

Diseño de un calibre cónico anular para la defectación de superficies cónicas de piñones en cajas de velocidades.

Design of an annular conical gauge for the defection of conical surfaces of pinions in gearboxes.

Cruz Delgado, Iván; Barrueta Gómez, Noelia; Collazo Carceller, René

Iván Cruz Delgado

icruz71@nauta.cu

Universidad de Ciencias Militares General Antonio Maceo , Cuba

Noelia Barrueta Gómez

noeliasd@isdi.co.cu

Instituto Superior de Diseño de la UH , Cuba

René Collazo Carceller

collazo@mecanica.cujae.edu.cu

Universidad Tecnológica de La Habana J.A.

Echeverría, Cuba

A3Manos

Universidad de La Habana, Cuba

ISSN-e: 2412-5105

Periodicidad: Semestral

vol. 6, núm. 10, 2019

sergio@isdi.co.cu

Recepción: 25 Octubre 2018

Aprobación: 30 Diciembre 2018

Publicación: 17 Enero 2019

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/784/7843894010/>

Instituto Superior de Diseño, 2013



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Resumen: Se realiza un estudio de los parámetros estructurales establecidos en la carta de las condiciones técnicas para la defectación y reparación de las piezas en equipos pesados con esteras a partir de una muestra de piñones del árbol principal de la caja de velocidades considerados de desecho. Se efectúa el cálculo previo de las dimensiones del calibre a partir de las dimensiones de la pieza a controlar. Se determinan las dimensiones límites de la pieza a controlar y los parámetros geométricos de diseño para la manufactura del calibre cónico anular a partir de los indicadores establecidos en la NC 16-04. Se elabora el documento de proyecto básico (Plano de pieza) del calibre. Se muestra el modelo computacional en 3D obtenido a partir del cálculo de los parámetros geométricos, la simulación de su principio de funcionamiento y la presentación del calibre manufacturado.

Palabras clave: diseño, calibre cónico, proyecto básico, parámetros geométricos, equipos, modelo computacional.

Abstract: Study of the structural parameters established in the letter of technical conditions for the defect and repair of parts in heavy equipment with mats is carried out from a sample of pinions of the main shaft of the gearbox considered waste. The previous calculation of the dimensions of the gauge is carried out from the dimensions of the piece to be controlled. The limit dimensions of the piece to be controlled and the geometric design parameters for the manufacture of the annular conical gauge are determined from the indicators established in NC 16-04. The basic project document (Part drawing) of the gauge is prepared. The 3D computational model obtained from the calculation of the geometric parameters, the simulation of its operating principle and the presentation of the manufactured gauge is shown.

Keywords: design, conical gauge, basic project, geometric parameters, automatic equipment, computational model.



INTRODUCCIÓN

Durante las reparaciones generales los carros incluyendo sus agregados, grupos, conjuntos y piezas se someten a diferentes pruebas con el fin de comprobar su estado técnico general. Esta condición se determina a través de la diagnosis técnica, lo cual brinda la posibilidad de un ahorro significativo de recursos al certificar que algunos de estos elementos cuentan con la posibilidad de continuar su explotación o ser reintegrados a esta mediante procesos de reparación o reacondicionamiento. Una de las etapas fundamentales de todo proceso de reparación es la defectación.

Especificamente durante la defectación de las cajas de cambio de velocidades de los tanques, está establecido en la carta de las condiciones técnicas para la defectación y la reparación de las piezas, verificar para los piñones del árbol de salida la variación dimensional de sus superficies de trabajo. Ver figura 1.

