الجزء الأول

الفصل الأول

مبادئ هندسة التعدين

١ – تعريف بالصخور والخامات النافعة :

يعرف الجزء الخارجي الصلب من الأرض بالقشرة الأرضية (الغلاف الصلب). ويصل سمك المواد المكونة له من ٣٠ – ٤٠ كم ، يزداد تحت سلاسل الجبال فيبلغ ٧٠ كم . ويقل تحت قيعان المحطات فيتراوح بين ٦ – ١٥ كم .

وأكثر العناصر المكونة للغلاف الصلب انتشاراً هي : الأكسجين ٤٩ ٪ ، السيليكون ٢٦ ٪ ، الألمنيوم ١٧,٤٥ ٪ ، الحديد ٤,٢ ٪ ، الكالسيوم ٣,٢٥ ٪ . . . إلخ .

وقليل جداً من العناصر يمكن العثور عليها في حالتها العنصرية مثل (الذهب ، النحاس ، الكبريت) .

ولكن الغالبية العظمى من العناصر توجد على شكل مركبات كيميائية متحدة بعضها مع بعض يطلق عليها (المعادن) (مثل : الكوارتز ، الكالسيت ، الماجنتيت وغيرها . . .).

ويطلق على تجمع المعادن الذى له إلى حد كبير تركيب ثابت الصخور ؛ وتتكون الصخور من واحد أو أكثر من المعادن . فمثلا يتكون صخر الرخام من معدن واحد فقط هو حبيبات الكالسيت المتبلورة وينتسب الجرانيت إلى الصخور المكونة من عدد كبير من المعادن فهو يتكون من خليط من الكوارتز والفلسبار والميكا وغيرها .

وتسمى الصخور والمعادن التى تستخرج من صخور القشرة الأرضية بغرض استخدامها فى الاقتصاد القومى (الخامات النافعة) وتوجد الخامات النافعة فى الطبيعة على شكل :

غازات (مثل : غازات الوقود) ؛ سوائل (مثل : خام البترول) ؛ مواد صلبة

(مثل : الفحم والحديد وغيره) وتستخدم بعض الخامات النافعة مثل الفحم والكبريت فى الاقتصاد القومى بعد استخراجها مباشرة من صخور القشرة الأرضية . أما البعض الآخر مثل خامات النحاس والحديد وغيرها . فتحتاج إلى تصنيع بعد استخراجها لاستخلاص ما تحتوى عليه من عناصر مفيدة (كالنحاس والحديد وغيرها من المعادن) .

وتعرف الخامات المعدنية بأنها تلك المواد المعدنية التى يمكن استخراجها واستخلاص ما يوجد بها من عناصر نافعة (معادن أو فلزات) بطريقة اقتصادية . ويطلق على الصخور التى لا تحتوى على معادن نافعة أو تحتوى عليها بنسبة غير كافية لتصنيعها واستخلاص ما بها من معادن (صخور النفاية) (Waste) وتعبير الخام المعدنى وصخر النفاية له مفهوم نسبى ويعتمد على مستوى تقدم الوسائل الصناعية والظروف المحلية . فمثلا تعتبر خامات الحديد التى تستخرج فى الوقت الحالى والتى تحتوى على نسبة من الحديد تتراوح بين ١٦ — ١٧٪ خامات معدنية نافعة وكانت تعتبر فيما مضى صخور نفاية . كذلك يطلق على الحجر الجيرى المحيط برواسب خامات الحديد صخور نفاية ولكن الأحجار الجيرية التى تستخرج من محاجر خاصة لاستخدامها فى أفران استخلاص الحديد أو اللازمة لصناعة الأسمنت أو التى تستخدم فى المبانى فإنها تعتبر خاماً نافعاً .

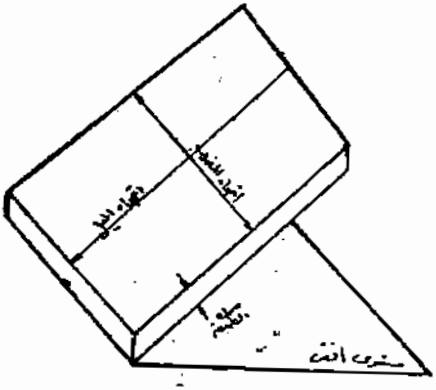
وتنقسم الخامات المعدنية بالنسبة لما تحتوى عليه من المعادن إلى (غنيه ، متوسطة ، فقيرة) .ويعتبر خام النحاس غنياً إذا كان يحتوى على أكثر من ٢ ٪ ومتوسطاً من ١ — ٢٪ ، وفقيراً لأقل من ١٪ . وتوجد لكل خام من الخامات المعدنية الأخرى حدوداً مختلفة . وبالنسبة لعدد المعادن التى تحتوى عليها الخامات المعدنية توجد الخامات البسيطة (إذ كانت تحتوى على معدن واحد) أو متعددة المعادن (إذ كانت تحتوى على عدد من المعادن) .

ويطلق على المنطقة التى تتجمع فيها الخامات النافعة بصخور القشرة الأرضية رواسب الخامات النافعة .

٢ — أشكال وأبعاد رواسب الخامات :

تتميز رواسب الخامات بتعدد الأشكال التى توجد عليها فى الطبيعة . ومن أكثر هذه الأشكال انتظاماً هى الطبقات . ويتحدد فيها جسم الخام بسطحين متوازيين تقريباً .

ويطلق على الصخور المجاورة للطبقة (الصخور المحيطة) ويحدد شكل الطبقة وموضعها عناصر الترسيب : اتجاه الضرب ، اتجاه الميل ، سمك الطبقة وذلك كما هو موضح بالشكل (١) .



(شكل ١) عناصر الترسيب فى الخامات الطبقية

ويحدد اتجاه مضرب الطبقة أو خطوط المضرب بواسطة تقاطع سطحى الطبقة مع مستويات أفقية . وتسمى الزاوية التى يصنعها خط المضرب مع الشمال المغناطيسى (أو الحقيقى) بزاوية انحراف خطوط الحضرب وتوضح زاوية انحراف خطوط مضارب رواسب الخامات موضعها بالنسبة للاتجاهات الأصلية . ويطلق على الخطوط التى تقع فى مستوى سطح الطبقة ومتعامدة على خطوط المضرب (خطوط الميل) وتعرف الزاوية التى تصنعها هذه الخطوط مع المستوى الأفقى (بزاوية الميل) .

