

## ME-5500 (Elementos de Máquinas)

## Guía 5: Cálculo de Engranajes

**1.** (70 pts) Problema 1

Un piñón de 21 dientes gira a 1800 rpm acoplado con una corona de 33 dientes en un reductor de engranajes rectos. Se especificó número de calidad  $Q_v = 9$  tanto para el piñón como para la corona, y una confiabilidad de 0.9. La carga tangencial transmitida es 2800 lbf. Las condiciones geométricas y de montaje están dadas para un factor de distribución de la carga  $K_m = 1.7$ . El reductor opera en condición uniforme (no hay impacto sobre los dientes), y se ha determinado que para la fatiga no hay efecto del tamaño sobre el esfuerzo. Adicionalmente, suponga que el espesor del aro es tal que la relación de apoyo es  $m_b = 1.30$ , y que el factor de condición superficial es  $C_f = 1.0$ . Se propone utilizar dientes de profundidad completa con un ángulo de presión de  $20^\circ$ , con piñón y corona fresados de acero nitrurado, completamente endurecido, con  $S_c = 168000$  psi y  $C_p = 2300 \sqrt{\text{psi}}$ . El paso diametral es igual a 6 dientes/in y el ancho de la cara es 2.0 in. La temperatura del sistema no supera los  $100^\circ\text{C}$ . Calcule el número de ciclos de esfuerzos (superficiales) de contacto que puede soportar el engranaje según la metodología AGMA.

**2.** (70 pts) Problema 2

Considere el tren de engranajes (A, B, C, D) mostrado en la Fig. 1 (medidas en mm) y los siguientes datos disponibles:

- Utilice el Sistema Internacional.
- Potencia y velocidad: 5.6 kW @ 1440 rpm.
- Engranajes poseen dientes rectos de profundidad total.
- Número de dientes:  $N_A = 20$ ,  $N_B = 100$ ,  $N_C = 25$ ,  $N_D = 150$ .
- Módulos:  $m_A = m_B = 5$  mm,  $m_C = m_D = 6$  mm.
- Ángulo de presión:  $\phi = 20^\circ$ .
- Material piñones y coronas: Acero nitrurado endurecido completamente (AISI 4140), Grado 2,  $H_B = 300$ .
- Ciclos de operación requeridos en el engranaje C:  $10^7$  ciclos.
- Confiabilidad requerida: 99%.
- Temperatura de operación:  $100^\circ\text{C}$ .
- Número de calidad de los engranajes:  $Q_v = 10$ .
- Transmisión de potencia es uniforme.

- El tamaño del diente no influye en el esfuerzo del diente.
- Factor de distribución de carga:  $K_H = 1.5$ .
- Factor geométrico del diente del engranaje C:  $Y_J = 0.35$ .
- Relación de apoyo del aro en el engranaje C:  $m_b = 1.6$ .
- Factor de conversión:  $1 \text{ psi} = 0.006895 \text{ MPa}$ .

