

Optimización de las dimensiones radiales en el diseño de cilindros oleohidráulicos.

V. G. Gómez Rodríguez, R. Goytizolo Espinosa, J. J. Cabello Eras.

Universidad de Cienfuegos. Carretera a Rodas km 4. Cienfuegos.Cuba. Teléfono: 22 962.

E-mail: ragoyti@fmec.ucf.edu.cu

(Recibido el 12 de Abril del 2002, aceptado el 15 de Julio del 2002).

Resumen

En el trabajo se realiza un análisis de las dimensiones exteriores de los cilindros hidráulicos requeridas para resistir una presión de trabajo determinada, además se estudia el comportamiento de estas según la presión y se establecen las condiciones para lograr mínimas dimensiones exteriores garantizando la resistencia mecánica.

Palabras claves: Cilindro hidráulico, dimensión óptima, resistencia mecánica.

1. Introducción.

Los cilindros oleohidráulicos son elementos de máquinas con una amplia utilización en la construcción de maquinaria moderna y están caracterizados por su elevada compacidad que le permite desarrollar grandes fuerzas con limitado peso y pequeñas dimensiones exteriores.

La fabricación y comercialización de estos elementos tiene una alta standarización en sus dimensiones radiales, como resultado del rodillado interior requerido en los tubos que establece valores de diámetro interior de estos [1, 3, 6, 7].

Sin embargo además de las producciones seriadas y catalogadas, las fábricas de cilindros hidráulicos enfrentan ocasionalmente la fabricación de productos a pedido [6], con requisitos de mínimo peso o mínimas dimensiones exteriores siendo posible además en algunos casos optimizar la presión del sistema de forma que se logre este propósito.

2. Desarrollo.

La fuerza desarrollada por un cilindro hidráulico en la carrera de empuje se determina en función de la presión del fluido y del área de la sección interior del cuerpo, sino se toman en cuenta las pérdidas internas esto se realiza por la siguiente expresión:

$$F_e = \frac{pD_i^2}{4} p, \quad [N] \quad (1)$$

F_e – Fuerza de empuje, N
 D_i – Diámetro interior del cilindro, mm
 p – Presión del sistema, MPa

Uno de los criterios para el diseño de cilindros oleohidráulicos es la prevención de la explosión del tubo como resultado de la presión interior actuante, para esto el cuerpo es considerado un cilindro de paredes gruesas sometido a presión interior, calculándose las tensiones actuantes mediante las ecuaciones del problema de Lamé [4] según las cuales la condición de resistencia de la pared del tubo se plantea a partir de la hipótesis de la tensión tangencial máxima como:

$$\sigma_{eq} = p \frac{2D_e^2}{D_e^2 - D_i^2} \leq [\sigma]_t, \quad [Mpa] \quad (2)$$

Donde:

σ_{eq} – Tensión equivalente en la pared del tubo, MPa
 D_e – Diámetro exterior del tubo, mm
 D_i – Diámetro interior del tubo, mm
 $[\sigma]_t$ – Tensión admisible del material del tubo, MPa

Sustituyendo $\sigma_{eq} = [\sigma]_t$ la ecuación 2 se obtiene:

$$D_i^2 = D_e^2 \frac{[\sigma]_t - 2p}{[\sigma]_t}, \quad [mm] \quad (3)$$

Sustituyendo (3) en (1) se obtiene:

$$F = \frac{p}{4} D_e^2 \frac{[\sigma]_t - 2p}{[\sigma]_t} p \quad (4)$$

A partir de la ecuación (4) se obtiene una expresión para determinar el diámetro exterior requerido en el tubo en función de la fuerza que ejercerá el cilindro, la presión del sistema y la tensión admisible del material.

$$D_e = \sqrt{\frac{F}{pp} \left[\frac{[s]_t}{[s]_t - 2p} \right]}, \text{ [mm]} \quad (5)$$