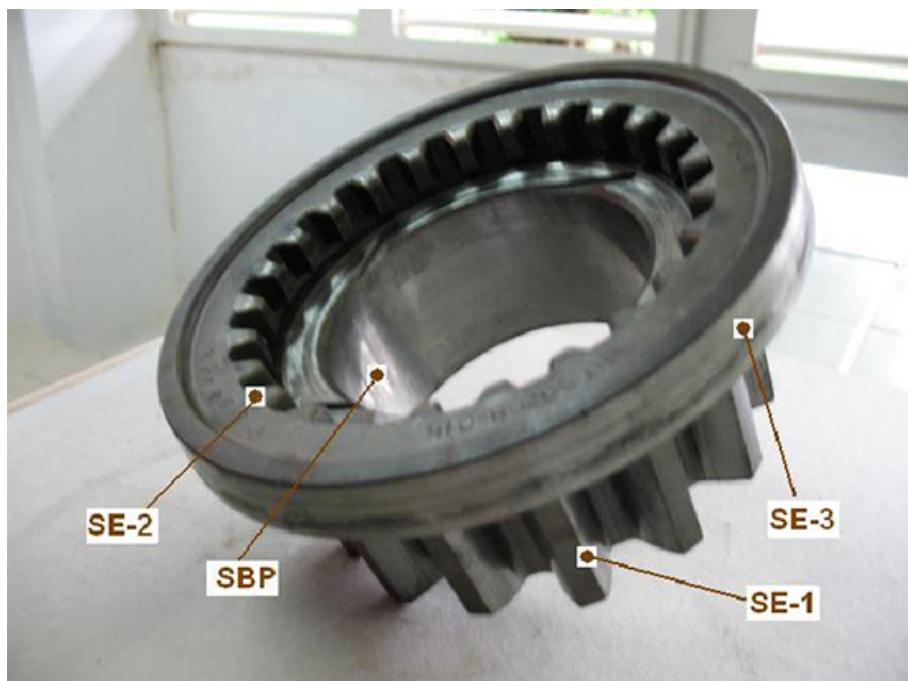


FIGURA 1
Piñón conducido de V etapa
Archivo de la asignatura

Donde:

- (SBP) -superficie de basificación principal (superficie cilíndrica interior)
- (SE-1) -superficie ejecutora № 1 (dendado exterior)
- (SE-2) -superficie ejecutora № 2 (dendado interior)
- (SE-3) -superficie ejecutora № 3 (superficie cónica exterior)

Sin embargo en el taller de reparación de agregados de la empresa “Emilio Bárcenas Pier” en la actualidad, solamente es comprobado mediante instrumentos la holgura máxima permisible entre las superficies cónicas de piñones y los conos interiores de sincronizadores. A través del control del desplazamiento axial de los conos de sincronizadores a partir de la posición neutral hasta el momento del cambio de velocidades. Ver figura 2.

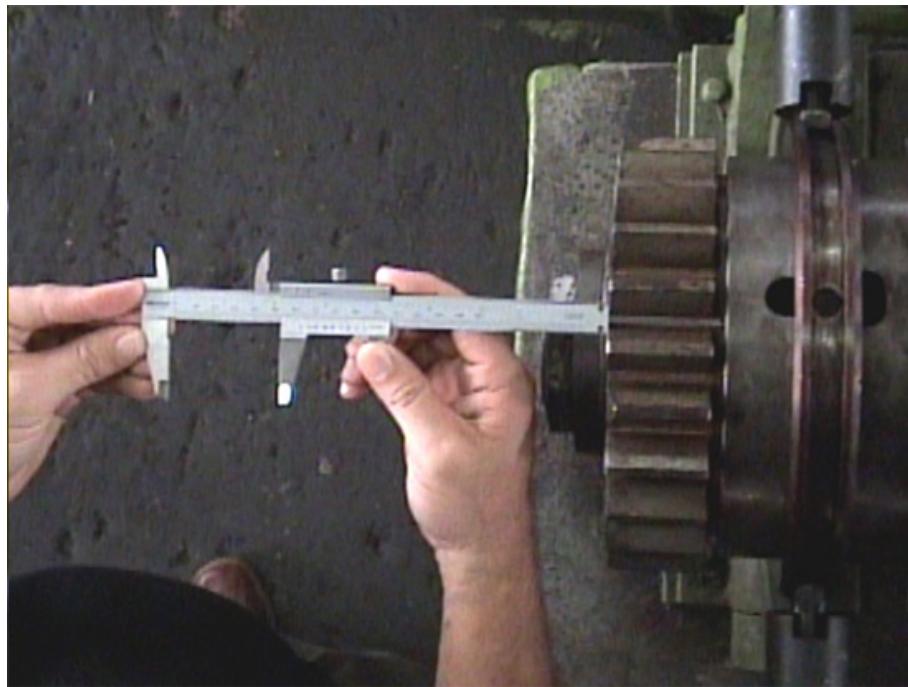


FIGURA 2.
Método de control de la holgura máxima
Archivo de la asignatura

El control de este parámetro estructural de montaje y reglaje garantiza el normal funcionamiento de este mecanismo, pero su establecimiento depende de la magnitud (espesor) de un tercer elemento (arandelas de regulación). Por ello los ingenieros en mantenimiento recomiendan primeramente defectar cada una de las piezas del par tribológico por separado según se establece en los documentos normativos de reparación. Con el fin de determinar si cada pieza mantiene dentro del rango permisible sus parámetros estructurales.

