

Equipement de forage ou Machines de forages

Généralités sur les méthodes de préparation des roches:

La roche c'est le maillon initial des processus technologique lors de l'exploitation des gisements des minéraux utiles à ciel ouvert, parce que la qualité de préparation prédétermine en grande partie le rendement des engins miniers, la sécurité du travail et d'une manière générale l'efficacité des travaux à ciel ouvert .

Prépare la roche à l'extraction ; renferme la destruction du massif rocheux jusqu'à l'obtention des morceaux de dimension nécessaire et admissible pour le travail efficace de tous les complexes d'extraction et de transport, avec ces buts dans les carrières actuelles on applique largement la méthode de la préparation des roches par les travaux de forage et de tir .

Mais cette méthode pose des problèmes et des inconvénients à savoir :*

- Grand prix de revient d'extraction du minerai.
- difficulté de réglage de la fragmentation des roches jusqu'aux dimensions nécessaires.
- Dilution supplémentaire de minerai.
- Faible sécurité lors de réalisation des travaux de tir.
- effet sismique négatif sur les constructions stationnaires (buildings, maisons... ;) .

Exigence technologique aux travaux et équipements de forage

Les travaux de forage doivent :

- assurer un volume nécessaire de la masse minières à exploiter pour le travail régulier des engins de chargement ;
- dépense minimale et grande sécurité de travail ;
- L'application pratique du forage montre que l'efficacité de l'utilisation des machines à forer est déterminée par l'ensemble des facteurs parmi lesquels :

Les conditions géologiques minières ainsi que les schémas technologiques de réalisation des travaux miniers.

Les facteurs de premier groupe (propriétés physico-mécaniques des roches, composition structurale du talus, viscosité des roches etc.. ;) influent sur les indices technico-économiques et déterminent le type de l'outil à utiliser et le moyen de nettoyage du trou.

Les facteurs du deuxième groupe (type de machine à charge, éléments et méthodes d'exploitation) déterminent les exigences concernant la profondeur et le diamètre de sondage.

Remarque

1)-L'utilisation des machines à forer dans les conditions des carrières se caractérise en particulier par leur productivité postière en fonction du coefficient de dureté .ce la montre la diminution de la productivité des machines à forer de divers types avec l'accroissement de la dureté des roches.

2)- le forage avec un grand diamètre augmente le rendement volumique de la masse rocheuse mais dans la plupart des cas a pour conséquences l'application du débitage secondaire et le brise roche ou bien l'utilisation des machines de chargement et de transports plus puissantes, ce qui peut augmenter les dépenses du processus d'abattage.

L'augmentation du diamètre assure une mauvaise fragmentation de la roche abattue après le tir qui tient compte de l'état du massif

3)-Les dimensions maximale admissible des blocs de roches exploise se déterminent en fonction des paramètres des engins miniers à savoir :

a)-capacité du godet de l'excavateur « E » : $d \leq 0.8\sqrt{E}$

B)-des dimensions de la trémie et de réception du concasseur : $d \leq 0.8 G$

C)- de la largeur de la bande du convoyeur : $d \leq 0.5B_c + 0.1$

4)- capacité de la benne du camion : $d \leq 0.5\sqrt[3]{V_c}$

Méthode de forage de trous :

Le forage, c'est l'action de construire un trou de mine de forme cylindrique dans le massif par la destruction de la roche. Le forage est effectuée au moyen d'outil spéciaux dont l'action peut être le cisaillement, la coupe et abrasion.

Selon le type et le travail de l'outil on distingue :

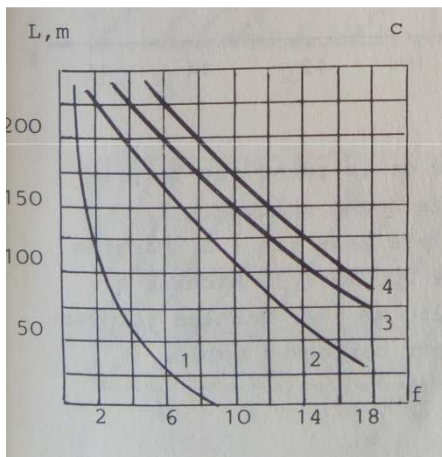
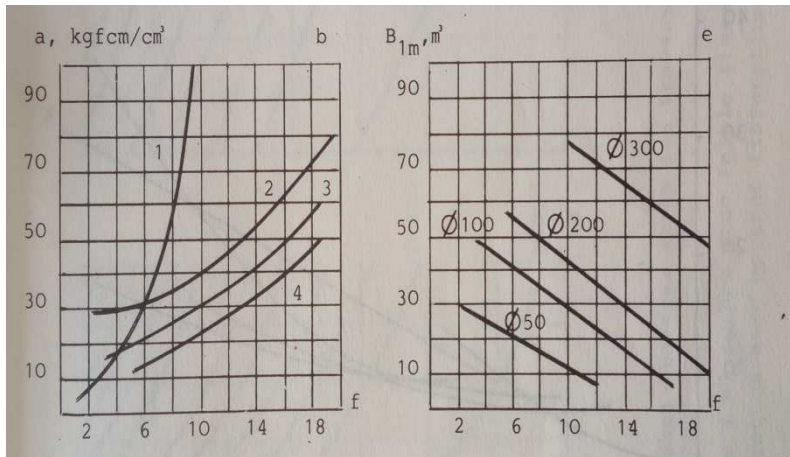
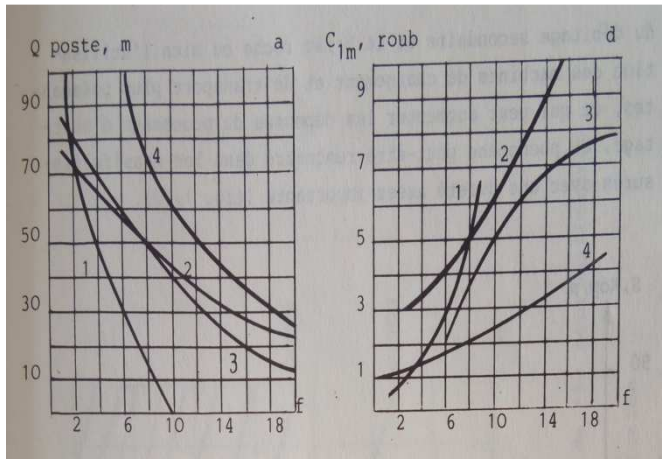
-le forage rotatif (à outil coupant, à molette, à trière)

-forage percutant (à câble, ou par battage air comprime)

-forage roto-percutant (hors de trou ou au fond de trou)

Le forage peut être selon le procédé physique à savoir thermique, hydraulique et électromagnétique on appelle aussi forage sans action mécanique des outils.