El área de la sección transversal del tubo, de la que depende su peso, se determina como:

$$A_c = p \frac{D_e^2 - D_i^2}{4} \quad (6)$$

A partir de la ecuación 5 se puede determinar el valor de la presión p , que minimiza el diámetro exterior D_e , para una fuerza F requerida en el cilindro y una tensión admisible del material del tubo $[\sigma]_t$, para lo que se debe aplicar la condición (7).

$$\frac{d(D_e^2)}{dp} = \frac{4F[s]_t}{p} [-p([s]_t - 2p)]^2 ([s]_t - 4p) = 0 \quad (7)$$

Obteniéndose entonces que la condición que minimiza la función es:

$$p = \frac{[s]_t}{4} \quad (8)$$

Es conocido [2, 4, 7] que la presión máxima que se puede aplicar a un tubo de pared gruesa es $\frac{[s]_t}{2}$, pero

esto requeriría un diámetro exterior D_e infinito, lo que se aprecia claramente de la expresión (5), y por lo tanto el peso del cilindro sería infinito.

Para comprender la esencia de este resultado analicemos el caso particular de un cilindro hidráulico en el cual se desea obtener una fuerza $F = 120$ kN y el mismo se construirá de acero con $[\sigma]_t = 120$ MPa. La presión óptima del sistema hidráulico para obtener el mínimo valor de D_e en el cuerpo del cilindro en este caso debe ser:

$$p = \frac{[s]_t}{4} = 30 \text{ MPa}$$

Si la presión del sistema se aleja en una u otra dirección de este valor para satisfacer simultáneamente la condición de que la fuerza $P = 120$ kN y que $s_{eq} = [s]_t$ (condición de optimización de la resistencia) las dimensiones exteriores del cilindro aumentarán lo cual puede observarse fácilmente en las curvas mostradas en la figura 1.

En el gráfico se aprecia claramente como se obtiene el diámetro exterior D_e mínimo para un valor de presión igual a 30 MPa, según lo planteado por la expresión (8), y como el área y el peso del tubo y por ende el del cilindro hidráulico se incrementa a medida que aumenta la presión p de trabajo.

Del análisis del comportamiento del diámetro exterior y el peso del cilindro con la presión para fuerza y tensión admisible constantes se comprende claramente que la optimización del diseño de estos elementos requiere de un análisis multicriterial que permita establecer los valores más razonables de peso y diámetro exterior incluyendo además las propiedades del material a utilizar.

3. Conclusiones.

1. El valor mínimo del diámetro exterior requerido por un cilindro hidráulico, para entregar una fuerza determinada con una tensión admisible del material establecida, se obtiene para un valor de la presión igual a la cuarta parte de la tensión admisible del material.
2. El área de la sección transversal requerida y por ende el peso del cilindro se incrementa con el aumento de la presión de trabajo.
3. La optimización del diseño de los cilindros hidráulicos en lo referente a peso y dimensiones exteriores requiere de un análisis multicriterial que incluye además las propiedades del material del cilindro y el estudio de la rigidez en la dirección radial.

4. Bibliografía.

1. Cabello Eras, JJ. Metodología para el diseño de cilindros oleohidráulicos. Construcción de maquinarias No. 1. 1995.
2. Dobrovolski, V. Elementos de máquina. Moscú. Editorial Mir. 1980
3. Elementos para circuitos oleodinámicos. España. Catálogo industrial. 1999.
4. Feodosiev, V.I. Resistencia de materiales. Moscú. Editorial MIR. 3ra edición. 1985.
5. General catalogue for fluid power elements. Parkev. Catálogo industrial 1999.
6. Krutz W. And Schueller J. Machine design for mobile and industrial applications. 2nd edition SAE International. Denver. 1999.
7. Shigley Joseph and Mischke Charles. Mechanical Engineering design. Mc Graw Hill. New York. USA 2001.
8. Sullivan, James A. Power, theory and applications. Prentice Hall inc. New Jersey. USA. 1989.

