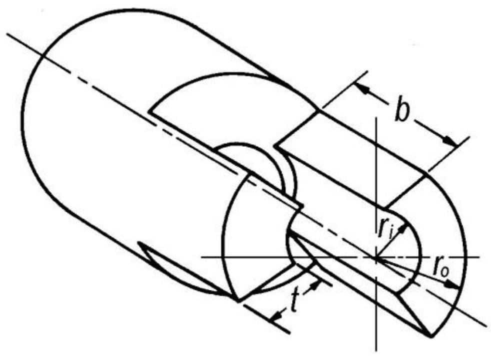
Problema 1.- Para el embrague de quijada cuadrada que se muestra en la figura $r_i = 1\frac{3}{8}$ pul, $b = \frac{1}{2}$ pul; y se transfieren 75 hp a 650 rpm. Cada una de las quijadas sustenta un ángulo de 90º. En otras palabras, solo 180º de la superficie del embrague tiene quijada. Calcular el esfuerzo de corte y aplastamiento si $t = \frac{5}{8}$ pul.



Solución:

$$T = \frac{63000H}{n} = \frac{63000(75)}{650} = 7269.23 \text{ lb-pul}$$

$$F = \frac{2T}{k(r_o - r_i)} = \frac{2(7269.23)}{2\left(\frac{16}{8} - \frac{11}{8}\right)} = 11630.768 \text{ lb}$$

Esfuerzo de corte:

$$\tau = \frac{360F}{\pi(r_o - r_i)\theta t} = \frac{360(11630.768)}{\pi\left(\frac{5}{8}\right)(90)\left(\frac{5}{8}\right)} = 37910.4 \text{ psi}$$

Esfuerzo de aplastamiento:

$$\sigma_b = \frac{F}{bt} = \frac{11630.768}{\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{5}{8}\right)} = 32218.457 \text{ psi}$$

Problema 2.- Una parte del sistema de transmisión de un automóvil consiste de un embrague de disco con ambos lados efectivos y se generan 25 hp a 200 rpm. La experiencia ha demostrado que se obtienen buenos resultados cuando el diámetro exterior es igual a tres veces el diámetro interior. Si el material del embrague expuesto a la fricción tiene un coeficiente de 0.3 y se puede desarrollar una presión máxima de 15 psi, calcular los diámetros exterior e interior así como la fuerza de impulsión requerida. Suponer desgaste uniforme.

Solución:

$$T = \frac{63000H}{n} = \frac{63000(25)}{200} = 7875 \text{ lb.pul}$$

Para un solo lado

T = 3937.5 lb.pul

$$T = \frac{\pi f p_{máx} d}{8}(D^2 - d^2) = \frac{\pi f p_{máx} d}{8}(9d^2 - d^2) \therefore$$

$$d = \left[\frac{3937.5}{\pi(0.3)(15)}\right]^{1/3} = 6.53 \text{ pul}$$

D = 3(6.53) = 19.59 pul

$$F = \frac{\pi p_{máx} d}{2}(D - d) = \frac{\pi(15)(6.53)(19.59-6.53)}{2} = 2009.4 lb \therefore$$

F = 2009.4 lb

Problema 3.- Un embrague cónico tiene un radio medio de 200 mm y un ángulo de inclinación de 8º . La presión máxima en el forro es de 0.7 MPa y el coeficiente de fricción es de 0.2. Encuentre el par que el embrague puede ejercer y la fuerza de embrague requerida para una operación permanente. El forro mide 75 mm a lo largo de un elemento del cono.¿Cuál es la potencia de fricción para una velocidad de 600 rpm? Suponer desgaste uniforme.

Solución:

$\frac{R+r}{2} = 0.2 \therefore R = 0.4 - r$ --------------(a)

$sen\alpha = \frac{R-r}{0.075} \therefore R = 0.010437982 + r$ --------------(b)

Sumando (a) y (b) se tiene que

R = 0.20522 m = 205.22 mm

r = 0.19478 m = 194.78 mm

$$T = \frac{\pi f p_{máx} d}{8 sen\alpha}(D^2 - d^2) = \frac{\pi(0.2)(0.7x10^6)(0.38956)(0.41^2 - 0.38956^2)}{8sen8^o} \therefore$$

T = 2515 N.m

$$F = \frac{\pi p_{máx} d}{2}(D - d) = 8755.34N \therefore$$

F = 8755.34 N

$$H = T\omega = 2515\left(\frac{\pi x 600}{30}\right) = 158022.11 \text{ Watts} \therefore$$

H = 158.022 KW

Problema 4.- El freno de banda que se muestra en la figura absorbe 6 hp a 150 rpm. La máxima presión entre la cinta y el tambor es de 100 psi. El ancho de la banda es de 2 pul, y el coeficiente de fricción f = 0.12. Encontrar el ángulo de contacto y la distancia a.