Donc les machines de forage peut être mécanique c'est-à-dire où l'outil de travail creuse soit en rotation ou percutant ou roto-percutant l'outil de travail peut être aussi avancé vers la roche à base d'un système mécanique c'est-à-dire un système mécanique fait que l'outil soit toujours en contact avec la roche par une pousse ou une force, bien entendu comme il peut être avancé par air pneumatique une pression qui actionne une pousse sur l'outil de forage ou sur le fleuret, ou à par action hydraulique (huile) ; la machine peut être actionnée par énergie électrique ou par combustion comme diesel, par énergie hydraulique (chaudière) et par énergie pneumatique à base d'air.



Figures indique : indique l'efficacité d'utilisation des machine de forage URSS selon leur numero indique sur chaque figure ou : 1)-rotatives à taillant coupant ,2)- à molettes,3)-roto-percutantes,4)-percutantes

a-productivité postière – dureté

b-énergie spécifique –dureté

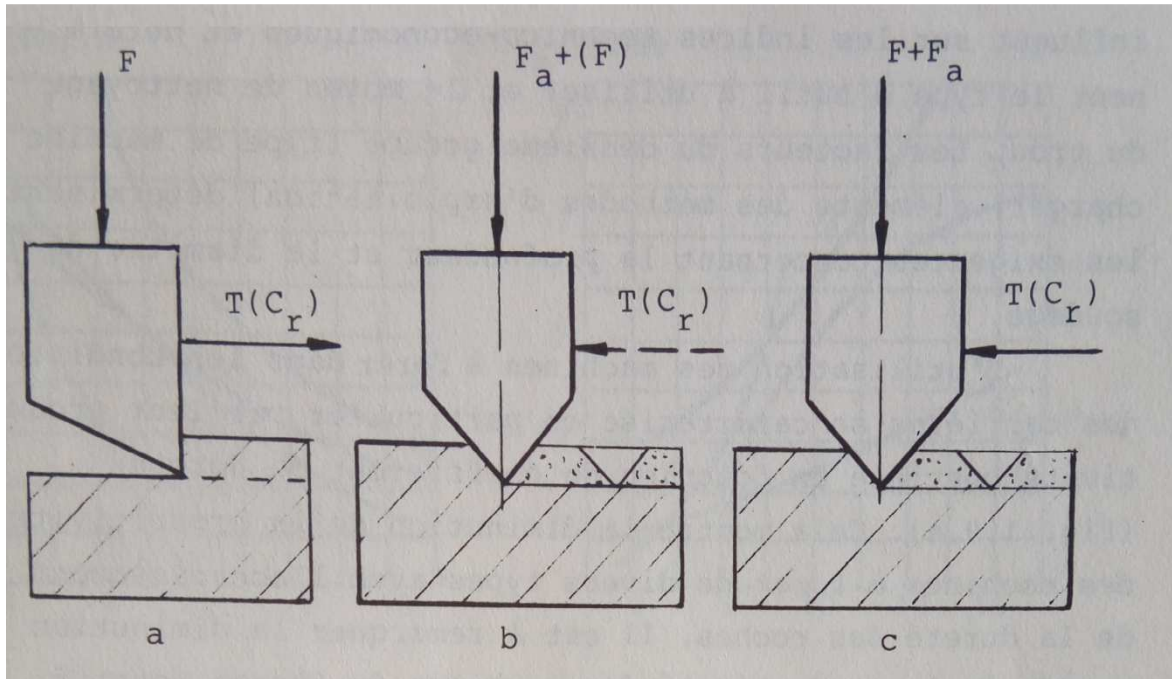
c-durée de vie –dureté

d-prix de revient –dureté

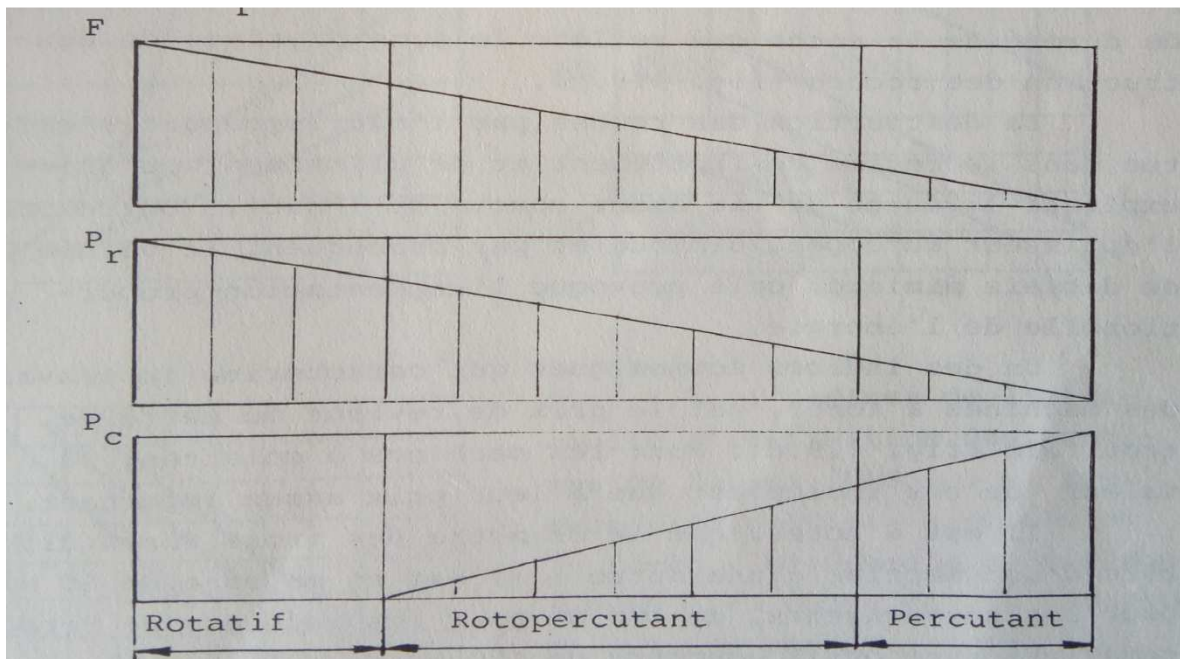
e-rendement volumétrique -dureté

Distribution des principales charges :