Según estudios realizados (Cruz, 2009) ha quedado demostrado la imposibilidad de verificar uno de los parámetros estructurales establecidos durante la defectación de los piñones mediante medición directa (diámetro menor del cono), por no contar en el país con el instrumento adecuado. Problemática que ha dado lugar al propósito principal de la presente investigación:

Diseñar un calibre cónico anular para la defectación de superficies cónicas de piñones en equipos pesados con esteras, a partir de los requisitos establecidos en la carta de las condiciones técnicas de reparación.

La investigación consistió en el análisis de la geometría de superficies cónicas de piñones que acoplan con los conos interiores de sincronizadores durante su funcionamiento. A partir del cual se desarrolló la siguiente metodología de cálculo para el diseño del calibre cónico anular, según los criterios expuestos en Cuele, García y Hernández, 1989); González y Toscano, 1986); Hernández, 2006)

Se empleó en la elaboración de los documentos de proyecto del calibre el software INVENTOR 9.

DESARROLLO

CÁLCULOS PRELIMINARES DEL CALIBRE CÓNICO ANULAR PARA LA DEFECTACIÓN DE LA SUPERFICIE CÓNICA DEL PIÑÓN CONDUCIDO DE LA 5ta ETAPA.

Cálculo de las dimensiones máximas y mínimas del diámetro menor del cono del piñón.

Datos del cono

$$d_{nom} = 190_{-0.50}^{+0.35} \text{ mm}$$

Elaboración propia

$$d_{máx} = d + es \quad (1)$$

elaboración propia

Donde:

dmáx	-dimensión máxima del diámetro menor del cono del piñón, (mm).
d	-diámetro nominal (menor) del cono del piñón, (mm).
es	-desviación superior, (mm).

$$d_{máx} = 190 + (-0.35)$$

$$d_{máx} = 189.650 \text{ mm}$$

$$d_{mín} = d + ei \quad (2)$$

Donde:

dmín	-dimensión mínima del diámetro menor del cono del piñón, (mm).
d	-diámetro nominal (menor) del cono del piñón, (mm).
ei	-desviación inferior, (mm).

$$d_{min} = 190 + (-0.50)$$

$$d_{min} = 189.500 \text{ mm}$$

Cálculo del diámetro mayor del cono del calibre (d.)

Datos del cono mayor

(C1)

$$d_p = 189.650 \text{ mm}$$

$$l_1 = 18_{-0.5} \text{ mm}$$

$$\alpha = 7^{\circ}30'$$

$$d_1 = ?$$

Donde:

$$\tan \alpha = \frac{d_1 - d_p}{2l_1} \quad (3)$$

Donde:

$\tan \alpha$ -tangente de $\frac{1}{2}$ ángulo del cono del calibre, (grados).

d_1 -diámetro mayor del cono del calibre, (mm).

d_p -diámetro pasa del calibre, (mm).

l_1 -longitud del cono mayor del calibre, (mm).

Despejando d_1 en (3)

$$d_1 = (\tan \alpha \cdot 2l_1) + d_p \quad (4)$$

$$d_1 = (0.13165 \cdot 2 \cdot 18) + 189.650$$

$$d_1 = 194.389 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud del cono menor del calibre (l_2).

Datos del cono menor (C2)
 $d_{NP} = 189.2\text{mm}$
 $d_P = 189.650\text{mm}$
 $\alpha = 7^\circ 30'$
 $l_2 = ?$

$$\tan \alpha = \frac{d_P - d_{NP}}{2l_2} \quad (5)$$

Donde:

- $\tan \alpha$ -tangente de $\frac{1}{2}$ ángulo del cono del calibre, (grados).
- d_P -diámetro mayor del cono menor del calibre, (mm).
- d_{NP} -diámetro menor del cono menor del calibre, (mm).
- l_2 -longitud del cono menor del calibre, (mm).

Despejando l_2 en (5)

$$l_2 = \frac{d_P - d_{NP}}{2 \tan \alpha} \quad (6)$$

$$l_2 = \frac{189.650 - 189.2}{2 \tan 7^\circ 30'}$$

$$l_2 = 1.709\text{mm}$$

CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE FABRICACIÓN DEL CALIBRE.

