميمه ،وبعد ذلك تضبط قيمة هذا المعامل أثناء عمليات الاستغلال ، وتتفاوت قيمة معامل الغزارة المائية للمناجم المختلفة فتبلغ قيمته جزءاً من المتر المكعب للطن وتصل إلى ٢٥م٣ (وأكثر) . والمياه المنجمية فى أكثر الأحيان ملوثة بالمواد المعدنية أو بقايا المواد العضوية أو الميكروبات مما يجعلها غير صالحة للشرب ، وكذلك لاتصلح غالباً حتى للأغراض الصناعية ، وتنقسم المياه الأرضية بالنسبة لما تحتوى عليه من شوائب كيميائية إلى الحمضية والقلوية ، والعذبة . وتحتوى المياه الحمضية على أحماض كبريتية وغازات حرة . وتنشأ الأحماض الكبريتية فى المياه نتيجة أكسدة الكبريتيدات (مثل البيريت ح كب٢) والكالكوبيريت نح ح كب٢ وللمياه الحمضية تأثير يؤدى إلى تلف أجزاء من الآلات المنجمية المصنوعة من الحديد أو الصلب والقضبان والمواسير والخرسانة وأحذية العمال وملابسهم . وتحتوى المياه القلوية على شوائب قلوية (بويد؟ ، ص يد؟) وهى تتلف خطوط المواسير والطلمبات.

وللمياه التى تحتوى على ملح الطعام تأثير متلف على المواد المصنوعة من الحديد .

ويؤخذ فى الاعتبار خواص المياه المنجمية عند اختيار آلات المنجم ومعداته،وكذلك عند اختيار وسائل مكافحة تأثير المياه المنجمية الضار .

وتعتبر طريقة تصريف المياه (عن طريق ضخها) خارج المنجم بواسطة محطات التصريف (المضخات والمحركات الكهربية) من الطرق الأساسية لمكافحة تدفق المياه . ويدخل ضمن مجموعة أجزاء المضخات صمام الدخول ، والصمام المعكوس ، والصمام المنزلق وذراع التوصيل ومقياس الضغط (المانومتر) ولا تعمل المضخات إلا إذا امتلأت بالماء تماماً ولم يبق بها هواء . ويشبه تشغيل المضخات من حيث المبدأ تشغيل المراوح . وأثناء عملية الضخ يكون خط الأنابيب ممتلئاً بالمياه،ويؤدى دوران طارة التشغيل إلى دفع الماء خلال

الصمام المنزلق والصمام المعكوس إلى خط أنابيب الدفع .

وتتدفق المياه من جديد إلى المنطقة التى حدثت بها خلخلة نتيجة امتصاص الماء من خط أنابيب الامتصاص خلال صمام الدخول تحت تأثير الضغط الجوى على سطح المياه فى خزان الاستقبال . وتتدفق المياه بدون انقطاع مع الدوران المستمر لطارة التشغيل. والارتفاع النظرى للامتصاص يصل إلى ١٠م ويبلغ عمليا ٤—٦م وتتنوع منشآت تصريف المياه فى منطقة الاستقبال فى الآبار المنجمية ، وتتكون من خزان للمياه وحجرة للمضخات . وخزان المياه عبارة عن حوض تفقد فيه المياه ما تحمله من الفتات الصخرى ثم تدخل مرشحة إلى محطة الضخ. ويتكون خزان المياه من ممرين يشتغلان معا فى العادة ، أما أثناء التنظيف فيشتغل واحد منهما فقط . وتؤخذ سعه خزانات المياه المراد إعادة إنشائها أو اللازمة للمناجم المطلوب تصميمها مساوية لمقدار ما يتدفق طبيعيًا من المياه خلال ثمانى ساعات ، ولا تقل عن تدفق خمس ساعات بالنسبة للمناجم الشغالة .

وتنشأ خزانات المياه المدعمة بالخرسانة العادية بحيث يتساوى مقطعها مع مقطع ممرات النقل أو يقترب منه وتنشأ على مسافات ٢ر٥—٣ متر أوطى من منسوب قاعدة حجرة المضخات وتنشأ خزانات المياه بارتفاع تدريجى قليل فى اتجاه حجرة المضخات وذلك لترشيح المياه .