Le schéma de La destruction des roches selon divers modes de forage est représenté sur la figure ci-dessous, à savoir, la force axiale « F », la force percutant « F_a », effort tangentiel « T », couple de rotation « C_r »



-Valeur relatives de l'effort axial « F » de la puissance de rotation « P_r » et de la puissance de coup « P_c » lors de divers mode de forages



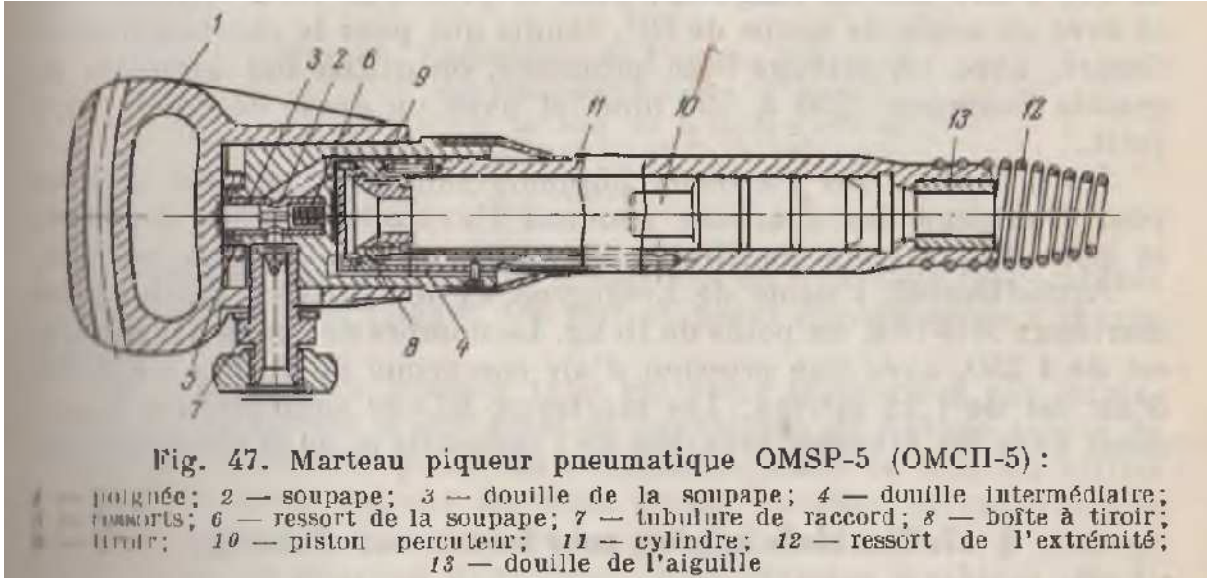
Choix de la machine de forage :

Le choix de la machine de forage est conditionné par le diamètre et la profondeur des trous qui dépendent de leurs espacements et leur distance du bord du gradin (maille) ; de la maille dépend la granulométrie de la roche abattue qui influe sur les dimensions du concasseur et la capacité du godet du moyen de chargement

Marteaux perforateurs

Marteaux piqueurs

Les marteaux piqueurs peuvent être électriques ou pneumatiques ou hydraulique alors les tentatives première de création de marteaux piqueurs électriques ils ont pas donne encore de résultats positifs et leurs utilisations dans des mines grisouteux est très dangereuse actuellement on n'emploie exclusivement que les marteaux piqueurs pneumatiques et hydraulique alors que même ces dernier ont des avantage comme que l'énergie transforme en travail est presque de 45% compare a d'autre moyen énergétique qui utiliser que 15% de leurs énergies qui sera transformer au travail des marteaux ,le taux de pénétration de l'outil de travail des marteau hydraulique est très grand par apport a d'autre marteau (pneumatique ou électriques),une grand productivité aussi compare a celle pneumatique ,moins de bruit alors que son inconvénients il demande beaucoup d'argent pour la maintenance, un operateur expérimenté, connaisseur de travail donc , généralement il utilise dans les petites mines



Classification des marteaux perforateurs pneumatique:

Ils sont classes :

1- suivant les conditions de travail (Manuel à colonne, et télescopiques)

Les perforateurs a marteau manuels sont destine pour forée des trous horizontaux et incline de diamètres de 25mm à 55 mm et d'une longueur allons a 4m leur poids varie de 12 a 95 kg

-On a ceux inferieur a 15 kg sont dites perforateur léger, de 15kg à 25 kg perforateur moyen et ceux supérieur à 25 se sont des perforateur lourd

Marteau a colonne sont destines a forées des trous de horizontaux et inclines; pour des Diamètre de 40 à 85 mm, d'une longueur allons jusqu'à 40m, leurs poids sont de 40 kg à 150 kg on appels les perforateurs inferieur a 40 kg perforateurs léger ceux 40 kg à 50 kg moyen et supérieur à 50kgperforateurs lourds

Marteau télescopiques : j sont destines a forées des trous verticaux inclinés leurs :

-Diamètres varie de 40 mm jusqu'à 85 mm

-longueur jusqu'à 15m

-Poids de 25 à 90 kg

On appels les perforateurs inferieur a 35kg perforateurs léger de poids qui varie entre 35 à 40 perforateurs moyen et ceux plus 40 kg sont dite perforateurs lourd

2-Classification d'après la fréquence de frappe :

_On trouve des perforateurs

-Jusqu'à 2000 coups/min

-Et ceux Supérieur à 2000 coups/min

3-d'après la construction de marteau

Il existe plusieurs types de perceuse mais la seule distinction réside dans le dispositif de distribution d'air comprimé. Le genre existant est :

A tiroir-à soupape son soupape (ce dernier le piston réalise lui seul la distribution de l'air comprimé dans le cylindre).

Les perceuses pneumatiques ont l'avantage de leur simplicité du point de vue de la destruction de la roche leur inconvénient est dû au faible rendement, consommation d'air comprimé qui coûte très cher beaucoup de bruit et vibration considérable.

La structure et la qualité de la construction du dispositif de distribution influent sur la consommation de l'air comprimé, la productivité, la puissance, l'énergie d'un coup, etc

Par exemple les soupapes consomment beaucoup d'air comprimé ; pour ceux à tiroirs moins de consommation d'air grande surface de frictionnelle, sensible aux impuretés. Alors que celle sans soupape elle est très simple le piston réalise lui seul la distribution de l'air comprimé dans le cylindre mais est inconvénient et le non remplissage des chambres du cylindre avec grande consommation de l'air elle est appliquée pour les perceuses à petit course.