وتنقسم رواسب الخامات بالنسبة لزاوية ميلها إلى أفقية ، مائلة ميلا خفيفاً (من صفر إلى ٢٠ — ٢٥°) ، مائلة (من ٢٠ — ٢٥ إلى ٤٥°) ، مائلة ميلا كبيراً (أكبر من ٤٥°) وتقاس أطوال رواسب الخامات فى اتجاه المضرب واتجاه الميل من عشرات الأمتار إلى بضعة كيلومترات . ويقاس سمك الطبقة بأقصر مسافة بين سطحيها (العمود على سطحى الطبقة) ويسمى بالسمك الحقيقى أو العمودى . أما سمك الطبقة فى اتجاه المستوى الأفقى فيسمى بالسمك الأفقى . وفى حالة الطبقات الأفقية يكون السمك هو المسافة المقاسة بين سطحى الطبقة فى اتجاه المستوى الرأسى . وتنقسم حقول الخامات الطبقية إلى رفيعة جداً (وهى التى يتراوح سمكها بين ٠,٦ — إلى — ٢,٠ متر) ومتوسطة السمك (سمكها من — ٢,٠

إلى — ٥, أمتار) . وسميكة من — ٥, أمتار إلى — ٢٠, متراً) سميكة جداً وهى التى يزيد سمكها عن —٢٠, متراً) .

وتوجد بعض الخامات على شكل عروق (Veins) وهى عبارة عن شقوق فى صخور القشرة الأرضية امتلأت بالمواد المعدنية الصلبة وتأخذ العروق أشكالا منتظمة فى بعض الأحيان أما زوايا ميلها واتجاه مضاربها فإنهما يتغيران بتغير العمق والموقع . ويطلق على تجمع عدد من عروق الخامات المعدنية مجموعة العروق . ويعرف أكثرها سمكاً بأنه العرق الرئيسى (Main Vein) وتعرف كتلة الخامات (Stock) بأنها جسم من الخامات لها شكل غير منتظم فإذا كانت أبعاد هذا الجسم كبيرة أطلق عليه اسم الباثوليت (Batholith) .

وتتميز عدسات الخامات (Ore lenses) بأنها أجسام من الخامات تشبه العدسات يقل سمكها فى اتجاه محيطها الخارجى ، ويصل طول عدسات الخامات فى اتجاه مضربها إلى بضعة عشرات من الأمتار وتبلغ أحياناً مئات الأمتار . وتوجد الخامات أحياناً على أشكال متفرعة وهى تتكون عادة من مجموعة من أجسام الخامات قليلة السمك وغير منتظمة الشكل. وتتكون حقول الخامات من شكل أو أكثر من أجسام الخامات .

٣ — بعض الخواص الطبيعية والميكانيكية للصخور :

تنقسم الصخور بالنسبة لتركيبها الداخلى إلى : متماسكة (Consolidated) سائبة (Loose) ، لدنة (Plastic) فالصخور المتماسكة هى التى تتماسك حبيباتها المعدنية المتجاورة بقوة تعرف بالتماسك الداخلى . أما الصخور السائبة فهى التى تتكون من حبيبات منفصلة لا يوجد تماسك بينها . ولكن بعض الصخور السائبة تكتسب صفات الصخور المائعة إذا أضيف إليها الماء . وتتحدد درجة ثبات الصخور بمقدار قوة التماسك بين حبيباتها ؛ وهى ذات أهمية كبيرة بالنسبة لتصميم الممرات فى المناجم ويعرف ثبات الصخور بأنه تلك الخاصية التى تجعل الصخور لا تنهار بعد تعريتها فى مساحة أو أخرى . وتقل درجة ثبات الصخور عندما تتكون فيها الشقوق نتيجة للإجهادات الصخرية الشديدة أو بسبب أعمال التفجير .

ويمكن تقسيم الخامات المعدنية والصخور المحيطة بها بالنسبة لدرجة ثباتها إلى المجموعات الآتية :

١ ــ شديدة الثبات : وهى التى يمكن تعرية مساحة كبيرة نسبيًا من صخورها تبلغ عشرات أو مئات من الكيلومترات دون أن تنهار لمدة تصل إلى عشرات السنوات :

٢ ــ ثابتة : يمكن تعرية مساحة كبيرة نسبيًا من صخورها لبضعة أشهر دون أن تنهار ويمكن أن تظل الممرات المنشأة بهذه الصخور بدون دعائم لعدة سنوات .

٣ ــ متوسطة الثبات ؛ ويمكن تعرية مساحة معقولة من صخورها ولكن لفترة زمنية قليلة نسبيًا .

٤ ــ غير ثابتة : تتطلب صخورها تدعيما بعد تعريتها مباشرة .

٥ ــ غير ثابتة مطلقًا : وهى التى لا تسمح بتعرية صخورها مطلقًا وكقاعدة عامة تستخدم فيها الدعائم مقدمًا .

وتعتبر الصخور المتماسكة من أكثر أنواع الصخور ثباتًا ذلك لأن قوة التماسك بين حبيباتها كبيرة :

ومن أمثلتها (الكوارتزيت ، الجرانيت ، دقيق الحبيبات ؛ الأحجار الجيرية الرملية وغيرها) أما الصخور غير الثابتة فمنها اللينة والهشة (مثل الطفلة والغرين) أما الصخور غير الثابتة مطلقًا فهى الصخور السائبة (مثل الرمل والأتربة) وكذلك الرمال المتحركة . وتؤثر قوة تحمل الخامات والصخور على عمليات استخراجها تأثيراً كبيراً وتعتمد الصخور على مقدار صلابتها ولزوجتها ومرونتها .

ويستخدم الوزن الحجمى للصخور غالبًا كمؤشر لكثافتها وهو عبارة عن وزن وحدة الحجوم من الصخر طن/م^3 . ويكون الوزن الحجمى للصخور عادة أقل من كثافتها عدديًا وذلك بسبب مسامية الصخور . وتبلغ قيمة الوزن الحجمى فى المتوسط لصخور القشرة الأرضية ٢,٧ طن/م^3 . ويصل الوزن الحجمى لبعض أنواع الصخور مثل (الصخور التى تحتوى على خامات الحديد) إلى ٣,٥ ــ ٤ طن/م^3 . وعند فصل الخامات أو الصخور عن كتلتها وتكسيرها إلى قطع صغيرة يزداد حجمها نتيجة لتفككها.

ويميز مقدار تفكك الصخور بمعامل التفكك وهو يمثل النسبة بين حجم الصخور بعد تكسيرها وبين حجم الصخور وهى فى الكتلة الصخرية .

ويتراوح معامل تفكك الصخور بين (١,١ — ١,٢) (بالنسبة للرمال والأتربة) أما فى الصخور النارية (مثل الجرانيت والبازلت) فيصل معامل تفككها إلى (١,٨—٢,٠)

وتؤثر كذلك صفات الخامات المعدنية على ظروف التشغيل فى المناجم مثل درجة امتصاص الرطوبة (قدرة بعض الخامات على الاحتفاظ بالمياه فى مسامها) وقابليتها للتلبد (وهى قدرة بعض الخامات المتفككة على التماسك) وقابليتها للاحتراق (قدرة بعض الخامات على الاشتعال الذاتى وخصوصاً فى وجود الأخشاب) .

٤ — معلومات عامة طرق الكشف والبحث :

تطلق كلمة الكشف (Exploration) على الأعمال التى يكون الغرض منها اكتشاف حقول خامات جديدة والتعرف مقدماً على أشكالها وأبعادها وما تحتوى عليه من مواد .