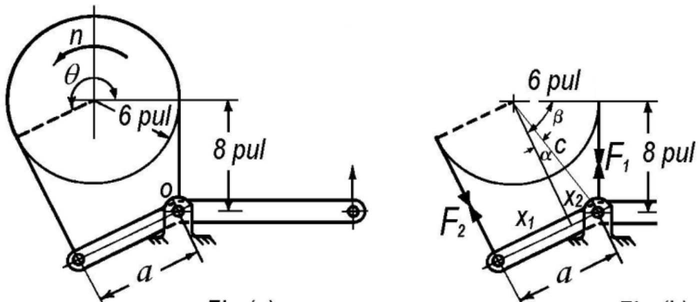


Fig.(a) Fig.(b)

De acuerdo con los datos

$$T = \frac{63000H}{n} = \frac{63000(6)}{150} = 2520 \text{ lb.pul}$$

$$T = (F_1 - F_2)r \therefore \text{l}$$

$$F_1 - F_2 = 420 \text{ lb} \text{ -----------------(1)}$$

$$p_{máx} = \frac{F_1}{br} \therefore F_1 = p_{máx} br \therefore \; F_1 = 1200 \text{ lb}$$

En (1) se tiene que $F_2 = 780$ lb

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{f\theta} \therefore \theta = \frac{1}{f} \ln \frac{F_1}{F_2} \therefore$$

$$\theta = \frac{1}{0.12} \ln\left(\frac{1200}{780}\right) = 3.58985 rad \therefore$$

$$\theta = 205.68^{o}$$

De la figura (b) se tiene lo siguiente:

$$\beta = 360 - (205.68 + 90) = 64.32^{o}$$

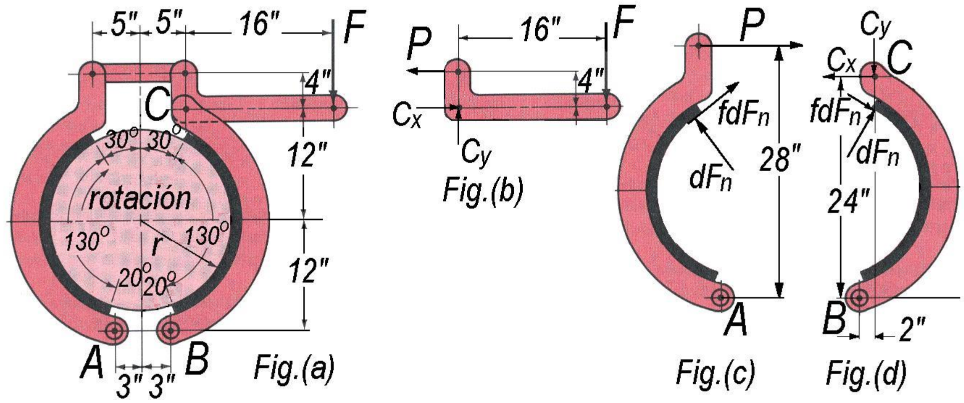
$$\alpha = 64.32 - \tan^{-1}\left(\frac{8}{6}\right) = 11.19^{o}$$

$$x_2 = c sen\alpha = \sqrt{8^2 + 6^2} sen 11.19^{o} = 1.94 \text{pul}$$

$$a = x_1 + x_2 = 6 + 1.94 = 7.94 pul \therefore$$

$$a = 7.94 pul$$

Problema 5.- El freno que se muestra en la figura (a) tiene un coeficiente de fricción de 0.3, un radio de 10 pul, un ancho de cara de 2 pul, y una presión límite de zapata de 150 psi. Determinar la fuerza límite de trabajo F y la capacidad de frenado.



Solución:

Del freno mostrado en la figura (a) se tiene que:

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{3}{12}\right) = 14^{o}$$

$$\theta_1 = 20 - 14 = 6^{o}$$

$$\theta_2 = 6 + 130 = 136^{o}$$

$$a = \sqrt{3^2 + 12^2} = 12.37 \text{ pul}$$

$$sen\,\theta_{máx} = 1$$

Análisis sobre el brazo: figura (b)

$$\sum M_C = 0 \therefore 4P - 16F = 0 \therefore P = 4F \text{ --------------------(1)}$$

$$\sum F_x = 0 \therefore C_x = P \text{ ---------------------------(2)}$$

$$\sum F_y = 0 \therefore C_y = F \text{ ---------------------------(3)}$$

Análisis sobre la zapata izquierda: figura (c)

Podemos observar que esta zapata es autoenergizada, ya que la fuerza de fricción gira en el mismo sentido que P , por lo que en ésta zapata se tiene la máxima presión.