Construction du marteau perceuse pneumatique

Les mécanismes et dispositifs composant le marteau perceuse pneumatique sont :

1-mécanisme de frappe

2-dispositif de distribution de l'air comprimé

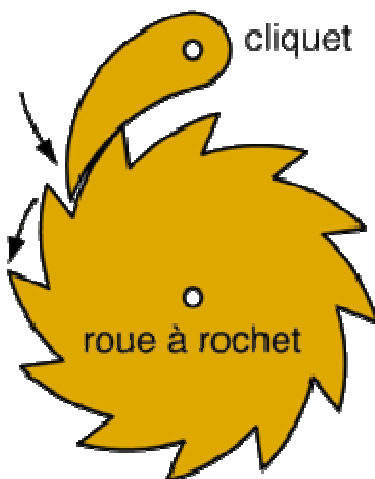
3-dispositif de grisage

4-dispositif de lavage de trou

5-dispositif de soufflage du trou

6-Mécanisme de rotation (faire tourner l'outil de forage d'un certain angle de 5° à 15°) on peut trouver un mécanisme dépendant représenté par une tige hélicoïdale ou un piston muni d'une queue hélicoïdale, il y a aussi celui indépendant ou la rotation s'effectue avec un moteur spécial fonctionnant indépendamment du piston utilise généralement des moteurs pneumatiques avec réducteur.

C'est une machine à percussion composée d'un cylindre, d'une roue à rochet, d'un dispositif de distribution d'air comprimé, d'un piston, d'une douille, d'une tige hélicoïdale et d'un mandrin (Mandrin : Le mandrin est une pièce mécanique fixée au bout de l'arbre d'une machine rotative ; il permet la fixation rapide d'un outil ou d'une pièce. Par extension, le mandrin désigne aussi une pièce en rotation sur laquelle on enroule différents produits.),



Fonctionnement de perceuse pneumatique

Le fonctionnement du marteau perceuse est assuré à l'aide de l'admission d'air comprimé à travers la roue à rochet et le distributeur d'air comprimé qui alimente les deux chambres gauche et droite du cylindre. Cela permet au piston de faire un mouvement alternatif (va et vient) et un mouvement de rotation au fleuret. Le cylindre étant séparé par le piston en deux chambres l'une sous pression (chambre gauche), l'autre en dépression (chambre droite) lors de la course à vide le rôle est inverse pour les deux chambres.

L'air comprimé alimente les deux chambres gauche et droite du cylindre cela permet au piston d'effectuer son mouvement alternatif (va et vient) et un mouvement de rotation au fleuret

Le fleuret est un outil adaptable sur les perforatrices par percussion et les marteaux pneumatiques, consistant généralement en une tige en acier creuse avec un taillant à son extrémité.

Il existe plusieurs types de fleurets pour forer dans la roche, à savoir :

Le fleuret monobloc (*Plug Hole Rod* ou *Monoblockbohrer*) est utilisé pour forer des trous de petits diamètres, avec des outils de forage à marteau, de faible force tels que les foreuses sur pied ou les foreuses portables. Les tiges sont généralement hexagonales avec des taillants intégrés en forme de croix ou plats. Le fleuret a une longueur de 60 cm à 1 mètre.

Le fleuret conique (*Konusstange*) est utilisé pour forer des trous de petit diamètre avec des outils de forage à marteau.

L'embout de ces tiges est généralement hexagonal pour permettre l'emboîtement de taillants coniques, en croix, à boutons ou bilames

Dispositif d'avancement du perforateur et béquille

Pour augmenter la vitesse de forage, il est nécessaire de pousser le taillant contre le front de taille avec une certaine force ; l'essai montre qu'il existe pour chaque roche une poussée rationnelle ou optimale donnant la meilleure productivité. Cette force de poussée dépend de la dureté de la roche, des paramètres du perforateur et de l'état de taillant, c'est la raison nécessaire pour avoir ce dispositif d'avancement : c'est grâce à cette idée que l'on arrive à construire maintenant des chariots jumbos qui travaillent soit à ciel ouvert ou en souterrain.

Aussi pour diminuer la fatigue d'ouvrier ou de l'opérateur de ces machines il est possible de l'installer sur des béquilles. Le perforateur est fixé à la béquille par une charnière située au centre de gravité du marteau

Où la force de poussée est horizontale donnée par $F_p = F_0 \cos(\alpha)$ et la force verticale $F_v = F_0 \sin(\alpha)$

Avanceurs pneumatique :

Avanceurs à chaîne

Ils ont une grande masse et un grand gabarit. Utilisés pour les perforateurs lourds, pour assurer une grande course et un grand effort de poussée

L'effort de poussée que peut provoquer cet avanceur est égal à :

$$F = \frac{750 P}{v_a} \eta, N$$

Où :

P : puissance du moteur

v_a : vitesse d'avancement m/s

$$v_a = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} ; m/s$$

D : diamètre de la roue d'entraînement ; m

n : vitesse de la rotation de la roue d'entraînement tr/mn

η : Rendement de la transmission 0.8 à 0.9

Avanceur à vis sans fin

Cet avanceur crée le couple de rotation $C_r = 7162 \frac{P}{n_{vis}} , N.m;$

P : puissance du moteur en, Ch ;

n_{vis} : vitesse de rotation de la vis, tr/min

L'effort de poussée est égal à : $F = \frac{2C_r}{d_{vis} \cdot \tan \alpha} \cdot \eta, N;$

d_{vis} : diamètre moyen de la vis, en m ;

α : angle de l'hélice en degré

La vitesse d'avancement est égale à : $v_a = t \cdot v_{vis} , m/mn$

Où : t le pas de la vis $t = \pi \cdot d \cdot \tan(\alpha)$

Chariots de forage

Pour la mécanisation et l'automatisation du processus de forage, l'utilisation de chariot jumbo est très bénéfique, le jumbo est un chariot automoteur sur lequel sont installés plusieurs perforateurs (1 à 7) le jumbo est monté sur rail, sur pneus, et plus souvent sur chenilles. ces perforateurs sont montés sur des avanceurs qui s'articulent sur des charnières à l'une des extrémités du bras ;

Parmi les avantages de des chariots de forage :

- 1-augmentation de la productivité de forage
- 2-possibilité de mécaniser et d'automatiser toutes les opérations de forage ;
- 3- élimination des vibrations et du bruit qui influent sur l'opérateur.