Selección de las tolerancias y desviaciones límites del calibre.

Valores de las tolerancias y desviaciones límites según [5].



$$\begin{aligned}
 d &= 180 \div 250 \text{ mm} \\
 \text{con IT11} \\
 z_1 &= 40 \mu\text{m} \\
 Y_1 &= 0 \mu\text{m} \\
 a_1 &= 10 \mu\text{m} \\
 H_1 &= 14 \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

Donde:

- d -rango de la dimensión del diámetro menor del cono, (mm).
- desviación de la mediana del campo de tolerancia para la elaboración del
- z_1 calibre pasante para ejes con respecto a la dimensión límite superior de la pieza, (μm).
- Y_1 -salida permisible de la dimensión del desgaste del calibre pasante para ejes fuera de los límites del campo de tolerancias de la pieza, (μm).
- a_1 -magnitud de compensación de los errores de verificación con calibres para ejes con dimensiones superiores a 180 mm, (μm).
- H_1 Tolerancia para la elaboración de calibres para ejes, (μm)

Para la selección de estos indicadores de la precisión (de medidas lineales) del calibre se tuvo en cuenta lo establecido en NC16-04: 81, DIN 230, DIN 2080, DIN 55026 / DIN 55027.

Cálculo del lado pasa del calibre

$$P = (d_{\max} - z_1) \pm 0.5 \cdot H_1 \quad (7)$$

$$P = (189.650 - 0.040) \pm 0.5 \cdot 0.014$$

$$P = 189.610 \pm 0.007 \text{ mm}$$

Cálculo del lado no pasa al medir diámetros mayores de 180 mm.

$$NP = (d_{\min} \pm \alpha_1) \pm 0.5 \cdot H_1 \quad (8)$$

$$NP = (189.2 + 0.010) \pm 0.5 \cdot 0.014 \quad (8.1)$$

$$NP = 189.210 \pm 0.007 \text{ mm} > 189.2 \text{ mm (dimensión límite admisible)}$$

$$NP = (189.2 - 0.010) \pm 0.5 \cdot 0.014 \quad (8.2)$$

$$NP = 189.190 \pm 0.007 \text{ mm} < 189.2 \text{ mm (dimensión límite admisible)}$$

Por lo tanto el valor del lado no pasa será

Cálculo del límite de desgaste del lado pasa usado.

$$PU = d_{\max} + Y_1 - \alpha_1 \quad (9)$$

$$PU = 189.650 + 0 - 0.010$$

$$PU = 189.640 \text{ mm}$$

Corrección del diámetro d. del cono mayor del calibre

Datos del cono mayor

(C1)

$$d_p = 189.610 \pm 0.007 \text{ mm}$$

$$l_1 = 18_{-0.5} \text{ mm}$$

$$\alpha = 7^{\circ}30'$$

$$d_1 = ?$$

$$\tan \alpha = \frac{d_1 - d_p}{2l_1} \quad (3)$$

Despejando d. en (3)

$$d_1 = (\tan \alpha \cdot 2l_1) + d_p \quad (4)$$

$$d_1 = (0.13165 \cdot 2 \cdot 18) + 189.610 \pm 0.007$$

$$d_1 = 194.349 \pm 0.007 \text{ mm}$$

Corrección de la longitud l. del cono menor del calibre.

Datos del cono menor
(C2)

$$d_{NP} = 189.210 \pm 0.007 \text{ mm}$$

$$d_p = 189.610 \pm 0.007 \text{ mm}$$

$$\alpha = 7^\circ 30'$$

$$l_2 = ?$$

$$\tan \alpha = \frac{d_p - d_{NP}}{2l_2} \quad (5)$$

Despejando l. en (5)

$$l_2 = \frac{d_p - d_{NP}}{2 \tan \alpha} \quad (6)$$

$$l_2 = \frac{189.610 - 189.210}{2 \tan 7^\circ 30'}$$

$$l_2 = 1.519 \pm 0.007 \text{ mm}$$

(6)

Selección del material de fabricación y su dureza.

Los aceros cementables son catalogados como los aceros más adecuados para elaborar calibres de todo tipo, ya que las deformaciones que se originan después de la cementación y del temple son mínimas. El núcleo no endurecido del acero permite la corrección de las partes deformadas. (Cuele, García y Hernández, 1989).