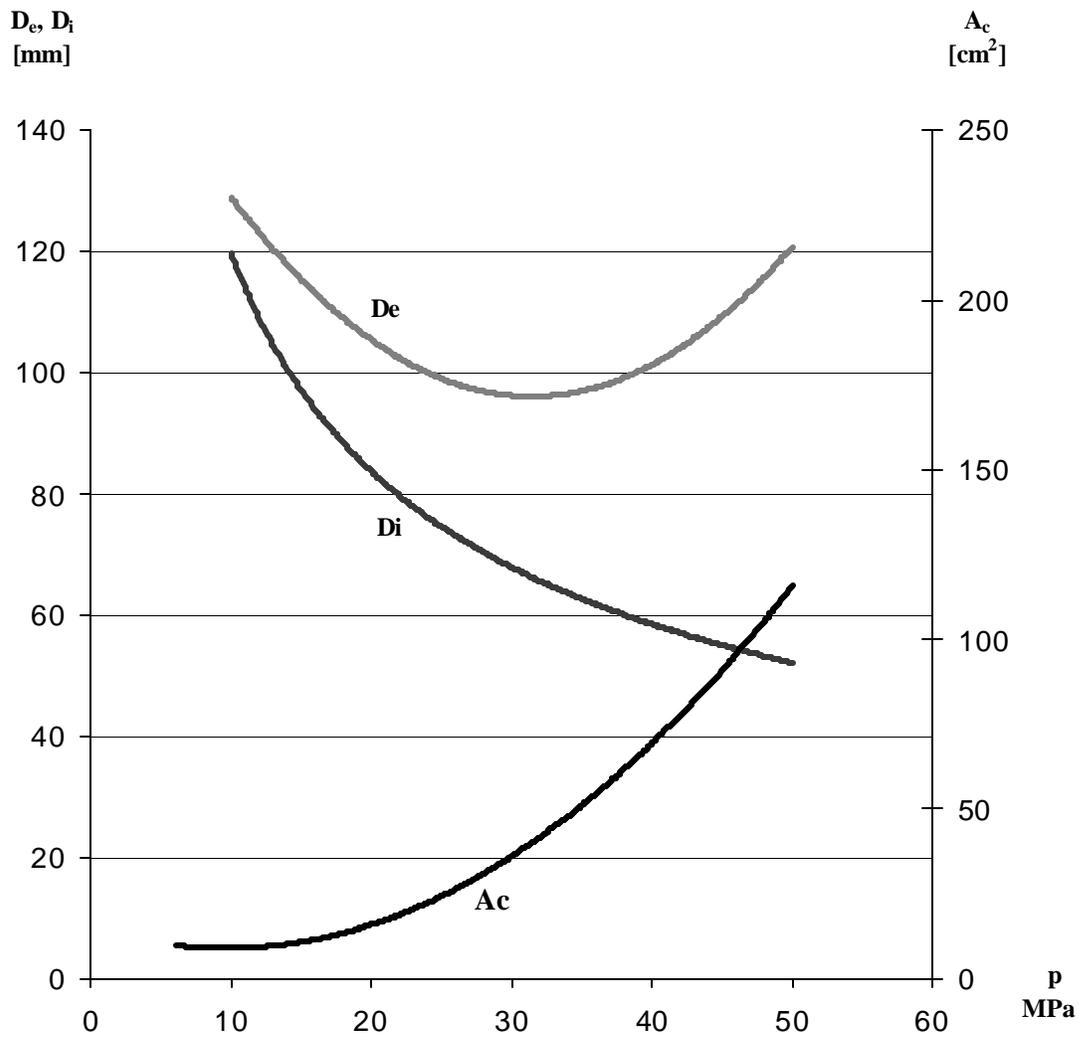


Fig.1 .Comportamiento de las dimensiones del cilindro (D_e , D_i , A_c) según presión de trabajo p , una fuerza requerida $F = 120\text{N}$ y la tensión admisible del material de los cilindros de $[\sigma]_t = 120\text{ MPa}$.

Radial dimension optimization in oleohydraulic cylinders design.

Abstract

In the present paper an analysis of outer dimensions of hydraulic cylinders required to resist a determined working pressure , in addition the pressure behavior is analyzed and the conditions to obtain outer minimis dimensions guaranteeing the mechanical resistance is stated.

Key words: Hydraulic cylinder, optimun dimension, mechanical resistance.