Ces inconvénients construction assez complexe, prix assez élevé

Utiliser surtout pour céramiques pour creusement des galeries souterraines, l'extraction des minéraux utiles, les chariots à bras unique utilisés dans l'exploitation à ciel ouvert sont appelés wagon -drill.

Selon la section des galeries ils sont répartis en plusieurs types ceux:

- Pour faible section de 5 à 9 m²
- Pour section moyenne de 9 à 30m²
- Pour grande section de 30 à 150 m²

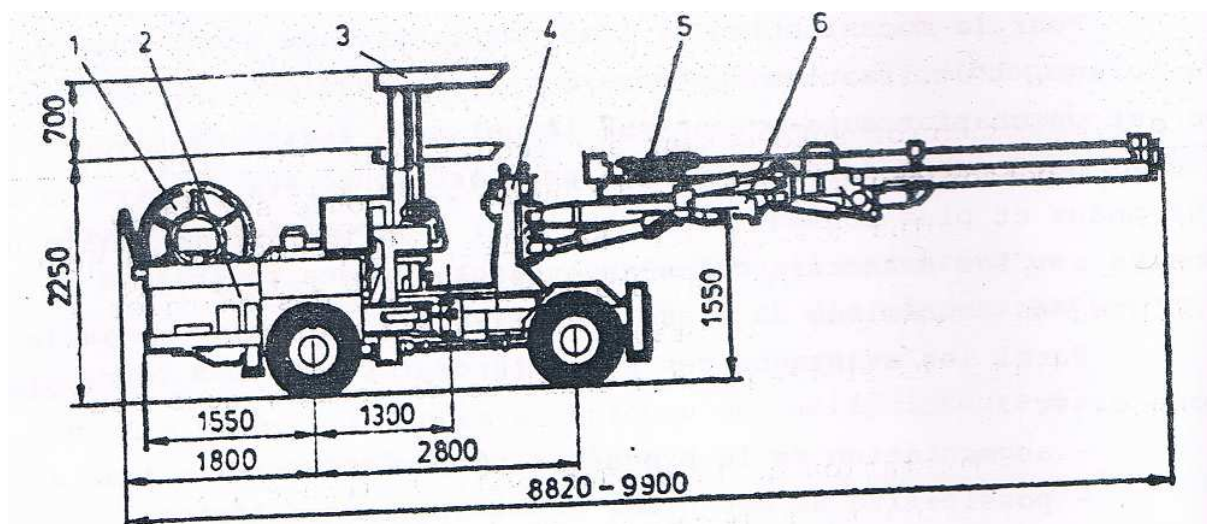


Fig. 2.28 : Chariot type Boomer H - 126 (Atlas Copco).
 1. tambour ; 2. bloc moteur ; 3. toit ; 4. leviers de commande ;
 5. perforateur (pneumatique ou hydraulique) ; 6. manipulateur.

Remarque

On peut citer aussi des marteaux spéciaux comme brise roche destinés pour destruction des roches de dureté moyenne et grande lors de fonçage de puits, destruction du béton, du damage (bourrage). brise roche utilisé dans les carrières pour destruction des blocs de grande dimension, construction des tunnels généralement suspendu sur des flèches des excavateurs universels. les brise roche pneumatiques aujourd'hui sont remplacés par ceux hydrauliques montés sur des excavateurs hydrauliques. Pour une dureté < 3, on utilise des marteaux appelés marteau à point utilisés pour les forages sous les tranchées pour canalisation, les routes, les chemins de fer etc. autres genres aussi qu'on trouve pour détachement des grands blocs de massif appelés coin hydraulique. ces dispositifs permettent d'atteindre de grandes charges dans la zone de contact qui dépend de la pression d'huile dans le système.

Perforateur hydraulique

Ils ont été créés en 1968 par une firme française « Montabert » durant l'année 1970 ils étaient mis en exploitation

Leurs avantages en plus de ce que nous avons cité au dessus ils ont :

Moins de consommation d'énergie presque 70% inférieure à celle d'autre énergie utilisée

Une vitesse de forage 1.5 à 2.0 fois plus grande

Une puissance de 4 à 5 fois plus grande

Un rendement de d environ 0.4 comparé à celui de perforateur pneumatique de 0.10 à 0.16

Un avantage particulier de ces perforateurs hydrauliques s'est la possibilité de régler la fréquence et les coups sans autant varier la puissance. Or ils peuvent travailler avec une grande fréquence des coups et une petite énergie par coups et inversement, outre on peut régler la vitesse de rotation, par conséquent le régime rationnel du perforateur hydraulique se fait en tenant compte des propriétés physico-mécaniques des roches ;

Ces inconvénients, tels que l'échauffement du liquide qui exige un système de refroidissement ;

Le perforateur d'aujourd'hui possède un poids assez important qui varie entre 70 à 240 kg et rarement pour certains de 25 à 35 kg une rotation varie de 1500 à 12000 coups/mn mais le plus souvent de 2000 à 3000 coups/mn, leur énergie par coups varie dans la limite de 70 à 500 N.m, le couple de rotation est de 160 à 500 N.m, la pression du liquide de travail est de 15 à 20 MPa.

Leur travail nécessite un bon lavage de trou par un jet d'eau, aussi un personnel hautement qualifié, en remarque aussi l'usure rapide des éléments d'étanchéité provoque la diminution du rendement, le prix de revient en utilisant le forage hydraulique est très élevé de 14 à 18 % par rapport au forage pneumatique

Déterminations des paramètres de base du perforateur pneumatique

Il est supposé que la pression d'air comprimé dans les chambres du cylindre à l'entrée et pendant l'échappement est constante.

