ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2017

Toute documentation permise Calculatrices : modèles autorisés seulement Durée de l'examen : 3 heures

14-MI-A7 Fragmentation des roches
Total 100 points

PARTIE A (60 points pour cette partie)

Question A1 (5 point)

Dans une roche dont l'indice de forabilité « DRI » est assez élevé (par exemple 75), l'opérateur de la foreuse rotative appliquait une vitesse de rotation de 100 tours par minute et une force de poussée de 12 kN/pouce de diamètre. Maintenant, ce même engin de forage effectuera le forage dans une roche plus dure qui se caractérise par la valeur de DRI plus basse (DRI = 40).

A) Faudrait-il changer la vitesse de rotation? Si oui, spécifier s'il s'agit d'une hausse ou d'une baisse. Justifier votre réponse.

B) Que ferait-on avec la force de poussée unitaire? Devra-t-elle être augmentée ou réduite?

Question A2 (7,5 points)

Un taux de pénétration qu'on peut atteindre lors de forage à percussion dépend de certains facteurs et paramètres. Énumérez-les et définissez et expliquez comment ils influencent le taux de pénétration.

Question A3 (9 points)

Comparez deux technologies de forage à percussion, à savoir :

A. Celle avec un marteau hors du trou (« Top-Hammer») et,

B. Celle avec un marteau fond de trou (« DTH »)

Décrivez leurs principes, avantages et désavantages et indiquez les applications dans lesquels chacune d'elle offre le plus de bénéfices.

Question A4 (4 points) – VRAI OU FAUX

Note : chaque réponse correcte = 1 point, une mauvaise réponse est cotée –0,5 point.

1. Dans le forage rotatif, la fréquence de frappe est un des paramètres clés;
2. Forage aux diamants n'est pas utilisé pour les fins de la production minière;
3. Pour le forage aux diamants : plus la roche à forer est dure, plus la taille des diamants sur la couronne doit être petite.

4. La méthode de forage rotatif à l'aide des outils de type « drag bit » s'avère très économique pour le forage dans les roches ayant une forte résistance en compression.

Question A5 (4,5 points)

Quels facteurs et paramètres doivent être pris en considération pour évaluer la productivité de forage à long terme?

Question A6 (30 points)

Vous devez planifier les forages pour les sautages en banc. La roche à forer c'est de l'**hématite :** masse volumique de 5,1 t/m^3; dureté en échelle de Mohs : 6,0 et indice d'abrasivité de Cerchar : 6,3 (où 7 est une valeur maximale).

Vous pouvez avoir à votre disposition de type de foreuse autonome sur chenilles : Atlas Copco FlexiROC T35 (à percussion avec un marteau hors du trou), dont les paramètres sont présentés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1

Engin de forage	**FlexiROC T35**
Symbole et type du marteau	COP 1840+* Hors du trou
Puissance	20 kW
Pression d'air	n/a
Longueur totale de la glissière	7140 mm
Course du marteau/tête de rotation	4240 mm
Train de tiges disponibles	T38, T 45 ou T51
Longueur des allonges/tubes	3050 ou 3660 mm

* - comparable au marteau HL 700 de Sandvik (anciennement Tamrock)

Les paramètres de forage avec cet engin sont les suivants (Tableau 2) :

Tableau 2

Diamètres des trous :	89 mm (3 ½ po.)
Longueur des trous :	15,55 m

Tableau 3 Facteur de forabilité par rapport au granite de barre

Rock type	Location	Drillability factor
Andesite	Messy Rock, Wash., USA	1.27
Banded Gneiss	Solna, Sweden	.89
Barre Granite	Barre, Vermont, USA	1.00
Basalt	New York, USA	.56
Calcite	Hanover, Pa., USA	.89
Chalcopyrite	New Guinea	.78
Diorite	Oregon, USA	.34
Dolomite	Hanover, Pa., USA	1.70
Felsite	Denver, Colorado, USA	.75
Granite	Westchester, N.J., USA	.67
Granite	Snettisham Dam, Alaska, USA	.78
Granite	Newark, N.J., USA	1.05
Granite	California, USA	1.10
Granite Gneiss	Hamburg, N.J., USA	.67
Granite Gneiss	Vancouver, B.C. Canada	.89
Hematite (Red)	Sarajevo, Yugoslavia	1.50
Limestone	Washington, USA	.78
Limestone	Millerville, Va., USA	.89
Limestone	Buffalo, N.Y., USA	.89
Limestone	Bellefonte, Pa., USA	.94
Limestone	Tulsa, Ok., USA	1.19
Limestone	Saratoga, N.Y., USA	1.22
Limestone	Portsmouth, N.H., USA	1.77
Limestone	Davenport, Iowa, USA	1.79

