



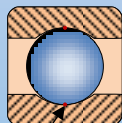
Capítulo 6 Esfuerzos de contacto



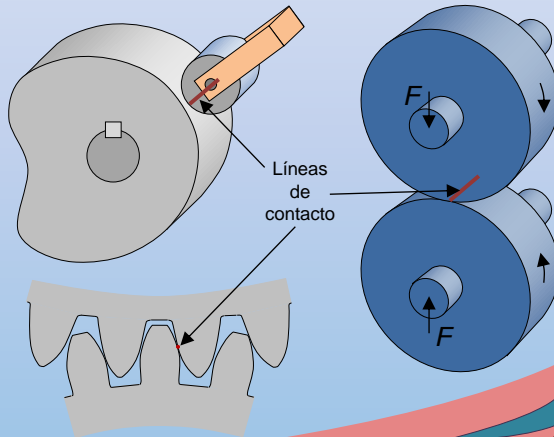
Profesor: Libardo Vanegas
 Diseño I
 Facultad de Ingeniería Mecánica
 Universidad Tecnológica de Pereira
 23 de octubre de 2009

Esfuerzos de contacto: casos típicos

Los **esfuerzos de contacto** ocurren cuando se transmiten cargas a través de **superficies** que presentan contactos **puntuales** o a lo largo de una **línea**



Puntos de contacto



Líneas de contacto

Elasticidad – áreas - esfuerzos

Los materiales son elásticos



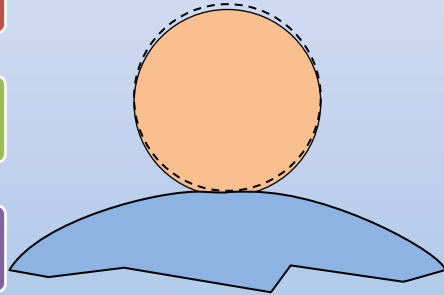
Se presenta deformación



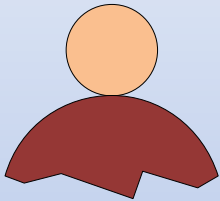
Áreas pequeñas de contacto



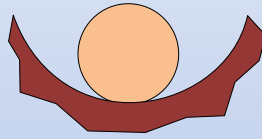
Grandes esfuerzos de contacto



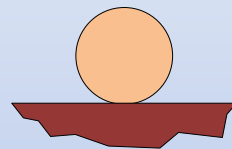
Tres tipos de contacto



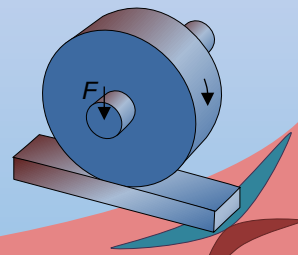
(a) Convexo - convexo



(b) Convexo - cóncavo



(c) Convexo - plano



Esfuerzos de Hertz

- Los esfuerzos de contacto tratados en este capítulo se conocen como **esfuerzos Hertzianos**, debido al investigador **Hertz** (1881)
- Condiciones:**
 - Las cargas aplicadas sobre los cuerpos crean en la zona de contacto sólo deformaciones **elásticas** sujetas a la **ley de Hooke**
 - Cargas **normales** a las superficies de contacto, en **reposo** o en **rodadura pura**
 - Materiales homogéneos e isótropos
 - El área de contacto es muy **pequeña** comparada con la superficie de los cuerpos que se tocan
- El contorno de la superficie de contacto es en general una **elipse**. En casos particulares la superficie de contacto toma forma **circular** o **rectangular**.
- Casos estudiados: **esfera - esfera** (huella **circular**) y **cilindro - cilindro** (huella **rectangular**)



Elipse

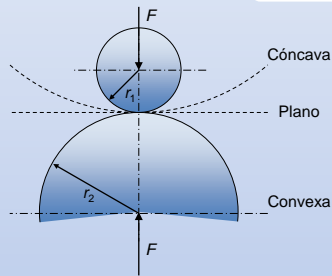
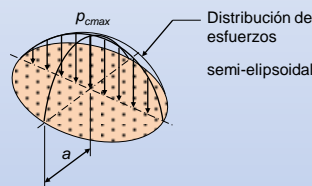


Círculo



Rectángulo

Contacto esfera - esfera

(a) Elementos esféricos en contacto bajo la acción de una fuerza F de compresión(b) Área de contacto circular de radio a , y distribución del esfuerzo de compresión

$$a = \sqrt[3]{0.75F \frac{(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}{(1/r_1 \pm 1/r_2)}}$$

$$p_{cmax} = \frac{3}{2\pi} \frac{F}{a^2} = 0.5784 \sqrt[3]{\frac{F(1/r_1 \pm 1/r_2)^2}{[(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2]^2}}$$

$$S_{smax} = \frac{p_{cmax}}{2} \left[\frac{(1-2\nu)}{2} + \frac{2}{9}(1+\nu)\sqrt{2(1+\nu)} \right] \quad z_r = a \sqrt{\frac{2+2\nu}{7-2\nu}}$$

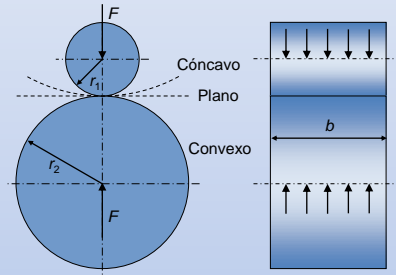
Si $\nu_1 = \nu_2 = 0.3$ (por ejemplo, acero)

$$a = 0.88 \sqrt[3]{F \frac{1/E_1 + 1/E_2}{(1/r_1 \pm 1/r_2)}}$$

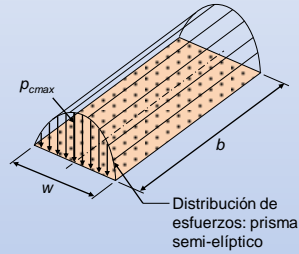
$$p_{cmax} = \frac{3}{2\pi} \frac{F}{a^2} = 0.616 \sqrt[3]{\frac{F(1/r_1 \pm 1/r_2)^2}{(1/E_1 + 1/E_2)^2}}$$

$$S_{smax} = 0.34 p_{cmax} \quad z_r = 0.63 a$$

Contacto cilindro - cilindro



(a) Elementos cilíndricos en contacto bajo la acción de una fuerza F de compresión