Les paramètres de base du perforateur sont :

- Nombre de coups du piston par minute coups par minute
- nombre de tours du fleuret par minute tours par minute
- couple de rotation du fleuret en newton ; mètre
- énergie d'un coup du piston en joule
- puissance du perforateur kilo watt
- Consommation spécifique de l'air comprimé en m^3/mn

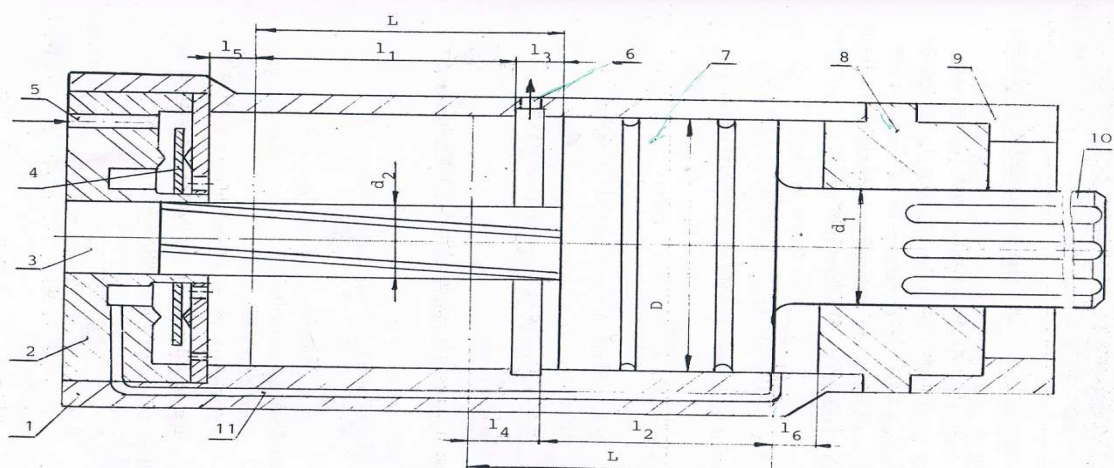


Fig. 2.33 : Schéma de détermination des paramètres de base des perforateurs.

1. cylindre ; 2. boîte à soupape ; 3. tige hélicoïdale ; 4. soupape ; 5. orifice d'admission ; 6. orifice d'échappement ; 7. piston ; 8. corps intermédiaire ; 9. mandrin ; 10. tige du piston ; 11. canal d'admission de la chambre droite.

1-Déterminations de forces appliquées au piston

La surface utile du piston pour réaliser le trajet aller est

$$S_a = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_2^2), m^2$$

Pour trajet retour :

$$S_r = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_1^2)$$

Ou

D : diamètre du piston, m ;

d1 : diamètre de la tige du piston, m ;

d2 : diamètre de la tige hélicoïdale ;

La force applique au piston pendant le trajet aller et retour sont égale comme suit :

$$F_a = (S_a \cdot p_a - S_r \cdot p_e) \cdot k_1, N;$$

$$F_r = (S_r \cdot p_a - S_a \cdot p_e) \cdot k_2, N;$$

Ou :

P_a : pression d'air comprimé dans la chambre d'admission du cylindre =a la pression dans le d'alimentation en pa

p_e : pression dans la chambre d'échappement=0.08 à 0.12 Mpa

k_1 coefficient tenant compte de perte par frottement entre le piston et le cylindre $k_1=0.85$ à 0.95 .

k_2 : coefficient tenant compte des pertes par frottement et par rotation du fleuret $k_2=0.5$ à 0.7

Déterminations de vitesse maximale du piston d'aller et de retour

Nous admettons que le mouvement du piston jusqu'à l'ouverture de l'orifice d'échappement (sous l'action de la force « F_a » est uniformément accélère, la distance parcouru sera « l_1 » est celle de retour est « l_2 » jusqu'au canal d'admission de la chambre droite

$$v_a = \sqrt{2a_a \cdot l_1}$$

$$v_r = \sqrt{2a_r \cdot l_2}$$

Ou : a_a et a_r accélérations du piston pendant les distance l_1 et l_2 en m/s^2 sur le trajet aller et retour .

Aussi d'après la deuxième loi de la mécanique :

$$a_a = \frac{F_a}{m} \text{ ou } m = \frac{G}{g}, \text{ ou } G \text{ poids du piston en } N; \text{ men } kg;$$

On peut écrire aussi que $v_a = \sqrt{\frac{2F_a \cdot l_1 \cdot g}{G}}, \frac{m}{s}$ et $v_r = \sqrt{\frac{2F_r \cdot l_2 \cdot g}{G}}, \frac{m}{s}$

Détermination nombre de coups du piston

La durée du cycle est égale durée du trajet aller plus durée du trajet retour en seconde

$$T_c = t_a + t_r, \text{ en } s$$

Si le cylindre est partagé a deux chambre droite et gauche fusaient un trajet déplacement aller de $L = l_1 + l_3$ et $L = l_2 + l_4$ ou l_1 et l_2 déplacement avec l'accélération d'aller et retour et l_3, l_4 déplacement par l'inertie

Nous aurons alors que $t_a = t'_a + t''_a$ et $t_r = t'_r + t''_r$

t'_a et t'_r temps de déplacement du piston sous les force,

F_a et F_r respectivement sur distance l_1 et l_2 .

$-t''_a$ et t''_r temps déplacement du piston par l'inertie sur les distances l_3 et l_4

On sait que la quantité de mouvement égale à :

$m \cdot v = F \cdot t$ on applique cette loi pour déterminer t'_a et t'_r donc

$$t'_a = \frac{G \cdot v_a}{g \cdot F_a} \text{ et } t'_r = \frac{G \cdot v_r}{g \cdot F_r} \text{ et } t''_a = \frac{l_3}{v_a}, t''_r = \frac{l_4}{v_r}$$

Ou $L - l_1 = l_3$ et $L - l_2 = l_4$ donc $t_a = \frac{G \cdot v_a}{g \cdot F_a} + \frac{L - l_1}{v_a}$ et $t_r = \frac{G \cdot v_r}{g \cdot F_r} + \frac{L - l_2}{v_r}$

Donc on a déterminé ainsi le temps de cycle on peut déterminer le nombre de coups par minute qui sera égale à :

$$n_c = \frac{60}{T_c} \text{ coups / mn}$$

Le nombre de tours du fleuret par minute est :

$$n_t = \frac{L}{h} \cdot n_c \text{ ou } h \text{ est le pas du filetage de la tige hélicoïdale} = 0.8 \text{ à } 1 \text{ mètre}$$

Le nombre de coups du piston par un tour du fleuret est égale à :

$$n'_c = \frac{n_c}{n_t}, \frac{\text{coups}}{\text{tr}} \text{ l'angle de rotation du fleuret par coup est : } \varphi = \frac{360}{n'_c}$$

Détermination de couple de rotation :

Le couple est créé par le piston pendant le trajet retour grâce à la tige hélicoïdale et l'écrou fixe sur le piston ;