وتطلق كلمة البحث (Prospection) على الأبحاث التفصيلية اللازمة لتحديد إمكانية استغلال الخامات من الناحية الصناعية . وتتضمن هذه الأبحاث تحديد نوع الخامات النافعة ، واحتياطياتها والتراكيب التى توجد عليها إلى غير ذلك . ولا توجد حدود بين عمليات الكشف والبحث عن الخامات وتعرف فى مجموعها بالأبحاث الجيولوجية .

ويؤخذ فى الاعتبار عند تحديد مناطق الكشف التراكيب الجيولوجية المحلية وكذلك وجود خامات نافعة أو معادن متلازمة فى منطقة أو أخرى . وتصاحب عمليات الكشف عن الخامات توقيع مكاشف (Outcrops) الصخور المختلفة على خرائط جيولوجية . كذلك توزيع المعادن مما يشير إلى أماكن وجود خامات نافعة ويختار الجيولوجيون غالباً طريق البحث فى وديان الأنهار . حيث تظهر مكاشف الصخور نتيجة تعريتها .

ويستعان عادة بعمل آبار اختيارية (Testing Pits) أو ترنشات (Trenches) للتأكد من وجود الخام وامتداده بالمنطقة . أما فى المناطق التى تختفى فيها مكاشف الطبقات يصبح من الضرورى للحصول على معلومات كافية عن طبيعة الصخور والخامات تحت السطحية أن نلجأ لطرق الكشف الجيوفيزيقية . ويعتمد الكشف الجيوفيزيقى على عاملين أساسيين هما :

١ — قياس بعض الخواص الطبيعية للصخور وتجرى هذه القياسات إما على سطح

الأرض أو بواسطة المساحة الجوية باستخدام طائرات خاصة لهذا الغرض مزودة بأجهزة دقيقة وحساسة لقياس بعض الصفات الطبيعية للصخور مثل الخواص المغناطيسية والكهربية والإشعاعية .

٢ – تفسير القياسات الجيوفيزيقية لتحديد نوع الصخور وأعماقها وتراكيبها الثانوية : وتشمل القياسات الفيزيقية خواص الكثافة وشدة المغناطيسية والتوصيل الكهربى ومرونة الصخور ، وتبعاً لذلك توجد أربع طرق رئيسية للكشف الجيوفيزيقى هى :

١ – طرق تثاقلية : (Gravitational methods)

٢ – طرق مغناطيسية : (Magnetic methods)

٣ – طرق كهربية : (Electrical methods)

٤ – طرق سيزمية : (Seismic methods)

١ – الطرق التثاقلية (الجاذبية) (Gravitational methods)

ينتج عن الاختلافات الواضحة فى كثافة الصخور المتجاورة تباين واضح فى شدة الجاذبية . وبما أن صخور القشرة الأرضية وخاصة فى الجزء الخارجى منها ليست متجانسة فإنه من المستطاع استخدام قياسات شدة الجاذبية لتعيين الحدود الفاصلة بين الكتل الصخرية ذات الكثافات المختلفة . ولقياس شدة الجاذبية بطريقة مباشرة يوجد نوعان من الأجهزة هما :

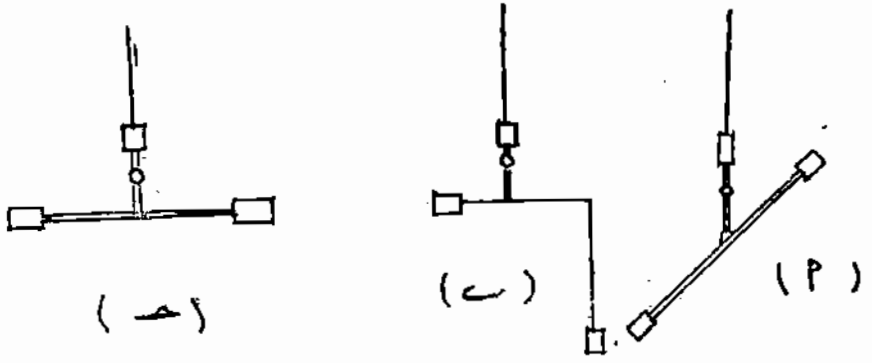
(ا) البندولات (Pendulums)

(ب) الجرافيمترات (Graivmeters)

وفى البندولات تتأثر فترة التذبذب بتغير الجاذبية وهذه الطريقة بطيئة ولا تستخدم عادة فى الكشف الجيوفيزيقى .

أما الجرافيمترات فهى أجهزة دقيقة صممت لمقارنة الجاذبية بمرونة الزنبركات أو الأسلاك المعلقة ثم تكبير مقدار الإزاحة بطرق كهربية أو ضوئية . وهناك نوع ثالث من أجهزة قياس الجاذبية هو ميزان اللَّى (Torsion balance) ويستخدم لتعيين القيم النسبية

لشدة الجاذبية . ويتكون ميزان اللَّى من ذراع معلق بواسطة سلك رأسى ، وتستخدم عادة أذرع ذات أشكال مختلفة وتنتهى بأطراف عليها ثقل معين ويوضح شكل (٢) ثلاثة أنواع من الأذرع فى ميزان اللَّى .



(شكل ٢) بعض أنواع أذرع ميزان اللى لقياس شدة الجاذبية

ولقد استخدم مهندسوا التعدين طريقة الجاذبية للكشف عن الخامات الثقيلة مثل رواسب الماجنتيت والنيكل والكروم كما يمكن استخدام هذه الطريقة أيضاً للكشف عن الخامات الخفيفة جداً كالملح .

وتستخدم هذه الطريقة أيضاً لاستكشاف الخزانات البترولية فى الصخور تحت السطحية وذلك بتحديد مواقع التراكيب الثانوية المناسبة للتجمعات البترولية مثل الطيات المحدبة والقباب والأنابيب الملحية والفوالق وغيرها .

٢ ــ الطرق المغناطيسية (Magnetic Methods)

تستخدم هذه الطريقة للكشف عن الخامات التى تتمتع بخاصية مغناطيسية كبيرة . ومن أهم المعادن المغناطيسية انتشاراً معدن الماجنتيت (وتركيبه الكيميائى أكسيد الحديد (Fe_3O_4)) والبيروتيت (وتركيبه الكيميائى كبريتيد الحديد $(Fe_n S_{n+1})$) كما توجد أيضاً معادن أخر قليلة ذات خواص مغناطيسية ولكن بدرجة أقل من الماجنتيت والبيروتيت . وتعتمد الطرق المغناطيسية على قياس انحراف الإبرة المغناطيسية فى جهاز الماجنيتومتر (Magnetometer) عن

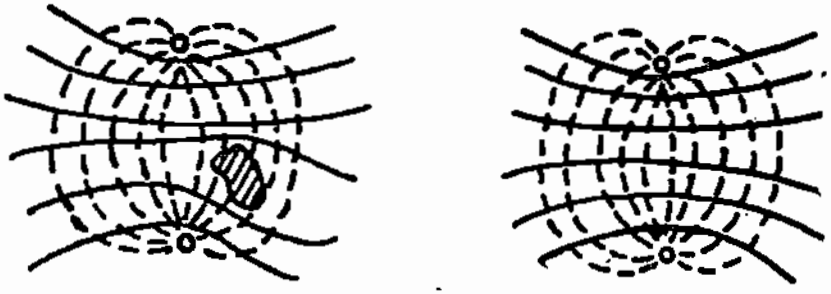
اتجاه الزوال المغناطيسى فى المنطقة المحددة . وتتخذ الأبرة المغناطيسية عادة اتجاه الزوال المغناطيسى ولكن عند وجود خام معدنى فى منطقة معينة ويتميز بنفاذية مغناطيسية أكبر أو أقل من الصخور المحيطة به فإن مركبة المجال المغناطيسى الرأسية تختل فتنحرف الإبرة عن اتجاه الزوال المغناطيسى .