$$M_n = \frac{p_{máx}bra}{4sen\theta_{máx}}\left[2(\theta_2 - \theta_1) - (sen2\theta_2 - sen2\theta_1)\right] \therefore$$

$$M_n = \frac{p_{máx}(2)(10)(12.37)}{4}\left[2(130)\left(\frac{\pi}{180}\right) - (sen272^o - sen12^o)\right] = 355.338\,p_{máx}$$

$$M_f = \frac{fbrp_{máx}}{sen\theta_{máx}}\left[-r(\cos\theta_2 - \cos\theta_1) - \frac{1}{2}a(sen^2\theta_2 - sen^2\theta_1)\right] \therefore$$

$$M_f = 0.3(2)(10)\,p_{máx}(17.1386 - 2.917) = 85.33\,p_{máx}$$

$$P = \frac{355.338\,pmáx - 85.33\,p_{máx}}{28} = 1446.5lb$$

De la ecuación (1) se obtiene:

$$F = \frac{1446.5}{4} = 361.625lb$$

$$T_i = \frac{fp_{máx}br^2}{sen\theta_{máx}}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) = 0.3(150)(2)(100)(1.7138) = 15425 \text{ lb-pul}$$

Análisis sobre la zapata derecha: figura (d).

$$\sum M_B = 0 \therefore 24C_x - 2C_y = M_n + M_f \therefore$$

$$p_{máx_d} = \frac{24((1446.5) - 2(361.625)}{440.668} = 77.14 \text{ psi}$$

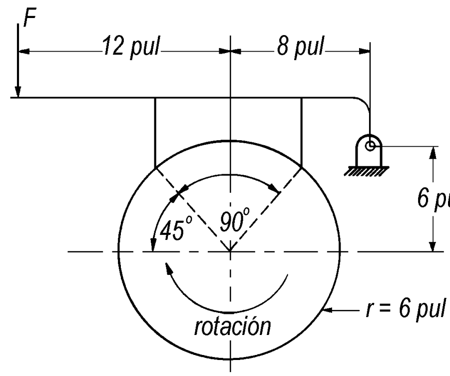
$$T_d = \frac{fp_{máx}br^2}{sen\theta_{máx}}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) = 7933 \text{ lb-pul}$$

La capacidad de frenado es la suma de los pares izquierdo y derecho, por lo que

$$T_{total} = 15425 + 7933 = 23358\,lb - pul \therefore$$

$$T_{total} = 23358\,lb - pul$$

Problema 6.- El freno mostrado en la figura tiene un ancho de cara de 1.75 pul. El material de fricción admite una presión máxima de 80 psi y el coeficiente de fricción 0.24.
(a) Determinar la fuerza F, (b) ¿Cuál es la capacidad de par?, (c) Si la velocidad es de 100 rpm y el freno se aplica durante 5 seg con su capacidad máxima hasta llegar al reposo, ¿cuál será el valor del calor generado?



Solución:

De la figura se tiene que:

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{6}{8}\right) = 36.87^{o}$$

$$\theta_1 = 45 - 37.87 = 8.13^{o}$$

$$\theta_2 = 90 + 8.13 = 98.13^{o}$$

$$a = \sqrt{\left(8^2 + 6^2\right)} = 10 \text{ pul}$$

c = 20 pul

$$sen\,\theta_{máx} = 1$$

$$M_n = \frac{p_{máx} bra}{4 sen\theta_{máx}}\left[2(\theta_2 - \theta_1) - (sen2\theta_2 - sen2\theta_1)\right] \therefore$$

$$M_n = \frac{80(1.75)(6)(10)}{4}\left[2(90)\left(\frac{\pi}{180}\right) - (sen196.26^{o} - sen16.26^{o})\right] \therefore$$

$$M_n = 7773.33 \text{ lb-pul}$$

$$M_f = \frac{fbrp_{máx}}{sen\theta_{máx}}\left[-r(\cos\theta_2 - \cos\theta_1) - \tfrac{1}{2}a(sen^2\theta_2 - sen^2\theta_1)\right] \therefore$$

$$M_f = 0.24(1.75)(6)(80)\left[-6(\cos 96.13^o - \cos 8.13^o) - 5(sen^2 96.13^o - sen^2 8.13^o)\right] \therefore$$

$$M_f = 350.26 \text{ lb-pul}$$

(a).- Cálculo de la fuerza de impulso F.