La rotation du piston est transmise à l'emmanchement du fleuret par l'intermédiaire de la douille tournante d'après le schéma on a :

$$F'_r = F_r \cdot \tan(\beta), N \text{ et } \tan(\beta) = \frac{h}{2 \cdot d_2} \text{ ou } \beta : \text{Angle de filetage (hélicoïdal) en degré}$$

Tenant compte de force de frottement on peut avoir :

$$F''_r = F_r \cdot \tan(\beta - \rho), \text{ en } N \text{ Ou } \rho : \text{angle de frottement entre la tige hélicoïdale et l'écrou du piston}$$

$$\mu = \tan(\rho)$$

Le couple rotation du piston sera égale à :

$$C_r = k_3 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot F_r \cdot \tan(\beta - \rho), N \cdot m$$

k_3 : coefficient tenant compte de toutes les pertes dans toutes les jonctions du mécanisme de rotation = 0.5 à 0.6 le plus souvent

$$\beta = 80^\circ \text{ à } 85^\circ \text{ ALORS } \tan(\beta - \rho) = 4 \text{ et } k_3 = 0.5 \text{ donc : } C_r = F_r \cdot d_2, N \cdot m$$

Détermination de l'énergie d'un coup du piston et la puissance de perforateur :

L'énergie d'un coup de piston est égale à l'énergie cinétique :

$$E_c = \frac{m \cdot v_a^2}{2} = F_a \cdot l_1$$

alors la puissance égale à :

$$P_c = \frac{E_c \cdot n_c}{60 \cdot 1020}, kW$$

Détermination de la consommation de l'air comprimé :

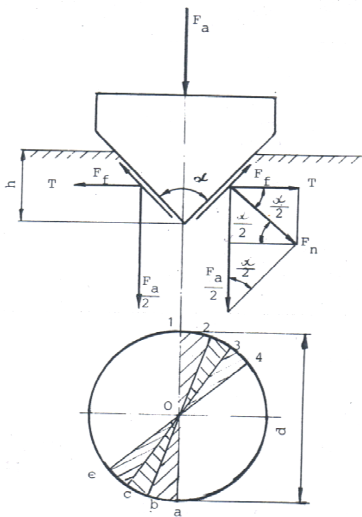
La consommation de l'air comprimé par minute est

$$C_{air} = (S_a + S_r) \cdot L \cdot n_c \frac{p_a}{p_r}, m^3/mn$$

Théorie de la destruction de la roche au fond de trou (forage percutant)

Le forage percutant s'effectue à l'aide d'un taillant en forme de burin avec une arête tranchante en carbure de tungstène et de cobalt. Pres chaque coup le taillant (couronne) tourne d'un certain angle.

Selon la théorie de PROUSPENSKI, sous l'action de la force percutante $-F_a$ – le taillant pénètre dans le massif à la profondeur $-h$ – avec un coefficient de frottement μ_1 . La pénétration s'arrête quand la force percutante sera égale à la somme des forces résistantes c'est-à-dire :



. Schéma des forces agissant contre le burin lors du forage percutant.

$$F_a = 2(F_f \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + F_n \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)) \cdot C_e, N ;$$

Où :

F_f : force tangentielle entre la surface de travail du taillant et la surface de la roche, en N ;

F_n : force normale du taillant agissant sur la roche, en N ;

α : Angle d'affutage du taillant en degré ;

C_e : coefficient d'émoussement du taillant, = 1.2 à 1.3

Où :

$$F_f = F_n \cdot \mu_1, N ; \text{ et } F_n = \frac{d \cdot h \cdot \sigma_{comp}}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, N ;$$

Où : d diamètre du taillant ,m

D'où avec ces deux équations on peut déterminer la profondeur de pénétration du taillant :

$$h = \frac{F_a}{2 \cdot d \cdot h \cdot \sigma_{comp} \cdot \left(\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \mu_1 \right)}$$

la composante horizontale qui apparait lors de pénétration du taillant dans la roche qui cisaille un certain volume de la roche égale à :

$$T = F_n \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{F_a}{2 \cdot \left(\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \mu_1 \right) \cdot C_e}, N;$$

La surface cisaille par un tour du fleuret qui va réaliser n'_c coups par tour est :

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot n'_c}, m^2$$

La force de résistance de la roche au cisaillement T peut être déterminée par :

$$T = S_0 \cdot \tau, \text{ en } N$$

Où τ est la contrainte de cisaillement de la roche en, Pa

A partir de ces formules on obtient le nombre optimal de coups par tour de fleuret :

$$n'_c = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \left(\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \mu_1 \right) \cdot C_e \cdot \tau}{2 \cdot F_a}$$

La vitesse de rotation rationnelle est :

$$n_r = \frac{n_c}{n'_c}$$

Où : n_c nombre de coups de fleuret par minute.

La vitesse de forage théorique :

$v = h \cdot n_r = h \frac{n_c}{n'_c}$ si on remplace la valeur de n'_c dans la vitesse on obtient cette vitesse en fonction de la contrainte de cisaillement et la force percutante. Sachons que le travail d'un coup est donné par la formule de :

$$w = \frac{F_a}{2} \cdot h \text{ en } N \cdot m$$

Donc la vitesse de forage est proportionnelle au travail et au nombre de coups et inversement proportionnelle au diamètre de trou au carré, à la contrainte de cisaillement de la roche et au coefficient d'émoussement du taillant ; outre cela, avec la diminution de l'angle d'affûtage du taillant augmente la vitesse de forage.

Deuxième méthode

Principe de désagrégation de la roche :

Pendant le forage percutant ce l'effet des chocs de piston sur l'emmanchement (la queue) de fleuret le taillant (tranchant) pénètre dans la roche pour la désagréger, opère d'une façon où chaque coup le fleuret tourne d'un angle $B=15^\circ$ à 40° les saillies (fentes) entre les lignes de chocs sont arrachées par force F cette force déterminée par la relation suivante :

$$F = \frac{p}{2} \tan\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right) ; kg \quad \text{Où } \alpha \text{ angle d'affûtage de taillant}$$

La méthode utilise pour n'importe quelle dureté des roches.

Calcul de marteau perforateur.