٣ – الطرق الكهربية (Electric Methods)

تعتمد الطرق الكهربية على اختلاف مقدار التوصيل الكهربى للصخور . وتستخدم هذه الطريقة للكشف عن خامات النحاس (كالكوبيريت) والرصاص (الجالينا) والحديد (الماجنتيت) وبعض الخامات النافعة الأخرى التى تتميز بقدرتها على التوصيل الكهربى (تزيد قدرتها على التوصيل الكهربى مئات أو آلاف المرات عن قدرة الصخور المحيطة بها (صخور النفاية) .

وتستخدم طريقتان للكشف عن الخامات الأولى وتعتمد على قياس المقاومة الكهربية والثانية وتعتمد على قياس الفرق فى الجهد الكهربى . وتتلخص طريقة المقاومة الكهربية فى استخدام قطبين وقياس فرق الجهد الكهربى الناشئ من مرور التيار الكهربى مخترقًا طبقات الصخور التى بينها بواسطة الفولتميتر ، وتختلف شدة سريان التيار تبعًا لدرجة توصيل هذه الصخور للكهرباء وتقاس شدة التيار بالأميتر وبعد ذلك يمكن حساب المقاومة الكهربية لكل طبقة يمر فيها التيار الكهربى . ويتساوى عمق الاستكشاف تقريبًا مع المسافة بين الأقطاب . وكلما زادت المسافة بين الأقطاب أمكن استكشاف الخامات على أعماق أكبر ، ولقد أثبتت التجارب العملية على أن الصخور التى على أعماق أكبر من المسافة بين الأقطاب لها تأثير ضئيل على قيمة المقاومة النوعية للمادة (م) والتى تقدر بالأوم/سم وفى حالة قياس مقاومة قطاع من الصخور غير متجانسة فإن القيم التى نحصل عليها تمثل المقاومة النسبية لصخور القطاع . أما الطريقة الثانية فهى طريقة الجهد المتساوى وتتلخص فى إمرار تيار كهربى فى صخور القشرة الأرضية بواسطة قطبين نتيجة لاختلاف الجهد بينها . ويمكن تتبع خطوط الجهد المتساوى بواسطة قطبين غير مستقطبين (Nonpolarised electrodes) متصلين بمكبر يصل إلى سماعات خاصة . ويبقى أحد القطبين

مثبتاً فى الأرض بينما يحرك القطب الآخر حتى تستقبل فى السماعات أدنى درجة من الصوت وفى هذه النقط يكون القطبان على نفس خط الجهد المتساوى . فإذا كانت الصخور متجانسة كما فى شكل (٣ — ١) فإن خطوط الجهد المتساوى تكون متماثلة فى توزيعها حول القطبين ، أما فى حالة وجود أجسام جيدة أو رديئة التوصيل الكهربى مدفونة فى الأرض فإن ذلك يسبب انحراف خطوط الجهد المتساوى شكل (٣ — ب) .



(شكل ٣) الأقطاب المستقطبة
اتجاهات التيار
خطوط الجهد المتساوى
(ا) اتجاه التيار وخطوط الجهد المتساوى فى حالة الصخور المتجانسة
(ب) اتجاه التيار وخطوط الجهد المتساوى فى حالة الصخور غير المتجانسة

٤ — الطرق السيزمية (Seismic Methods)

تختلف خواص المرونة للصخور المكونة للقشرة الأرضية اختلافاً كبيراً ويعتمد الكشف عن الخامات بهذه الطرق على التباين فى هذه الخواص . وتستخدم أجهزة خاصة لقياس وتسجيل سرعة انتشار الموجات التى تتولد فى الصخور نتيجة للتفجير . ويمكن نتيجة لذلك استنتاج عمق وتوزيع الأنواع والتراكيب المختلفة للصخور . ويستخدم فى الكشف السيزمى طريقتان هما :

١ — طريقة الانعكاس (Reflection Method)

٢ — طريقة الانكسار (Refraction Method)

وتتلخص الطريقة السيزمية فى أن موجات الصوت الناتجة من تفجير شحنة صغيرة

من الديناميت على سطح الأرض، عند نقطة تسمى نقطة التفجير تعانى أثناء مرورها فى طبقات الصخور المختلفة انعكاساً وانكساراً يشبه إلى حد كبير ما يحدث للموجات الضوئية . ويتوقف نوع ومدى الانكسار أو (الانعكاس) على طبيعة وكثافة الوسط الذى تمر به هذه الموجات الصوتية .

ويمكن تسجيل لحظة وصول الموجات الصوتية بواسطة أجهزة التقاط حساسة تسمى الجيوفونات (أى السماعات الأرضية) وتحدث هذه الموجات اهتزازات ضعيفة تظهر على أجهزة الالتقاط التى تتصل بمكبرات إلكترونية تنقل الاهتزازات إلى جهاز تسجيل حيث تسجل وكذلك تسجل لحظات وصولها إلى أجهزة الالتقاط ويطلق على هذه الأجهزة (السيزمومترات) ومن هذه المعلومات يمكن حساب سمك الطبقات التى مرت فيها موجات التفجير بمقارنة الزمن الذى انقضى بين لحظة التفجير ولحظة وصول الموجة إلى مكان الالتقاط ، كما يمكن أيضاً بالاستعانة بالمعلومات الجيولوجية عن المنطقة تحديد أماكن تجمعات الخامات والأعماق التى توجد عليها .