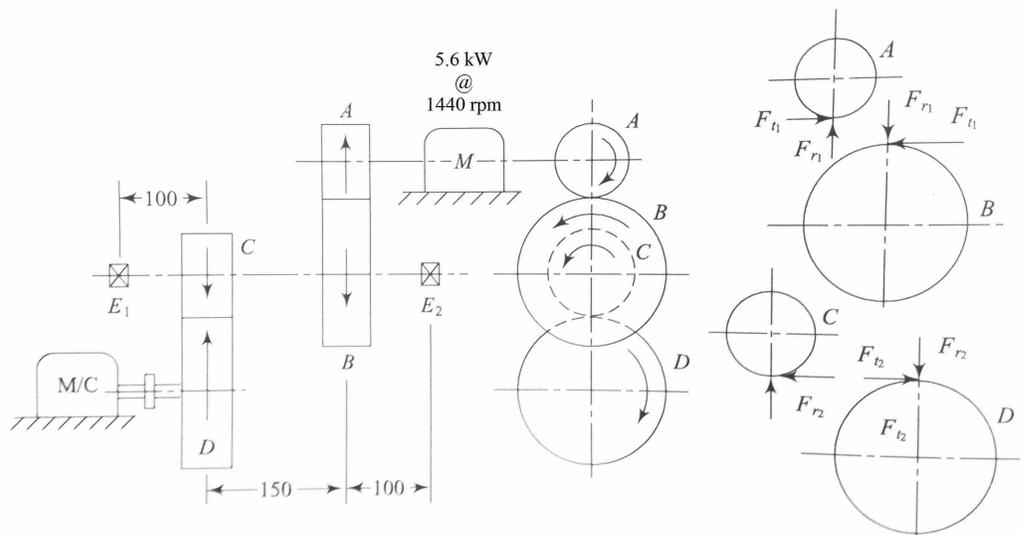


Fig. 1: Tren de engranajes del Problema 2.

Desarrolle los siguientes planteamientos:

- (10 pts) Calcule las fuerzas radial y tangencial que aparecen entre los engranajes A y B.
- (10 pts) Calcule las fuerzas radial y tangencial que aparecen entre los engranajes C y D.
- (10 pts) Calcule por flexión el ancho del diente en el engranaje C con un factor de seguridad  $S_F = 3.5$ .
- (10 pts) Calcule el alto completo del diente y el espesor del aro en el engranaje C.
- (10 pts) Calcule el espesor del diente en el engranaje C.
- (10 pts) Determine si existe interferencia entre el piñón C y la corona D.
- (10 pts) Calcule las rpm de salida y el 'gear ratio' total del tren de engranajes.

### 3. (70 pts) Problema 3

En la Fig. 2 se muestra una caja reductora de una etapa. La caja opera uniformemente y las cargas de impacto son despreciables. Los engranajes fueron diseñados para una vida de 5 años operando a 2000 hr/año. La probabilidad de falla para los 5 años es del 10%. Los siguientes datos adicionales se conocen para esta caja reductora:

- Engranaje de dientes rectos con ángulo de presión  $20^\circ$
- El montaje de los engranajes es tal que la distancia desde el centro de los engranajes al eje central vertical de la caja reductora es igual a 0.25 veces la distancia entre apoyos en cada eje de la caja reductora.
- El ancho de la cara del diente es 2 in.
- El paso diametral es 7 dientes/in.
- El piñón tiene 18 dientes.
- Los dientes fueron fabricados sin coronar.
- Los engranajes serán ajustados durante el ensamble.
- Tanto el piñón como la corona fueron fabricados en acero completamente endurecido con 360 HB (grado 2).
- El número de calidad AGMA especificado es  $Q_v = 9$ .
- El factor de tamaño, el factor de temperatura y el factor de espesor de aro, son todos unitarios.

Sobre la base de la información entregada desarrolle lo siguiente:

- (20 pts) Determine el número de dientes de la corona, los diámetros de paso del piñón y de la corona, la altura completa del diente, y la distancia entre centros de los engranajes.
- (20 pts) Determine si existe o no interferencia entre la corona y el piñón. En caso de existir, no modifique el diseño, simplemente ignore este efecto.
- (20 pts) Determine el factor de seguridad del sistema de engranajes.
- (10 pts) ¿Qué mecanismo de falla controla el diseño de los engranajes de esta caja reductora?

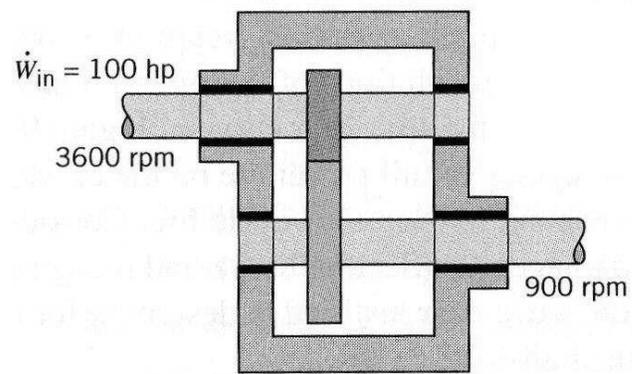


Fig. 2: Caja reductora del Problema 3.