On admet les suppositions suivantes

1-la pression à l'alimentation du cylindre est constante

2-on néglige les frottements

3-la pression qui arrive au moteur est constante = énergie d'un choc du piston

$$A_c = F_p \cdot l_r ; kg \cdot m$$

$$\text{ou } l_r = (0,85 \text{ à } 0,90) \cdot l_c$$

ou l_r : course réelle de piston

l_c ; longueur de la course suivant le constructeur

F_p ; force qui agit sur le piston pendant la course de travail elle détermine par la formule de

$$F_p = S_1 P_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P_1.$$

$$\text{ou } P_1 = P_0 \cdot C_1$$

ou S_1 : Section arrière du piston, D : diamètre de grand piston, d : diamètre de la vis hélicoïdale, P_1 : pression de l'indicateur de l'air comprimé

P_0 ; pression d'air qui arrive au cylindre

C_1 : dépend suivant la disposition de distributeur de l'air comprimé

-à soupape $C_1=0.52$

-à tiroir $C_1=0.62$

-Sans soupape $C=0.80$

on aura donc que l'énergie d'un choc est $A_c = \frac{\pi}{4} (D - d) \cdot l_r \cdot P_0 \cdot c_1 \cdot \text{kg.m.}$

-calcul de la puissance transmise au piston :

$$N_p = \frac{A_c \cdot n}{75 \cdot 60}, \text{ ch}$$

Où n cadence de fréquence de frappe ; ou $n = \frac{60}{T}$

Tel que T : cycle de travail de taillant ou de piston $T=T_1+T_2$

T_1 durée de la course de piston aller ou avancé : $T_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot l_r}{a}}$

$$a = \text{accélération du piston pendant le travail} = \frac{F_p}{m_p}$$

$$m_p = \text{masse du piston} = G_p / g$$

G_p ; poids du piston ; g : gravité.

T_2 durée de la course du piston pendant le retour

$T_2 = \alpha \cdot T_1$ ou $\alpha = 1.1 \text{ à } 1.2$ c'est un coefficient empirique

-On donne le nombre de tour de fleuret :

$$Z = \frac{B \cdot n}{360}; \frac{\text{tr}}{\text{min}}$$

B angle de rotation du fleuret pendant un coup

Le débit de l'air comprimé est donné par :

$$Q = \frac{(S_1 + S_2) \cdot l_r \cdot n \cdot k \cdot c_t \cdot p_0 + 1}{10^6} \cdot \frac{p_0 + 1}{p \cdot a}$$

Où : k coefficient de remplissage de cylindre par l'air comprimé 0.5 à 0.7

C_t : coefficient tenant compte de l'état du marteau 1.1 à 1.5

Choix de régime de fonctionnement rationnel de perforateurs

Le choix de perforateur est mis a la question de la productivité que peut assurer dans les condition bien définies, mais ce facteur reste lie au régime de fonctionnement de la machine qui est a son tour dépend des propriétés de la roche ,du type de **l'outil et** des paramètres du perforateur, sans pour autant négliger les facteurs qui peuvent avoir une influence sur le choix du régime de fonctionnement tels que :la puissance de la machine ,la vitesse d'avancement maximale que peut assurer le perforateur, la hauteur de pénétration de l'outil et le couple de rotation .

1.1-Choix de l'outil de forage

Le choix s'effectue selon les propriétés physico-mécaniques et l'état de la roche, ainsi que les paramètres des trous à forés.

Les taillants de forme burin, croix à lames et à boutons sont les plus rependus pour le forage dans les roches monolithes et fissurées.

Tab :Valeurs de l'angle d'affutage α du taillant.

Dureté de la roche		
F<6	6<f<12	f>12
80°-90°	90°-100°	100°-110°

1.2-Elaboration de nomogramme

Hauteur de pénétration du taillant

La hauteur de pénétration est une fonction de l'énergie d'un coup du piston $h=F(E_{ou})$

$$h = \frac{4 \cdot n'_c \cdot E_{ou}}{\pi \cdot d^2 \cdot \sigma_{comp} \cdot \left(\tan \frac{\alpha}{2} + \mu_1 \right) \cdot z}$$

Ou :

E_{ou} : énergie d'un coups du piston ;J

d : diamètre du taillant

μ_1 : Coefficient de frottement entre le taillant et la roche =0.3 à 0.5

C_e : coefficient d'émoussement $C_e=1.2-1.3$

α : Angle d'affutage, degré

Z : nombre de tranchant Z=1-3

Vitesse de forage

La vitesse de forage est une fonction de la hauteur de pénétration dans la roche et de la vitesse de rotation, exprimée par le rapport $\frac{n_c}{n'_c}$, $v = F(h, n_c)$ ou $v = h \cdot \frac{n_c}{n'_c} \cdot Z$; m/mn

1.3-Productivité du perforateur

La productivité théorique : c'est le nombre de mètre de trou foré pendant l'unité de temps ;

$$Q_{th} = F(v, T) = v \cdot T; m/poste$$

Ou T : durée d'un poste de travail du perforateur, en minute

La productivité technique :

C'est le nombre de mètre de trou fore pendant l'unité de temps en tenant compte des arrêts programme du perforateur.

$$Q_{tech} = \frac{T - T_{pr}}{(k_f \cdot m_p \cdot v)^{-1} + (t_{dépl} + t_{in} + t_n + q \cdot t_{ch}) \cdot k_{rep}}; m/post$$

T_{pr} : temps de préparation par poste ;mn

K_f : coefficient tenant compte de nombre de perforateurs en fonctionnement si $m_p=2$ alors $k_f=0.7$

m_p : nombre de perforateur en fonctionnement

$t_{dépl}$: temps de déplacement ou de manœuvre du perforateur mn/m

t_{in} : temps de la course inactive de la tige de forage mn/m

t_n : temps de soufflage et de nettoyage du trou mn/m

t_{ch} : temps nécessaire pour changer l'outil de forage mn/m

q : consommation spécifique de l'outil de forage piece /m

k_{rep} : coefficient tenant compte du repos des ouvriers =1.12 pour perforateur a main et 1.05 pour perforateur a colonne ;

Productivité d'exploitation :

C'est le nombre de mètre de trou foré pendant l'unité de temps en tenant compte de l'utilisation réelle du perforateur.

$$Q_{exp} = Q_{tech} \cdot k_{ex} \text{ m/post ou } k_{ex} = \frac{1}{\frac{1}{K_f} + \frac{T_{aux} + T_{org}}{L} \cdot V}$$

Ou K_f : coefficient de fiabilité =0.8 à 0.9

Taux : temps d'arrêt du perforateur due a des causes technique ,mn

Torg : temps de perte a cause de l'organisation des travaux ;

L :metrage des trous total forés

$\frac{T_{aux} + T_{org}}{L}$ il est de 6 à 8 mn/m