(b) Área de contacto rectangular de ancho w , y distribución del esfuerzo de compresión

$$w = 4 \sqrt{\frac{F}{\pi b} \frac{(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}{(1/r_1 \pm 1/r_2)}}$$

$$p_{cmax} = \frac{4F}{\pi w b} = \sqrt{\frac{F}{b\pi} \frac{(1/r_1 \pm 1/r_2)}{(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}}$$

Si $\nu_1 = \nu_2 = 0.3$ (por ejemplo, acero)

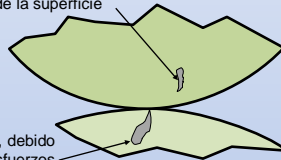
$$w = 2.15 \sqrt{\frac{F}{b} \frac{1/E_1 + 1/E_2}{(1/r_1 \pm 1/r_2)}}$$

$$p_{cmax} = \frac{4F}{\pi w b} = 0.59 \sqrt{\frac{F(1/r_1 \pm 1/r_2)}{b(1/E_1 + 1/E_2)}}$$

$$S_{smax} = 0.304 p_{cmax} \quad z_r = 0.4w$$

Fatiga superficial

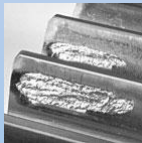
Algunas grietas se desarrollan en el interior, ya que el esfuerzo cortante máximo ocurre a cierta profundidad (z) de la superficie



Grieta saliendo a la superficie, debido a la acción continua de los esfuerzos y el lubricante atrapado en ella

La resistencia a la fatiga superficial existe para vida **finita**
Ejemplo: $S_{c@1 \times 10^8}$

Superficies en contacto



http://www.oerlikon.com/ecomaXL/index.php?site=BAZERS_EN_surface_fatigue



http://www.skf.com/images/cat/images/5/5_15/5401_44.jpg



<http://www.wear-management.ch/?path=root+repairwelding&lang=en>

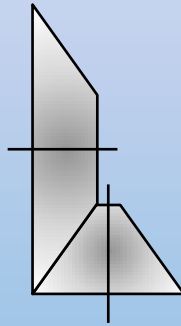


<http://www.wear-management.ch/?path=wm+services+cmnetworks&lang=en>

Desgaste de los elementos de máquinas

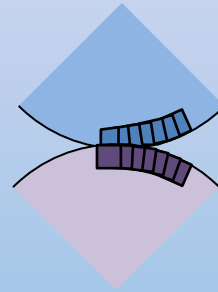
El rodamiento de las superficies en contacto generalmente va acompañado de **deslizamiento relativo**:

- Resbalamiento por sobrecarga
- Deslizamiento geométrico
- Deslizamiento elástico



Deslizamiento geométrico

Deslizamiento elástico



Plazo de servicio de las máquinas

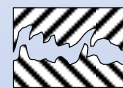
- La **vida útil** de muchas piezas de máquinas queda restringida por el **desgaste** de sus superficies de trabajo.

Por ejemplo, debido a:

- Fatiga superficial
- Desgaste por adherencia
- Desgaste abrasivo
- Desgaste corrosivo
- Desgaste por sobrecarga

- **Períodos de trabajo**

- Período de asentado
- Período de explotación o trabajo normal
- Período de desgaste catastrófico



(a) Período de Asentado



(b) Período de Trabajo Normal

Figura 6.8 Progreso del desgaste en elementos de máquinas

Algunos factores que indican en el desgaste

La **velocidad de desgaste** depende de:

- Los materiales de las superficies en contacto
- Magnitud y carácter de la carga
- Velocidad de deslizamiento
- Lubricación
- Refrigeración
- Actividad física y química del medio

Algunos **materiales “antifricción”** son:

- Babbit
- Bronce
- Hierro fundido
- Ciertas fundiciones plásticas

Vías constructivas para aumentar la vida útil

- La dirección del flujo de las fuerzas debe ser tal que el mayor volumen de la pieza tome parte en la percepción de éstas.
- La forma de la pieza debe asegurar la transmisión de la carga por toda la superficie de contacto proyectada, pero sólo por ésta.
- Al construir una pieza, deben evitarse las transiciones bruscas, es decir, cambios bruscos en la forma (ya que son sitios de concentración de esfuerzos, perjudiciales con cargas cíclicas).
- La resistencia mecánica debe ser en lo posible igual en todas sus secciones.
- Conviene separar el flujo de fuerza de la zona propensa a la concentración de la carga. Esto tiene el fin de distribuir uniformemente el flujo de fuerza por el volumen de la pieza.
- Distribuir uniformemente la fuerza por toda la superficie de contacto, para favorecer la exclusión de los sitios de posible concentración de esfuerzos

Bibliografía

- DOBROVOLSKI, V.. **Elementos de Máquinas**. Moscú: MIR, 1981 . Tercera edición.
- NORTON, Robert L.. **Diseño de Máquinas**. México: Ed. Prentice-Hall (Pearson), 1999.
- FAIRES, V. M.. **Diseño de Elementos de Máquinas**. México: Editorial Limusa, 1995. 4ª Reimpresión verificar