Dado que la fuerza de fricción en la parte más alejada de la zapata, con respecto a la articulación gira en sentido opuesto al giro de F, los momentos de las fuerzas normal y de fricción deberán sumarse. Esto es

$$F = \frac{M_n + M_f}{c} = \frac{7773.33+350.26}{20} = 406.18 \text{ lb} \ \therefore$$

F = 406.18 lb

(b).- Cálculo del par de frenado T.

$$T = \frac{f p_{máx} b r^2}{sen\theta_{máx}}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) = 0.24(80)(1.75)(6^2)(\cos 8.13^o - \cos 98.13^o) \therefore$$

T = 1368.5 lb-pul

(c).- Cálculo del calor generado.

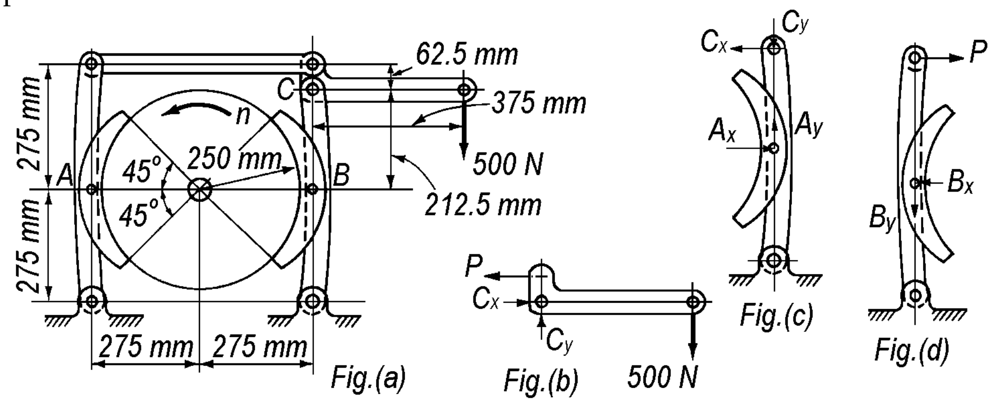
$$E = \frac{(\omega_1 - \omega_2)Tt_1}{2} = \frac{\left(\frac{2\pi(100)}{60}\right)(1368.5)(5)}{2} = 35827.246 \text{ lb-pul}$$

$$H = \frac{E}{9336} = \frac{35827.246}{9336} = 3.8375 \text{ BTU} \ \therefore$$

H = 3.8375 BTU

Problema 7.- Para el freno que se muestra en la figura, f = 0.2 y b = 100 mm. Si el tambor gira a 600 rpm , determinar lo siguiente:

a).- El valor de $p_{máx}$ en cada zapata.
b).- El par ejercido por el freno.
c).- La potencia absorbida.



En la figura (b), tomando momentos con respecto a C se obtiene

$$62.5P - 375(500) = 0 \therefore P = 3000\,\mathrm{N}$$
$$C_x = 3000 \text{ N}$$
$$C_y = 500 \text{ N}$$

En la figura (c) tomando momentos con respecto a la articulación se obtiene

$$487.5C_x - 275A_x = 0 \therefore A_x = \frac{487.5(3000)}{275} = 5318.2 \text{ N}$$
$$A_n = A_x = \frac{p_{màx}br}{2}(2\theta_2 + sen2\theta_2) \therefore$$
$$p_{máx_d} = \frac{2(5318.2)}{0.1(0.25)\left(\frac{\pi}{2}+sen90^o\right)} = 165495.8 \text{ Pa} \therefore$$

$$p_{máx_d} = 0.1655 \text{ MPa}$$

El par de frenado en la zapata derecha es

$$T_d = 2fr^2bp_{máx}sen\theta_2 = 2(0.2)(0.1)(0.25^2)(165495.8)sen45^o \therefore$$

$$T_d = 292.56N.m$$

En la figura (d) , tomando momentos con respecto a la articulación se tiene

$$550(3000) - 275B_x = 0 \therefore B_x = 2(3000) = 6000\ N$$

$$B_n = B_x = \frac{p_{máx} br}{2}(2\theta_2 + sen2\theta_2) \therefore$$

$$p_{máx_i} = \frac{2(6000)}{(0.1)(0.25)\left(\frac{\pi}{2} + sen90^o\right)} = 186712.6Pa \therefore$$

$$p_{máx_i} = 0.1867MPa$$

El par de frenado en la zapata izquierda es

$$T_i = 2fr^2 bp_{máx} sen\theta_2 = 2(0.2)(0.1)(0.25^2)(186712.6)sen45^o \therefore$$

$$T_i = 330.064N.m$$

El par total de frenado es

$$T_{total} = 292.56 + 330.064 = 662.624N.m \therefore$$

$$T_{total} = 662.624N.m$$

La potencia absorbida por el freno es

$$H = \frac{Tn}{9550} = \frac{662.624(600)}{9550} = 39.117\ \text{KW} \ \therefore$$

$$H = 39.117\ \text{KW}$$