٥ ــ احتياطيات الخامات النافعة

يطلق على مجموع الخامات النافعة المكتشفة فى إحدى المناطق الاحتياطيات الجيولوجية. وتقسم الاحتياطيات الجيولوجية حسب أهميتها للاقتصاد القومى إلى مجموعتين هما :

احتياطيات متزنة وغير متزنة فبينما تحقق الاحتياطيات المتزنة ربحاً نتيجة استخراجها ، نجد أن الاحتياطيات غير المتزنة ، نتيجة انخفاض نسبة ما تحتوى عليه من معادن وقلة سمك جسم الخام وتعقد تركيبها الجيولوجى كل ذلك يؤدى إلى تعقد عمليات استخراجها ويستحيل بذلك ــ فى الوقت الحالى استغلالها ولكن يمكن إعادة تقييمها كمشروع صناعى فى المستقبل . ويؤخذ فى الاعتبار عند تجهيز مشروع استغلال حقل من حقول الخامات ضرورة ترك جزء من احتياطيات الخامات كأعمدة للمحافظة على المنشآت المختلفة ويطلق على هذا الجزء من الاحتياطيات فاقد المشروع ، أما الجزء الباقى فيطلق عليه الاحتياطيات الصناعية . ويفقد أيضاً أثناء عمليات الاستخراج جزء آخر من الخامات ، وكذلك فإن مقدار الخامات المستخرجة هو الفرق بين الاحتياطيات الصناعية وفاقد عمليات الاستخراج .

وتقتضى ظروف التشغيل ، فى كثير من الأحيان . إلى استخراج كمية من صخور النفاية إلى جانب الخامات النافعة ، وتنقل بعض هذه الصخور منفصلة عن الخامات ويختلط جزء آخر من صخور النفاية بالخامات أثناء فصلها عن الصخور المحيطة بها. ويطلق على المجموع الكلى للخامات المستخرجة وصخور النفاية (الإنتاج الكلى) . وتنقسم احتياطيات حقول الخامات بالنسبة لدرجة البحث الجيولوجى ، ودراسة طبيعة الخام الطرق التكنولوجية ودراسة طبيعة الخام التكنولوجية المتبعة فى استخراجه إلى أربعة أنواع هى :

١ ــ الاحتياطيات المؤكدة : (Proved Reserves)

وهى الاحتياطيات التى استكملت دراستها تماماً ويرمز لها بالرمز (ا) .

وتنحصر أجسام الخامات فى هذه الحالة بين مستويين لا تزيد المسافة بينها عن ٣٠ متراً ويتحدد من كلا الجانبين بمرات صاعدة أو هابطة وبذلك تتحدد أجسام الخامات من أربعة جهات .

٢ ــ الاحتياطيات المحتملة : (Probable Reserves)

وهى الاحتياطيات التى لم تستكمل دراستها تماماً ويرمز لها بالرمز (ب) .

وتظهر أجسام الخامات فى هذه الحالة من ثلاث جهات أو جهتين فقط .

٣ ــ الاحتياطيات الممكنة : (Possible Reserves)

وفيها يكون جسم الخامات ظاهراً من جهة واحده فقط ويرمز لها بالرمز (ج١) .

٤ ــ الاحتياطيات المتوقعة : (Prospected Reserves)

وهى الاحتياطيات التى أجريت عليها أقل دراسة جيولوجية ويرمز لها بالرمز (ج٢) .

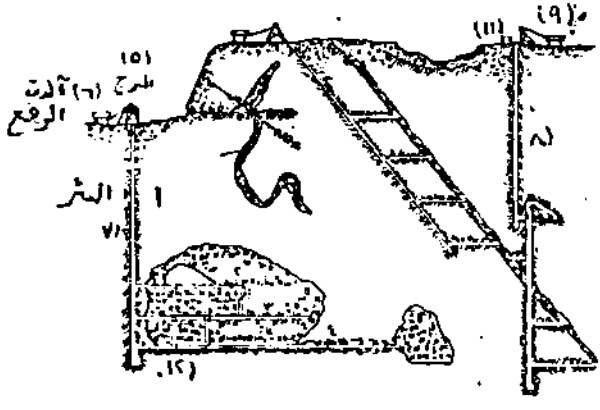
ويؤخذ فى الاعتبار عند تقدير احتمال امتداد أجسام الخامات من عدمه نوع الرواسب وتركيبها الجيولوجى ووجود فوالق أو طيات بالمنطقة وغير ذلك من العوامل التى تؤدى إلى عدم وجود حدود فاصلة بين تقسيمات احتياطيات الخامات السابق ذكرها . فى بعض الحالات يمكن اعتبار الخام مؤكداً إذا كان ظاهراً من جهتين أو ثلاثة فقط وذلك إذا كانت طبيعة الخام وانتظام توزيعه يؤكدان ذلك . وقد تصنف أجسام الخامات التى تظهر من أربعة جهات فى الاحتياطيات المحتملة بدلا من المؤكدة وذلك إذا كانت الظروف الجيولوجية السائدة غير ملائمة مثل وجود فوالق .

ولا يسمح بالابتداء فى تجهيز مشروع تعدينى جديد أو التوصية بإقامة منشآت تعدينية فى منطقة اكتشفت بها حقول خامات إلا بعد التأكد من وجود احتياطيات متزنة تناسب عمليات الاستخراج .

ولا تنقطع أعمال البحث أثناء استغلال حقول الخامات بل تستمر عمليات حفر الآبار وإنشاء الممرات فى جسم الخام للتأكد من حدود الخامات ونسبة ما تحتوى عليه من معادن . وتعرف الأبحاث التى تجرى فى وقت واحد مع عمليات استخراج الخامات من حقولها بأبحاث الاستغلال .

٦ ــ الملامح العامة لطرق استخراج الخامات

بعد أن تنتهى أعمال البحث الجيولوجى التفصيلية على رواسب الخامات النافعة تبدأ عمليات استغلالها ويقصد بعملية الاستغلال مجموعة الأعمال التى تؤدى إلى استخراج الخامات النافعة وتعرف بطريقة المناجم . فإذا وجدت الخامات على أبعاد غير عميقة من سطح الأرض يتم استغلالها بطريقة المنجم المكشوف (Opencast mining) أما إذا وجدت على أبعاد عميقة استغلت بطريقة المناجم تحت الأرضية (Underground mining) . ويوضح شكل (٤) تخطيط للممرات التى تنشأ عادة فى المناجم تحت الأرضية . وفيها ينشأ من سطح الأرض بئر رئيسى للنقل يصل إلى موقع جسم الخام (Main Shoft) وهو الذى يفتح طريقًا يصل سطح الأرض بمستوى الخامات (Open up the deposit)



(شكل ٤) الممرات المنجمية تحت الأرض

ويطلق عليه عادة الفاتح الرئيسى ، ومنه تنشأ الممرات الأفقية (٢ ، ٣ ، ٤ ، ...) وهى تقسم حقل الخام رأسيًا إلى طوابق (Levels) .

ويقام البرج (٥) أعلى بئر النقل الرئيسى وبالقرب منه يقام مبنى خاص (٦) تركب فيه آلات الرفع (الأوناش) التى تقوم بتحريك أوعية الرفع فى البئر (٨) وهذه الأوعية أما أن تكون أقفاص معدنية (Cages) أو عربات خاصة برفع الخامات (Skips) ويستخدم بئر النقل الرئيسى فى رفع وإنزال العمال والمواد والخامات وغير ذلك من الأغراض . وإلى جانب بئر النقل الرئيسى ينشأ بئر مساعد (٨) يستخدم كمخرج احتياطى ويساعد على توفير ظروف جوية ملائمة للتهوية . ويجهز هذا البئر أيضًا كمبدأ عام بمحطة مساعدة للنقل (٩) كما يحتوى على قسم للسلالم (تحتوى أبار النقل الرئيسية عادة كذلك على قسم للسلالم) ويقام مبنى محطة التهوية (١١) على سطح الأرض بالقرب من البئر المساعد .