وتدخل المياه من الخزان خلال خط الأنابيب والصمام المنزلق إلى بئر التوزيع التى يقل منسوبها بمقدار ٥ر١م عن منسوب أعلى نقطة فى خزان المياه ومنه خلال المجمع إلى بئر مضخات الامتصاص . وتدعم حجرة المضخات عادة بالخرسانة . ويعلو منسوب أرضية حجرة المضخات بمقدار ٥ر٠ متر عن منسوب القضبان الممتدة فى محطه استقبال الخامات تحت الأرض فى منطقة ارتباطها مع البئر ، وذلك لتلافى غمر الحجرة بالمياه . وتتصل حجرة الضخ بمحطة الاستقبال المنجمية بممرات دخول تركب فيها سدود غير منفذة للمياه ولها أبواب تفتح فى اتجاه محطة الاستقبال المنجمية . وتتصل حجرة الضخ بالبئر بممر مائل (يتراوح ميله بين ٢٥ — ٤٥°) تركب فيه المواسير والكابلات الكهربية . وتركب فى حجرة ضخ المياه وحدات المضخات . وعندما يزيد تسرب المياه عن ٥٠م ٣ / ساعة ، يركب ما لا يقل عن ثلاثة وحدات من المضخات المماثلة فى إنتاجها ؛ منها واحدة شغالة ، والثانية احتياطى ، والثالثة فى الصيانة .

وينبغى ألا يزيد ضخ كل وحدة من المضخات للتسرب اليومى العادى للمياه من

من المنجم عن ٢٠ ساعة عمل . وتزود كل وحدة من المضخات بخطى أنابيب متماثلين فى القطر ، أحدهما شغال والآخر احتياطى ، وتركب خطوط الأنابيب بطريقة تجعل من الممكن توصيل أى مضخة بأى خط .

وتقام عند مخرج الممر المائل قاعدة متينة لكوع خط الأنابيب، ويدعم خط الأنابيب فى البئر بدعامات ثابتة بها صناديق حشو للاتزان على أبعاد كل ١٠٠ — ١٥٠ متراً ، وتثبت فى هذه المسافات البينية بحوامل للتوجيه ولتلافى الانحناءات الطولية بالخط .

وتصنع أجزاء خط الأنابيب عند ضخ المياه الحمضية من الصلب المقاوم للصدأ . المحتوى على الكروم والنيكل . وتصنع طارة المضخة من مادة التكستوليت (Textolit) (وهى عبارة عن رقائق من الكاوتشوك المصنع بطريقة خاصة) . أو البلاستيك الفينيبلاست (Viniplast) أو من الزجاج . وتبطن الأنابيب من الداخل للمحافظة عليها من الصدأ بالخرسانة المجهزة بالأسمنت المقاوم للأحماض أو بالمواد البلاستيكية كما تبطن من الخارج بدهان مقاوم للأحماض . وتركب أكثر من ثلاث وحدات من المضخات عند زيادة تسرب المياه فى حجرة الضخ . ولقد سجل أكبر معدل لتسرب المياه ١٠ — ١٢ ألف م٣/ساعة فى المتوسط السنوى بمنجم (ميرجاليمسكايسكى) بالاتحاد السوفيتى . ويصل إلى ١٩ ألف م٣/ ساعة فى المدة التى يبلغ فيها ارتفاع منسوب المياه الأرضية نهايته العظمى . ويوجد فى هذا المنجم ثمانى محطات اتوماتيكية لضخ المياه . وتحتوى محطة ضخ المياه الرئيسية على ١٦ مضخة يصل إنتاجها فى العام ١٩٢٠٠م٣/ ساعة ، ويعمل منها فى الربيع ١٠ — ١٢ مضخة كل منها على خط أنابيب منفصل . ويبدأ تنظيف خزانات المياه عادة بعد أن يمتلئ أحد أقسامها بالغرين ، ويحدث ذلك ببضع طرق : تصريفها من المياه بواسطة المضخات بعد إثارة (Roiling) الغرين المترسب بالهواء المضغوط . أو باستخدام آلات كاشطة رافعة . آلات تعبئة ميكانيكية أو روافع مائية مع وسائل لتحميل الغرين فى العربات ويصل بعد ذلك إلى سطح الأرض .

