

TD 4. Vitesse critique d'un broyeur à boulets

La vitesse critique d'un broyeur, c'est-à-dire la vitesse qu'il doit avoir pour qu'un unique corps broyant, pendant une rotation complète, reste en contact permanent avec le revêtement, à cause de la force centrifuge, est en fonction de son diamètre. En fait, la vitesse critique croît inversement avec le diamètre du broyeur.

Où

m = masse du boulet, kg

R = Rayon de la coquille, m

N = vitesse du broyeur, rpm

V = vitesse linéaire du boulet, m/sec = $2\pi RN/60$

Considérons un corps broyant se déplaçant à l'intérieure du broyeur, ce dernier décrit une trajectoire circulaire d'où il retombe sur le bas de la charge seulement après avoir atteint une certaine hauteur en changeant sa trajectoire circulaire en une trajectoire parabolique (Figure 1).

Lorsque le corps broyant atteint le point où il change sa trajectoire, la force centrifuge et la force centripète agissant sur ce dernier sont en équilibre (Figure 2). La force centrifuge agissant sur le corps broyant est représentée par $\frac{m v^2}{R}$. La composante de la masse poids du corps opposé à la direction de la force centrifuge est la force centripète c'est-à-dire $mg \cos \alpha$, où α est l'angle formé entre la ligne d'action de la force centripète et la verticale. P est le point où le corps broyant change sa trajectoire circulaire en trajectoire parabolique, en ce point les forces sont en équilibre.

Alors,

$$\frac{m v^2}{R} = m g \cos \alpha ; \quad (1)$$

ce qui implique $\frac{\left(\frac{2\pi RN}{60}\right)^2}{R} = g \cos \alpha$

Alors,

$$N^2 = \frac{(60)^2 g \cos \alpha}{4\pi^2 R} ; \quad (2)$$

Supposons que D est le diamètre du broyeur, d est le diamètre du corps broyant, le rayon de la trajectoire circulaire extérieure du boulet est $\frac{D-d}{2}$, par substitution :

$$N^2 = \frac{(60)^2 g \cos \alpha}{2\pi^2 (D-d)} ; \quad (3)$$

La vitesse critique du broyeur est atteinte lorsque $\alpha = 0$ c'est-à-dire que le corps broyant (le boulet) restera en contact avec la paroi lors de la rotation du broyeur. En ce point $\cos \alpha = 1$.
Donc $N = N_c$.

$$N_c^2 = \frac{(60)^2 g}{2\pi^2 (D-d)} ; \quad (4)$$

Si D et d sont mesurés en mètres, g est 9.81 m/sec², l'équation (4) deviendra :

$$\text{Vitesse critique} = N_c = \frac{42.3}{\sqrt{(D-d)}} ; \text{ tours/minute}$$

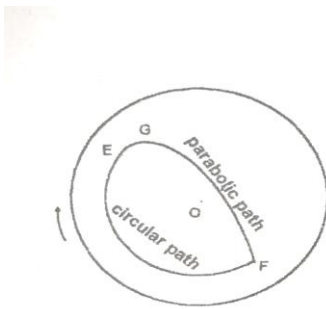


Figure 1. Trajectoires d'un boulet

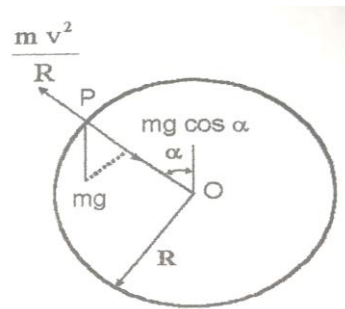


Figure 2. Forces agissantes sur un boulet

Exercice 1

Déterminez la vitesse critique d'un broyeur à boulets ayant un diamètre intérieure de 48 pouces, avec une charge de boulets 3 pouces de diamètre.

Solution

Diamètre du broyeur à boulets = 48 pouces x 0.0254 = 1.2192 mètres

Diamètre du boulet = 3 pouces x 0.0254 = 0.0762 mètres

$$\begin{aligned} \text{Vitesse critique du broyeur à boulets} &= N_c = \frac{42.3}{\sqrt{(D-d)}} \\ &= \frac{42.3}{\sqrt{(1.2192-0.0762)}} = 39.57 \text{ Tours/min} \end{aligned}$$

Exercice 2

Calculez la vitesse de rotation d'un broyeur à boulets d'une dimension de 2 mètres de diamètre contenant une charge en boulets d'acier (masse spécifique de 7.6) de 0.1 mètre de diamètre. Le broyeur fonctionne à 70 % de sa vitesse critique.

Solution

$$N_c = 30.96 \text{ Tours/min}$$

$$\text{Vitesse de rotation} = 21.48 \text{ Tours/min}$$