وتختلف المسافة بين بئرى النقل الرئيسى والمساعد باختلاف طريقة تجهيز حقل المنجم (Development) وتتغير فى حدود كبيرة من بضعة عشرات من الأمتار إلى ٢ — ٣ كيلومترات . وتستخدم لاستخراج أجسام الخامات أحيانًا الطريقة التقدمية (Advancing method) بمعنى أنه يبدأ العمل فى استخراج الخامات من الطابق العلوى الذى يقع بين الممرين (٢ ، ٣) ، ثم بعد ذلك من الطابق الذى يليه بين (٣ ، ٤) وهكذا . وتعرف عمليات استخراج الخامات من الطوابق بأعمال الاستخراج أو الحش (Stoping) وهى تبدأ بعد الانتهاء من إنشاء الممرات التجهيزية وينقسم الطابق بواسطة الممرات الرأسية الصاعدة (١٢) إلى عدة كتل (Blocks) ب ١ ، ب ٢ ، . . . . وهكذا وتنشأ فى كل كتلة منها عدد من الممرات الرأسية والأفقية . وتستخدم لاستخراج الخامات المعدنية الصلبة طريقة يطلق عليها طريقة التخزين (Skrinkage Method) وهى تتكون من عدة عمليات إنتاجية تبدأ بفصل الخامات عن الصخور المحيطة بها بواسطة تفجيرها بالمفرقعات التى توضع فى ثقوب بواجهة الاستخراج (١٣) وتحفر الثقوب بحفارات الهواء المضغوط حيث يقف العاملون فوق أكوام الخامات ويحفرون هذه الثقوب . ويتساقط الخام بعد تفجيره بتأثير وزنه إلى بوابة استقبال الخامات ، حيث يتم التحكم فى سقوطه بعربات تنقلها قاطرات كهربية فى ممر النقل الرئيسى

إلى البئر الرئيسى ، حيث ترفع إلى مستوى سطح الأرض بعد وضعها فى القفص المعدنى أو عربة رفع الخامات . وتتسع الأقفاص المعدنية لعربة أو اثنين أو أكثر ، ثم تنقل إلى رصيف التفريغ حيث تفرغ حمولتها فى عربات أكثر منها حجمًا تستخدم لنقل الخامات على سطح الأرض إلى وحدة التركيز . ويقصد بتركيز الخامات جميع العمليات الصناعية التى تؤدى إلى زيادة نسبة ما تحتوى عليه من المعادن عن طريق التخلص من جزء من صخور النفاية المختلطة بها . وتجرى أعمال الاستخراج والتجهيز فى عدد من الكتل بالطابق الواحد فى وقت واحد فمثلا بينما تجرى أعمال الاستخراج فى الكتلتين ب١ ، ب٢ تجرى فى نفس الوقت عمليات التجهيز فى الكتلة ب٣ وهكذا وفى نفس الوقت الذى تجرى فيه عمليات الاستخراج بالدور العلوى تجرى عملية تجهيز الدور السفلى .

وينبغى تهوية الممرات المنجمية أثناء عمليات استخراج الخامات النافعة ذلك لأنه يتجمع فيها الكثير من الغازات والأتربة الضارة نتيجة لعمليات التفجير . ويتم امتصاص الهواء الملوث بالغازات الضارة والأتربة خلال البئر المساعد بواسطة قناة التهوية (١٤) والمراوح (١٥) ويدخل الهواء النقى إلى المنجم خلال بئر النقل الرئيسى وتنساب المياه الأرضية عادة بالممرات المنجمية وتتجمع فى مجمع للمياه وتستخدم محطات لضخ هذه المياه وتصريفها بالاستعانة بمحطة للضخ تركب بها مضخات كافية . وهكذا يتضح أن الأعمال المنجمية تحت الأرض يمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل :

١ — عمليات فتح طريق من سطح الأرض إلى الخامات (Opening up the deposit)

٢ — عمليات تجهيز حقل المنجم (Development)

٣ — عمليات الاستخراج أو الحش (Stoping)

وتتضمن كل مرحلة من هذه المراحل عدداً من العمليات الصناعية المختلفة : عمليات تكسير الخامات عمليات نقل الخامات ، عمليات التهوية ، عمليات صرف المياه المنجمية عمليات رفع الخامات . ويعرف المنجم بأنه المنشأه الصناعية التى تعمل على استخراج رواسب من الخامات وقد يتكون المنجم من وحدة إنتاجية واحدة أو من عدة وحدات . ويطلق على الجزء من الخامات الذى يستخرج بواسطة منجم واحد حقل المنجم (Mine field) ويعرف الطابق (Level) بأنه جزء من حقل المنجم يحدد فى اتجاه الميل (صعوداً أو

هبوطاً) بممرى النقل (٢،٣) . وتقسم حقول المناجم إلى حصص (Pannels) عندما تكون أفقية أو مائلة ميلا خفيفاً .

٧ ــ تقسيم الممرات المنجمية تحت الأرض

تنقسم الممرات المنجمية من ناحية المستوى الذى تنشأ به إلى :

رأسية ، أفقية ومائلة ويوضح شكل (٤) طريقة توزيع الممرات المنجمية تحت الأرض .

الآبار المنجمية : (Mine Shafts)

وتنشأ عمودية أو مائلة (مزلقانات) ولها مخرج مباشر على سطح الأرض وهى تستخدم لرفع الخامات النافعة وكذلك لإنزال ورفع العمال والمواد وتمتد فى الآبار المنجمية كابلات كهربية وأنابيب للمياه وأخرى للهواء المضغوط كما يتم من خلالها تهوية الممرات المنجمية تحت الأرض . ويسمى الجزء العلوى من البئر بفوهته والسفلى بقاعه ، وتقسم الآبار بالنسبة للغرض من إنشائها إلى : رئيسية : ومساعدة ويحقق البئر الواحد عادة عدة أغراض ولكن تنشأ أحياناً أبار خاصة تستخدم فى غرض محدد مثل عمليات التهوية فيعرف ببئر التهوية أو لتصريف المياه المنجمية إلى غير ذلك . وللآبار المنجمية مقاطع دائرية أو مستطيلة أو على شكل قطع ناقص . وتدعم الآبار الدائرية المقطع عادة بالخراسانة العادية أو المسلحة . ويتراوح قطر هذه الآبار بين ٤ ــ ٨ م . وتدعم الآبار مستطيلة المقطع بالخشب أو بالدعائم المعدنيه وتتراوح مساحة مقطعها بين ٨ ــ ٢٥ م ٢ . ويتحدد طول الآبار بعمق رواسب الخامات ويصل فى بعض الأحيان إلى ٢ ــ ٣ كم . وتقسم مقاطع الآبار إلى عددمن الأجزاء (جزء يتحرك فيه القفص المعدنى أو عربة رفع الخامات وجزء للسلالم إلى غير ذلك) .