وينبغى وجود سعة احتياطيه لاحتمال زيادة التسرب وحرمان المنجم عمليًّا من الضخ فى القسم الأول أثناء التنظيف، ويمكن تجنب هذه المساوئ باستخدام مضخات خاصة بالرمل أو جرافات وأوعية ترسيب احتياطية . وتوضع مضخات البراميل أو الجرافات بقسم الخزانات المراد تنظيفها بهذه الطريقة، وتنقل عجينة الغرين بخط أنابيب إلى ممر مغلق مساحة مقطعه

٨ – ١٢م ٢ ينشأ خصيصا لذلك أو بالمناطق المستنفذة بجوار خزان المياه فى مستوى ممر النقل الرئيسى يطلق عليها مناطق الترسيب الاحتياطية. وتنشأ مناطق الترسيب الاحتياطية بارتفاع تدريجى ٠,٠٠٤ وتفصل عن باقى الممرات بسد يصنع من الاخشاب لترشيح عجينة الغرين وينساب الماء المرشح منها إلى خزانات المياه . وتمتد طرق النقل إلى خزانات المياه الاحتياطية وبها تحويلات تسع من ٦ – ٨ عربات . وبعد أن تتسرب المياه من العجينة الطينية ويبلغ مقدار ما تحتوى عليه من الرطوبة (١٠–١٥٪) يفك السد الخشبى وينقل مع الغرين إلى العربات بآلة التحميل . وتؤخذ سعة مناطق الترسيب الاحتياطية بحيث لا تقل عن سعة أحد أقسام خزان المياه أو ٥٠ ٪ من سعة الخزان . ولقد أدى استخدام مناطق الترسيب الاحتياطية مع استخدام آلات التجريف) بحقول بعض المناجم الضخمة إلى تقصير المدة اللازمة لتنظيف أعمال تصريف المياه المنجمية بوسائل التحكم الآلى (الأتوماتيكى) بحيث يتحقق تشغيل أو ايقاف وحدات من المضخات أتوماتيكيا اعتماداً على منسوب المياه بالخزان ، وكذلك تشغيل الواحدات الاحتياطية فى حالة تعطل الوحدات الشغالة . ومراقبة عمل المضخات . وتوصيل جميع المعلومات إلى لوحة التحكم بغرفة العمليات إلى غير ذلك . ويؤخذ فى الاعتبار عند تخطيط وسائل التحكم الآلى إمكانية ، إدارة المضخات يدويا ، وتسهل عمليات التحكم الآلى فى حالة إنشاء حجرات تحميل خاصة تتوزع أسفل المستوى المراد ضخ مياهه ويبعد عنه بضعة أمتار . وتوزع خزانات المياه عند ذلك أعلى حجرة الضخ وعلى بعد ٢٫٥ – ٣ م مع الأخذ فى الاعتبار أنه عند الانتهاء من ضخ المياه تترك المضخات ممتلئة بالمياه لتكون جاهزة للتشغيل . ويمكن أن يحدث بالاضافة للتسرب العادى ، اندفاع مفاجئ لكميات مياه كبيرة من الممرات المنجمية القديمة المغمورة بالمياه ، أو من الفجوات تحت الأرضية الممتلئة بالمياه ، أو من خزانات المياه السطحية ، ولتجنب الفيضان المفاجئ ينبغى أن توقع جميع مصادر تسرب المياه الممكنة على الخرائط المساحية (مثل الممرات القديمة المغمورة بالمياه ، خزانات المياه إلى غير ذلك) مع الإشارة إلى حدود الأعمدة الحاجزة التى تترك عند التصميم . وينبغى إحاطة المياه السطحية التى تجرى بالأغوار والوديان المختلفة وغيرها من المصادر المائية بقنوات تصريف تحقق صرف المياه السطحية فلا تتسرب إلى الممرات المنجمية. وتتحقق وسائل مكافحة الاندفاع المفاجئ للمياه فى الممرات المنجمية بتخطيط منفصل .ويتكون تسرب المياه فى المحاجر من تدفق المياه السطحية والرواسب الجوية ، وتتحقق مكافحة المياه تحت الأرض عند استخراج رواسب الخامات بالمحاجر بالطرق الآتية :

