

Capítulo 9

Trasmisión de potencia mediante ejes

EL DISEÑO DE EJES consiste básicamente en la determinación del diámetro correcto del eje para asegurar rigidez y resistencia satisfactorias cuando el eje transmite potencia en diferentes condiciones de carga y operación. Generalmente los ejes tienen sección transversal circular y pueden ser huecos o macizos.

EL DISEÑO DE EJES DE MATERIALES DUCTILES, basado en su resistencia, está controlado por la teoría del esfuerzo cortante máximo. La presentación siguiente se basa en ejes de material dúctil y sección transversal circular. Los ejes de materiales frágiles deben diseñarse en base a la teoría del esfuerzo normal máximo. Generalmente los ejes están sometidos a torsión, flexión y cargas axiales. Para cargas torsionales, el esfuerzo de torsión

τ_{xy} es

$$\tau_{xy} = M_t r / J = 16 M_t / \pi d^3 \quad \text{para ejes macizos}$$

$$\tau_{xy} = 16 M_t d_o / \pi (d_o^4 - d_i^4) \quad \text{para ejes huecos}$$

Para cargas de flexión, el esfuerzo de flexión s_b (tracción o compresión) es

$$s_b = M_b r / I = 32 M_b / \pi d^3 \quad \text{para ejes macizos}$$

$$s_b = 32 M_b d_o / \pi (d_o^4 - d_i^4) \quad \text{para ejes huecos}$$

Para cargas axiales, el esfuerzo de compresión o tracción s_a es

$$s_a = 4 F_a / \pi d^2 \quad \text{para ejes macizos}$$

$$s_a = 4 F_a / \pi (d_o^2 - d_i^2) \quad \text{para ejes huecos}$$

La ecuación del código ASME para un eje hueco combina torsión, flexión y carga axial, aplicando la ecuación del esfuerzo cortante máximo modificada mediante la introducción de factores de choque, fatiga y columna:

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi s_s (1 - K^4)} \sqrt{\left[K_b M_b + \frac{\alpha F_a d_o (1 + K^2)}{8} \right]^2 + (K_t M_t)^2}$$

Para un eje macizo con carga axial pequeña o nula, se reduce a

$$d^3 = \frac{16}{\pi s_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

en la cual, en la sección en consideración,

τ_{xy} = esfuerzo cortante de torsión, psi

M_t = momento de torsión, lb-pul

M_b = momento de flexión, lb-pul

d_o = diámetro exterior del eje, pul

d_i = diámetro interior del eje, pul

F_a = carga axial, lb

$$K = d_i / d_o$$

K_b = factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento flector

K_t = factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento de torsión

Para ejes estacionarios:

	K_b	K_t
Carga aplicada gradualmente	1,0	1,0
Carga aplicada repentinamente	1,5 a 2,0	1,5 a 2,0

Para ejes en rotación:

Carga aplicada gradualmente	1,5	1,0
Carga repentina (choque menor)	1,5 a 2,0	1,0 a 1,5
Carga repentina (choque fuerte)	2,0 a 3,0	1,5 a 3,0

s_b = esfuerzo de flexión (tensión o compresión), psi

s_a = esfuerzo axial (tensión o compresión), psi

El código ASME especifica para ejes de acero comercial

s_s (permisible) = 8000 psi para ejes sin cuñero

s_s (permisible) = 6000 psi para ejes con cuñero

El código ASME especifica para ejes de acero comprados con especificaciones definidas

s_s (permisible) = 30% del límite elástico sin sobrepasar del 18% del esfuerzo último en tracción, para ejes sin cuñero. Estos valores deben reducirse en 25% si existen cuñeros.

α = factor de acción de columna. El factor de acción de columna es la unidad para carga de tracción. Para compresión, α puede calcularse mediante:

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0,0044 (L/k)} \quad \text{para } L/K < 115$$

$$\alpha = \frac{s_y}{\pi^2 n E} \left(\frac{L}{k} \right)^2 \quad \text{para } L/K > 115$$

n = 1 para extremos articulados

n = 2,25 para extremos fijos

n = 1,6 para extremos restringidos parcialmente, como en el caso de cojinetes

k = radio de giro = $\sqrt{I/A}$ pul

I = momento rectangular de inercia, pul⁴

A = área de la sección transversal del eje, pul²

s_y = esfuerzo de fluencia en compresión, psi

EL DISEÑO DE EJES POR RIGIDEZ TORSIONAL se basa en el ángulo de giro permisible. La cantidad permisible de giro depende de la aplicación particular, y varía desde 0,08 grados por pie para ejes de máquinas herramientas hasta 1 grado por pie para ejes de transmisión.

$$\theta = 584 M_t L / G (d_o^4 - d_i^4) \quad \text{para un eje circular hueco}$$

$$\theta = 584 M_t L / G d^4 \quad \text{para un eje circular macizo}$$

donde

θ = ángulo de giro, grados

L = longitud del eje, pul

M_t = momento de torsión, lb-pul

G = módulo de elasticidad en torsión, psi

d = diámetro del eje, pul