ويطلق على الآبار المنجمية الرأسية أو المائلة التى ليس لها مخرج مباشر على سطح الأرض الآبار العمياء (Blind Shafts) وهى تستخدم لنفس الأغراض التى تستخدم فيها الآبار المنجمية العادية وتجهز بآلات رافعة (أوناش) .

الممرات القائمة : (Ore Chutes)

هى ممرات رأسية أو مائلة ليس لها مخرج مباشر على سطح الأرض وتستخدم لإنزال الخامات وحركة العمال ورفع وإنزال المواد والتهوية . وتختلف الممرات القائمة عن الآبار العمياء بأنه لا ترفع فى الممرات القائمة صخور النفاية أو الخامات .

البئر الضحل : (Shallow pit)

هو ممر رأسى له مخرج مباشر على سطح الأرض ويستخدم فى عمليات البحث عن رواسب الخامات ولأغراض التهوية وللأغراض المساعدة الأخرى .

الأنفاق المنجمية : (Adits)

هى ممرات أفقية لها مخرج مباشر على سطح الأرض وتستخدم فى نفس الأغراض التى تقوم بها الآبار المنجمية ونظراً لأن الأنفاق المنجمية تنشأ فى مستوى أفقى فتنقل فيها الخامات والمواد والعمال إلى سطح الأرض بوسائل النقل على القضبان (السكك الحديدية) أو بدون قضبان (العربات) ولا تختلف الأنفاق المنجمية فى شكلها وأبعادها عن الممرات الأفقية الأخرى .

الممرات الطوالى (Levels) ، الممرات القاطعة (Cross-cuts) الممرات العابرة (Stall roads) :

هى ممرات منجمية أفقية ليس لها مخرج مباشر على سطح الأرض ، وتستخدم لنقل الخامات والصخور ونقل العمال ولأغراض التهوية وتصريف المياه المنجمية وغير ذلك . وينحصر التمييز بين هذه الممرات فى موقعها بالنسبة لجسم الخامات . فينشأ الطوالى فى اتجاه مضرب جسم الخام أما القاطع والعابر فينشأ فى اتجاه عمودى على خط المضرب ولا ينشأ القاطع إلا فى صخور النفاية . أما العابر فينشأ فى جسم الخام وإذا أنشأت الممرات الطوالى فى صخور النفاية أطلق عليها الطوالى الصخرى أما إذا أنشأت فى جسم الخام فيطلق عليها طوالى الخام .

ويراعى عند إنشاء الممرات الأفقية أن تميل ميلا خفيفاً (٢–٣ أمتار لكل ١٠٠٠ متر

من طول الممر) فى اتجاه بئر النقل الرئيسى وذلك بغرض تصريف المياه المنجمية . وتدعم الممرات الأفقية فى حالة عدم استقرارها بالدعائم الخشبية أو الخرسانة العادية أو الدعائم المعدنية وغالبًا ما تترك بدون دعائم إذا كانت الصخور التى تنشأ بها الممرات مستقرة وتختلف مقاطع الممرات الأفقية باختلاف نوع دعائمها فتكون على شكل شبه منحرف أو على شكل عقد أو مستطيلة الشكل وتأخذ مقاطع الممرات الأفقية شكلا دائريًا عند تعرضها للإجهادات الصخرية الكبيرة . وتتحدد مساحة مقاطع الممرات الأفقية بما يقام فيها من منشآت مثل خطوط سكك حديدية والكابلات وخطوط أنابيب لنقل الهواء المضغوط والماء . ويترك فى أحد جوانب الممر مساحة تكفى لمرور العاملين (طريق للمشاة) كما تنشأ بأرضية الممرات قناة لتصريف المياه المنجمية وتنشأ هذه القنوات حاليًا فى بعض الممرات بالجانب المقابل للطريق المخصص لعبور المشاة من العاملين بالمنجم .

الممرات الصاعدة : (Raises)

وتنشأ الممرات الصاعدة من أسفل إلى أعلى بين مستويات النقل ويتساوى طولها مع ارتفاع الطابق (٤٠ — ٨٠م) يزداد إلى بضعة مئات من الأمتار إذا استخدمت لنقل الخامات بين عدة طوابق . وتقسم مقاطع الممرات الصاعدة إلى عدة أجزاء عند استخدامها فى أغراض متعددة . وليس للممرات الصاعدة مخرج مباشر على سطح الأرض وهى تستخدم لرفع الخامات من مستويات أوطى إلى مستويات أعلى بالوسائل الميكانيكية (تجهز غالبًا بالسيور فى بعض المناجم) .

الممرات الخابطة : (Winzes)

هى ممرات منجمية تشبه الممرات الصاعدة ولكنها تستخدم لإنزال الخامات والمواد من مستويات أعلى إلى مستويات أوطى بالوسائل الميكانيكية .

محطات الاستقبال : (Shaft Stations)

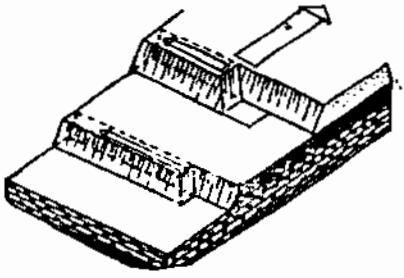
وهى مجموعة كاملة من الممرات الأفقية والحجرات التى تنشأ بالقرب من الآبار المنجمية . وتتكون محطة الاستقبال من ممرات تستخدم لتفريغ العربات فى مخازن تحت الأرض وأخرى لإدخال العربات فى الأقفاص المعدنية . وممرات لاستقبال العربات

الفارغة وتوزيعها . كما تحتوى محطات الاستقبال على منشآت منجمية على شكل حجرات تستخدم للمضخات ومخازن للقاطرات وأخرى لأعمال الصيانة ولتنظيم المرور وللإسعافات ولتجميع المياه المنجمية وتصريفها وحجرات للانتظار إلى غير ذلك . ويتوقف نوع وشكل محطة الاستقبال على إنتاج البئر المنجمى (كمية الخامات والصخور التى تنقل خلاله) ووسيلة رفع الخامات (بالأقفاص المعدنية أو عربات لرفع الخامات) وعدد الآبار التى تستخدم محطة الاستقبال . وطريقة التهوية وفى المناجم الكبيرة التى تتميز بضخامة إنتاجها تنشأ محطة الاستقبال دائرية الشكل عادة ، أما فى المناجم قليلة الإنتاج فتنشأ بها محطات صغيرة نسبيًا .