١ ــ التجفيف المسبق لحقل المحجر قبل بداية إنشاء ممراته التجهيزية وأعمال الاستخراج، وذلك بتحويل مجارى الأنهار بعيداً عن حدود منطقة الاستغلال ، وإنشاء آبار تصريف لتخفيض منسوب المياه خارج حدود حقل المحجر وتضخ المياه من الآبار العميقة والإرتوازية بواسطة المضخات المعلقة والمضخات المركزية .

٢ ــ التجفيف أثناء عمليات الاستغلال بالاستعانة بمنشآت ضخ المياه ووسائل تصريفها .

٣ ــ التجفيف المركب ، وهى طريقة الجمع بين التجفيف المسبق مع التجفيف أثناء عمليات الاستغلال فى وقت واحد .

وتتحقق عمليات التجفيف فى أغلب الأحيان أثناء عمليات الاستغلال بواسطة الآبار العميقة والمضخات التى تعمل فى العمق . وتنحصر هذه الطريقة فى حفر آبار تتراوح أقطارها من ٦٠ ــ ٢٠٠ مم ويصل عمقها إلى ٥٠٠ متر فى معظم أجزاء الصخور المتشققة خارج حدود المحجر أو فى حدود واجهه التشغيل بقاع المحجر . وتدعم هذه الآبار بغرس أنابيب معدنية بها وفى حالة المياه المدمرة تستخدم مواسير من البلاستيك أو الزجاج . ويوجد بالأنابيب ثقوب يتراوح قطرها بين ٢٥ر٠ ــ ٣ مم أو شقوق طوليه أبعادها ٤ × ٢٠ مم . وتضخ المياه من الآبار بواسطه المضخات المركزية المغمورة التى تهبط فى البئر مع المحركات لتعمل تحت الماء . ويركب فوق فوهة البئر اسطوانة ضاغطة لتدعيم أعمدة أنابيب الضخ وكوع تصريف المياه .

وتصرف مياه الضخ بالمواسير بعيداً عن الاتجاه الذى يحتمل أن تسيل منه المياه مرة أخرى إلى الممر وتقذف بقنوات التصريف . وتستخدم هذه الطريقة بنجاح لتصريف المياه فى كثير من المناجم تحت الأرضية والمناجم المكشوفة .

وتصرف المياه الجوفية والتى تتخلل التربة من واجهات التشغيل أحيانا بقنوات تتجه إلى مناطق أوطى منسوبا بالمحجر حيث يقام مبنى خزان المياه. وينشأ إلى جوار خزان المياه محطة الضخ . وعندما تستغل رواسب الخامات بطريقتى المناجم المكشوفة وتحت الأرضية معا ، يصرف جزء من مياه المحجر خلال آبار محفورة خصيصا بقاع المحجر تسمح بنزول المياه إلى الممرات المنجمية ، ثم ترفع إلى سطح الأرض بواسطة محطات التصريف المنجمية .

٨ – إضاءة المناجم

تزيد الإضاءة الجيدة للممرات المنجمية أمن وسلامة العمل كما ترفع من إنتاجية العاملين، وتسهل انتقاء صخور النفاية من الخامات النافعة . وتتحقق إضاءة المناجم بواسطة مصابيح ثابته تغذيها الشبكة الكهربية ومصابيح يدوية متنقلة . وتضئ المصابيح الثابتة التى تغذيها الشبكة الكهربية ممرات العمال ومحطات الاستقبال تحت الأرضية ، وحجرات الآلات الكهربية ، والورشة تحت الأرضية ، ومخازن القاطرات الكهربية ومركز الإسعاف ومخازن المفرقعات وأماكن استقبال الخامات وتغبئتها، وواجهات الممرات التجهيزية والممرات التى تستخدم فيها قاطرات النقل الكهربية . ولا يسمح بزيادة قوة التيار المستخدم لإضاءة هذه الممرات عن ١٢٧ فولت .

