VELOCIDAD CRÍTICA DE GIRO DE UN MOLINO DE BOLAS

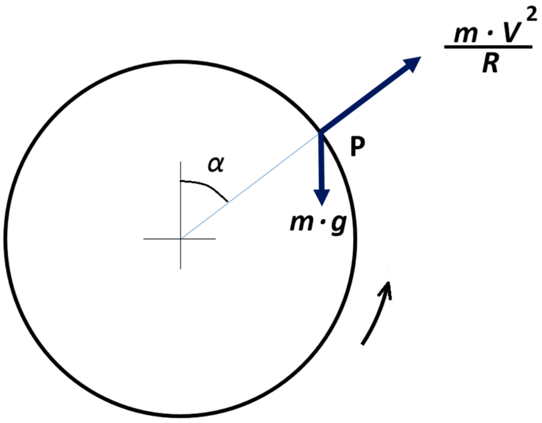
Procedimientos de Construcción. Prof. Víctor Yepes

PROBLEMA. Calcular la velocidad crítica de un molino de bolas de 175 cm de diámetro interno, que se carga con bolas de acero de 10 cm de diámetro. Indicar, asimismo, el rango adecuado de velocidad de giro para el molino en este caso.

Solución:

La velocidad crítica es aquella a la que se centrifugaría una partícula infinitesimal situada justamente en la periferia interna del molino. En el momento en que se alcanza dicha velocidad, el molino pierde capacidad de molienda, pues existe un porcentaje de la carga de elementos molturadores que no trabaja.

Calculemos la velocidad crítica. Para ello consideremos una partícula que se eleva dentro de una trayectoria de radio *R*, expresado en metros, girando a una velocidad de *N*, en r.p.m., tal y como se puede ver en la figura. Dicha partícula caerá hacia el interior del molino cuando su peso se equilibre con la fuerza centrífuga.



Es decir, si consideramos que *m* es la masa de la partícula (kg), *V* es la velocidad lineal de la partícula (m/s) y *g* es la aceleración de la gravedad (m/s^2), entonces:

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot g \cdot \cos\alpha$$

La velocidad *V* se puede expresar en función de la velocidad angular *N* (r.p.m.):

$$V = \frac{2\pi \cdot R \cdot N}{60}$$

Sustituyendo,

$$\cos\alpha = \frac{4\pi^2 \cdot N^2 \cdot R}{60^2 \cdot g} = 0{,}001118 \cdot N^2 \cdot R$$

El radio de la trayectoria se puede expresar en función del diámetro interno del molino *D* y del diámetro de la bola *d*, de forma que:

$$R = \frac{D - d}{2}$$

Por tanto,

$$\cos\alpha = 0{,}001118 \cdot N^2 \cdot \frac{D-d}{2}$$

La velocidad crítica ocurre cuando α = 0, en dicho punto, cos α =1, y por tanto,

$$N_c = \frac{42{,}3}{\sqrt{D-d}}$$

Donde,

N_c velocidad crítica (r.p.m.)

D diámetro interno del molino (m)

d diámetro de la bola o la barra (m)

En esta ecuación se ha supuesto que no hay deslizamiento entre la partícula y el recubrimiento interno del molino. Se puede asumir dicha hipótesis en molinos modernos que se mantienen en condiciones razonables.

Por tanto, en este caso,

$$N_c = \frac{42{,}3}{\sqrt{1{,}75 - 0{,}10}} = 32{,}93\ r.p.m.$$

Atendiendo a la recomendación de Wills y Napier-Munn (2006), el molino deberá trabajar entre un 50 % y un 90 % de su velocidad crítica, dependiendo de factores económicos. En este caso, la velocidad debería variar entre 16,5 r.p.m. y 29,6 r.p.m. No obstante, el punto de máximo rendimiento, medido por la potencia necesaria para accionar el molino, está en torno al 75 %, y se suele utilizar velocidades de rotación de 65-70 % para los molinos de bolas y de 50-70 % para los molinos de barras. Por tanto, podríamos concluir que la velocidad para el máximo rendimiento en este caso estaría alrededor de 22 r.p.m.

Referencias:

MARTÍ, J.V.; GONZÁLEZ, F.; YEPES, V. (2005). *Temas de procedimientos de construcción. Extracción y tratamiento de áridos*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Ref. 2005.165. Valencia, 74 pp.

MARTÍNEZ PAGÁN, P. (2021). *Ejercicios resueltos de plantas de tratamiento de recursos minerales*. Universidad Politécnica de Cartagena, CRAI Biblioteca, Cartagena, 211 pp.

WILLS, B.A.; NAPIER-MUNN, T. (2006). *Mineral Processing Technology. An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Elsevier Science & Technology Books, 7th edition.