ويتطلب إنتاج الخامات من المناجم تحت السطحية إنشاء مجموعة أخرى من الممرات ذات الأغراض المختلفة مثل : ممرات مخصصه لإنزال الخامات . ممرات تصل بين الطوابق ، وممرات تخصص لتركيب الجنازير الناقلة إلى غير ذلك .

٨ – الملامح العامة لطريقة المنجم المكشوف أو المحجر : (Opencast miming)

يطلق على مجموعة الممرات والمنشآت المنجمية المكشوفة التى تستخدم لاستغلال الخامات النافعة المنجم المكشوف أو المحجر . وتستخدم كلمة القطاع بدلا من المحجر فى صناعة الفحم ويوضح شكل (٥) تخطيطًا للمحجر . وتقسم رواسب الخامات النافعة إلى شرائح أفقية عند استغلالها بطريقة المنجم المكشوف . ويأخذ المحجر شكلا متدرجًا نتيجة لاستغلال عدد من هذه الشرائح فى وقت واحد.



(شكل ٥) المناجم المكشوفة

ويطلق على كل جزء من هذه الشرائح التى على شكل درجات المصطبة (Bench)

ويميز كل مصطبة العناصر الآتية :

السطح العلوى (١) والسفلى (٢) ومنحدر المصطبة (٣) ويعرف الحاجب العلوى بخط تقاطع منحدر المصطبة مع السطح العلوى . أما الحاجب السفلى فهو خط تقاطع منحدر المصطبة مع السطح السفلى .

ويطلق على الزاوية التى يصنعها منحدر المصطبة مع المستوى الأفقى ميل منحدر المصطبة ويرمز له بالرمز (α) ومفهوم (العلوى) و (السفلى) نسبى بمعنى أن السطح العلوى لإحدى المصاطب يعتبر سفلياً بالنسبة للمصطبة التى تعلوها . وتعرف المسافه الرأسية بين سطحى المصطبة العلوى والسفلى بارتفاعها وهو يصل فى أغلب الأحيان إلى ١٠ – ١٥ متراً .

ويسمى سطح المصطبة الذى توضع عليه آلات الاستخراج بمستوى التشغيل . وتتميز طريقة المناجم المكشوفة باستخراج كميات كبيرة من صخور النفاية المحيطة بجسم الخام إلى جانب استخراج الخامات النافعة . وتعرف عمليات استخراج الخامات بأعمال الاستخراج أو الحش (Stoping) أما عمليات استخراج صخور النفاية فتعرف بعمليات الإزاحة (Stripping) وقبل البدء فى عمليات الحش أو الإزاحة يفتح طريق إلى كل مستوى من مستويات التشغيل أى توصيله بالمستويات التى تعلوه بممرات تعرف باسم الترنشات الرئيسية (Main Tnenches) . وهى عبارة عن ممرات مائلة تشبه القنوات . وتجهز مستويات التشغيل بترنشات أخرى قاطعة لإعدادها لأعمال الحش أو الإزاحة وتعتبر مثل هذه الترنشات امتداداً للترنشات الرئيسية . وتختلف الترنشات القاطعة عن الرئيسية بأنها تنشأ أفقية تقريباً .

وتبدأ أعمال الحش أو الإزاحة باستغلال جانب واحد من الترنش الرئيسى بواسطة ممرات التقسيم وبعد انتهاء عمليات الاستغلال من أحد جوانب الترنشات الرئيسية فإنها تأخذ شكل طرق متقاطعة . وتقسم بوجه عام عمليات الحش والإزاحة إلى الأعمال الآتية : (التكسير ، التعبئة ، النقل ، التكويم) وتتضمن عمليات التكسير (باستخدام وسائل الحفر والتفجير) فى حفر ثقوب بطول الواجهه وشحنها بالمفرقعات ثم تفجيرها . أما عمليات التعبئة فتتم عادة بواسطة الكراكات (Excavators) ويمكن أن تستخدم الكراكات لتعبئة الصخور الضعيفة دون تفكيك مسبق لها بالمفرقعات . ويطلق على جزء واجهة التشغيل الذى يستغل بكراكة واحدة البلوك (Block) وتستخدم وسائل مختلفة لنقل الخامات إلى وحدات التركيز ونقل صخور النفاية إلى الأكوام مثل السيارات اللورى والسكك الحديدية والسيور الناقلة وتنحصر عمليات التكويم فى وضع الصخور النفاية على شكل أكوام فى أماكن تخصص لهذا الغرض وتتضمن طريقة استخدام سيارات النقل « اللورى » فى عمليات التكويم . تفريغ السيارات ذاتياً على حافة الأكوام . ثم إزاحة الصخور ميكانيكياً

على المنحدرات بواسطة البولدوزرات (Bouldozers) .. وتتكون مراحل استغلال المناجم المكشوفة من العمليات الرئيسية الآتية :

فتح طريق إلى الخامات ـ (تكشيف الخامات) تجهيز الخامات ثم عمليات الاستخراج أو الحش . وتتكون كل مرحلة من مراحل استغلال الخامات من عمليات تكسير وتعبئه ونقل الصخور المنجمية وتكويمها (فى حالة استخراج صخور النفاية) وتعرف الأسطح الجانبية التى تحدد المناجم المكشوفة أو المحاجر بالجوانب ويطلق عليها الجوانب الشغالة إذا كانت تجرى فيها أعمال الحش أو الإزاحة ويطلق عليها الجوانب غير الشغالة إذا لم تكن بها أية عمليات إنتاجية .

وتتوزع عادة على الجوانب غير الشغالة مساحات تخصص لعمليات النقل ولضمان سلامة العمل . وتستخدم مساحات النقل لتوزيع طرق المواصلات وتتحدد مساحتها بأبعاد الناقلات التى تتحرك عليها وعدد الطرق المطلوبة كما تستخدم مساحة أمان لسلامة العمل : تحفظ عليها قطع الصخور المتساقطة من منحدر المصطبة (واجهة التشغيل) . وينبغى ألا يقل عرض مساحة الأمان عن ثلث المسافة العمودية بين سطحى المصطبة . ويعرف أكبر عمق يخطط عليه المحجر بحد الارتفاع (h) ويطلق على الخط الذى يصل الحاجب العلوى والسفلى من أحد جوانبه (خط الانحدار) وتعرف الزاوية (α) التى يصنعها هذا الخط مع المستوى الأفقى زاوية ميل خط الانحدار . وتختلف زاوية ميل هذا الخط باختلاف درجة ثبات الصخور وعمق المحجر وتتراوح بين ٣٥ ـ ٥٠°) . ويعرف الخط الذى يصل بين الحاجب العلوى والسفلى أثناء عمليات الاستغلال بخط الانحدار المتحرك . وتعرف الزاوية التى يصنعها هذا الخط مع المستوى الأفقى زاوية الانحدار المتحركة ويرمز لهذه الزاوية فى الجانب الشغال للمحجر بالرمز (α_1) وهى دائمًا أقل من زاوية انحدار الجانب غير الشغال (α_2) وتتراوح مقدارها بين (١٥ / ٣٠°) .