وتضاء واجهات التشغيل بواسطة المصابيح المتنقلة التى تصل قوتها إلى ٣٦ فولت وتستخدم مصابيح الإضاءة الثابتة لإضاءة مناجم الخامات المعدنية إضاءة عادية وتبلغ قوتها ٦٠، ١٠٠ ، ٢٠٠ فولت ، وتستخدم أيضا مصابيح الفلوروسنت (Luminescence) .

وتستخدم فى المناجم الخطرة بالنسبة للغازات والأتربة المصابيح اليدوية ذات الأمان الزائد، ويوجد فى بعض أنواع المصابيح وسيلة لقطع التيار عند تلف غطاء الرأس الواقى الذى يثبت به المصباح وذلك بدفعه واخراجها من طرفه، وتستهلك مصابيح الفلوروسنت طاقة كهربية أقل، وعمر استخدامها أكبر مرتين بالمقارنة بمصابيح الوهج العادية (Incandescent lamps) وتقل درجة سخونة أقطاب (Electrodes) مصابيح الفلوروسنت عن أسلاك مصابيح الوهج العادية، ولذلك فإنها لا يمكن أن تكون سبباً لإشعال الغازات والأتربة، حتى إذا كسر زجاجها . وتستخدم بالإضافة للمصابيح التى تستمد تغذيتها من شبكة التيار الكهربى ، مصابيح هواء مضغوط أوهيدروليكية مقاومة للانفجارات . وتتغذى لمباتهاذات الوهج من مولد كهربى ذى تيار متغير داخلها. ويعمل بالهواء المضغوط أو بالتوربينات المائية .

وتحدد المسافة بين المصابيح بالممرات مع الأخذ فى الاعتبار شدة الاضاءة المناسبة التى تنص عليها قوانين الأمن الصناعى . وتستخدم للإضاءة الفردية مصابيح بطاريات تضئ

لمباتها بالوهج العادى أو الفلوروسنت، وتكون مصابيح البطاريات إما يدوية أو مركبة بغطاء الرأس . وتزيد قوة المصابيح المركبة بغطاء الرأس تقريبا عدة مرات بالمقارنة بالمصابيح اليدوية . أما البطارية فتثبت بحزام على الوسط وتستخدم المصابيح المركبة بغطاء الرأس باستخدام بطارية سعة ١٠ أمبير فى الساعة وقوة مصدر التيار بها ١ر٧ — ٣ر٧٥ كيلووات ويتراوح وزنها من ١ر٥ — ١ر٩ كجم .

ويتكون المصباح من جسم من البلاستيك ومصباح من البلاستيك يتصل به كابل مزدوج . وعندما يتحطم زجاج مصباح الوهج الواقى يفصل آليًّا عن تيار البطارية بوسيلة ايقاف آلية .

ويمتلئ الجزء الأساسى القلوى الالكتروليت (Electrolite) بالمادة الفعالة بالألواح (ويعاد ملؤها مرة كل أسبوع) وتتغذى مصابيح البطارية التى تضاء بلمبات فلوروسنت من البطارية خلال محول نصف موصل (Semiconductor) يتكون بمساعدته تيار ثابت ذو ضغط منخفض بدلا من التيار المتغير ذى الضغط العالى .

ويزيد الإشعاع الضوئى من لمبات الفلوروسنت سبع مرات عن لمبات الوهج العادى . وتضاء المحاجر ليلا بمصابيح كاشفة مزودة بلمبات ذات وهج عادى قوتها : ٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٢٠٠٠ وات أو بمصابيح أكثر اقتصاداً . مثل الأنواع التى على شكل قوس ، ومصابيح الكسينون (Xenon) أو التى على شكل ماسورة) وتصل قوتها إلى ١٠ ، ٢٠ ، ٥٠ كيلووات . وتركب المصابيح على أبراج ارتفاعها من ١٥ — ٣٠ متراً وتتوزع على جوانب المحجر بطول طرق النقل .

ويتحقق التحكم على أجهزة الإضاءة بواسطة وسائل التصوير الالكترونى الآلى الذى يثبت على خطوط توصيل الكهرباء وينظم تشغيل المصابيح أو إطفاؤها آليًّا .