Tableau 4 Durée des actions non productives

Opération	**Durée approximative** (sèlon Jimeno et al., 1995) **(s)**	**Durée approximative** (selon Chugh et al., 1995) **(s)**
Déplacement de l'appareil de forage	60 à 180	120 – 270 pour les trous de 3 – 6 m de longueur; 180 -300 pour les trous de 12 – 18 m de longueur; 340 pour les trous de 30m*
Positionnement de l'appareil de forage	30 à 60	
Démarrage du trou	Inclut ci-haut	15 - 25
Ajout d'une allonge :		
système automatique	35 à 45	
système manuel	60	45 -75
Backhammering	10 à 15	N/D
Récupération des allonges (temps pour 1 allonge) :		
système automatique	30 à 60	
système manuel	60	90 - 180
Nettoyage du fond de trou	~ 60	30 - 60
Changement du taillant	Env. 90 s**	N/D

* Pour le « wagon-drill » il faut prévoir de 180 à 420 s pour les trous < 6m et 240 – 480s pour les trous de 12m;

Votre tâche consiste à :

1. Déterminer le taux de pénétration maximale pouvant être atteint **(5 point).**
2. Calculer le temps de forage d'un trou **(10 points).**
3. Évaluer la capacité mensuelle des **équipements** tenant compte des facteurs techniques, opérationnels et organisationnels **(5 points).**
4. Si la production mensuelle atteinte grâce à cet équipement doit être de 125 000 tonnes du minerai et le volume d'influence (B * S * H) de chaque trou est de 124,7 m^3, évaluez la consommation mensuelle des taillants et des allonges dans les conditions données (on imagine que la vie d'allonge est 4500 m et que la vie de taillant est 850 m) **(10 points).**

PARTIE B (40 points pour cette partie)

PARTIE B1 (20 points pour cette partie, à chaque bonne réponse, on attribue 4 points)
Encercler la bonne réponse : A ou B ou C ou D.

Question B1-1 (4 points)

Lequel des outils suivants, nous ne devons pas utiliser dans le sautage avec un retard?
A) Cordon détonant B) Fusible de sécurité C) Détonateur électrique D) Nonel

Question B1-2 (4 points)

Quelle option est correcte?

A) Généralement la densité d'explosif est directement proportionnelle à la sensibilité des explosifs et la taille des particules est inversement proportionnelle à la sensibilité des explosifs.
B) Généralement la densité d'explosif est inversement proportionnelle à la sensibilité des explosifs et la taille des particules est directement proportionnelle à la sensibilité des explosifs.
C) Généralement la densité d'explosif est inversement proportionnelle à la sensibilité des explosifs et la taille des particules est inversement proportionnelle à la sensibilité des explosifs.
D) La sensibilité à l'explosif n'a aucun rapport avec la densité et la taille des particules des explosifs.

Question B1-3 (4 points)

Lesquel des facteurs suivants dépendent du taux de détonation explosif?
A) La gravité spécifique, le type de détonateurs et sensibilité à l'impact
B) La gravité spécifique, le type de détonateurs, la taille des particules et le diamètre du trou
C) La gravité spécifique et sensibilité à l'impact et à l'étincelle
D) La composition chimique

Question B1-4 (4 points)

Back break a une relation:

A) directement avec burden, stemming et inclination du trou explosif

B) directement avec burden et a une relation inversement avec inclination du trou explosif

C) directement avec stemming et a une relation inversement avec burden et inclination du trou explosif

D) directement avec inclination du trou explosif et a une relation inversement avec burden et stemming

QuestionB1- 5 (4 points)

Quelle est la relation entre la charge spécifique des explosifs dans la coupe parallèle (Parallel cut) et la coupe angulaire (Angular cut)?

A) Selon le type de roche, elle est parfois plus grosse en coupe parallèle et parfois plus grosse en coupe angulaire

A) Elle est plus grande en coupe parallèle qu'en coupe angulaire

B) Elle est plus grande en coupe angulaire parallèle qu'en coupe parallèle

C) Dans les deux types de coupe la relation est égale

PARTIE B2 (20 points pour cette partie)

Question B2-1 (20 points)

Vous devez calculer tous les paramètres de sautage dans une mine à ciel ouvert de minerai calcaire. Calculer la quantité de charge spécifique de l'explosif (Kg/tonne roche) et la taille de la fragmentation de la roche et les autres paramètres pour sautage tels que Burden (B), l'espacement (Spacing) (S), Stemming (J), la hauteur du trou pour sautage (H), la hauteur effective de charge explosif (He), etc. Pour le calcul, vous pouvez utiliser la formule d'Ash. Les caractéristiques des explosifs, des roches et des conditions pour sautage sont les suivantes:

1- La masse volumique de roche est 2,6 gr/cm^3
2- L'explosif est Ammonium Nitrate Fuel Oil (ANFO) avec la masse volumique de 0,87 gr/cm^3
3- Le diamètre du trou pour sautage est de 3 pouces (3"). Trois bâtons de dynamite sont utilisés dans le trou pour sautage. Deux d'entre eux sont utilisés comme primer et l'autre est utilisé comme booster.
4- On utilise les cordeaux détonants et les détonateurs électriques.