El acero que menos cambios manifiesta en sus medidas durante el proceso de tratamiento térmico, es el acero aleado al cromo-manganoso-titanio. (Cuele, García y Hernández, 1989).

Las superficies de los calibres destinados a comprobar objetos templados deben tener una dureza de hasta HRc 56 ÷ 64. (Cuele, García y Hernández, 1989).

Atendiendo a las recomendaciones anteriores se seleccionó para la fabricación del calibre un acero aleado de cementación con designación 18XHT según la norma GOST 4543-71 y la GOST 2590-71 de Rusia.

Selección del acabado de la superficie de trabajo del calibre

El acabado de las superficies debe ser de alta calidad, lo que reducirá su razón de desgaste inicial. Se recomienda el acabado de las superficies de comprobación mediante un rectificado de alta calidad, manteniendo la rugosidad superficial con un valor de Ra que no exceda de 0.16 μm. (Hernández, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A partir de la aplicación de la metodología de cálculo se obtuvieron los siguientes resultados:



Simulación del principio de funcionamiento del calibre en 2D y 3D.

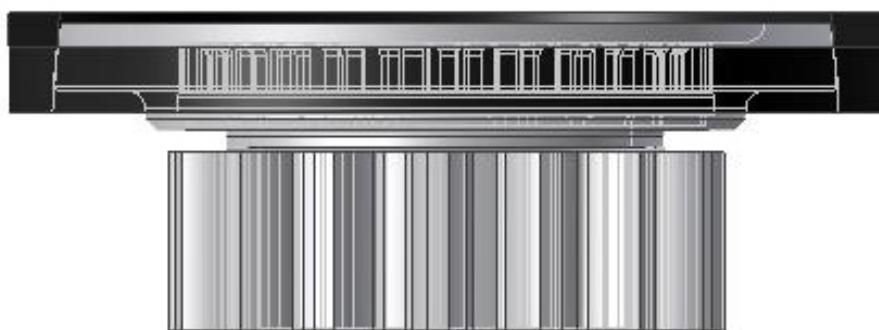


FIGURA 5
Calibre cónico anular lado pasa

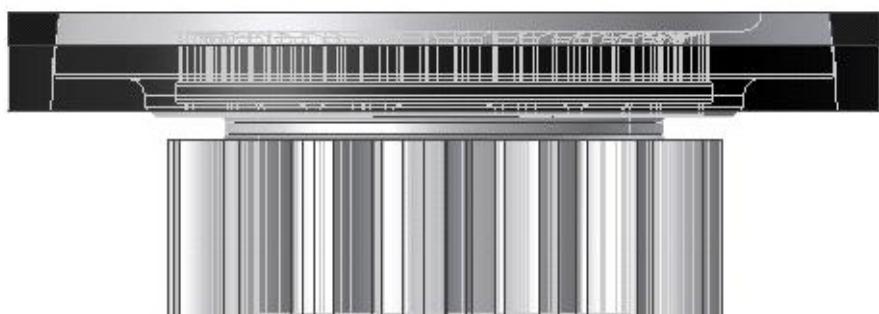


FIGURA 6
Calibre cónico anular lado no pasa

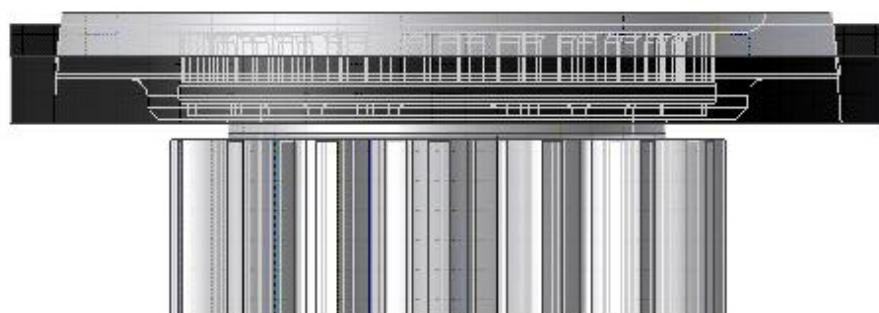


FIGURA 7
Calibre cónico anular



FIGURA 8
Calibre cónico anular 3D fuera de límites

Principio de funcionamiento del calibre materializado





CONCLUSIONES:

Teniendo en cuenta los resultados expuestos y el análisis de los mismos con especialistas de diferentes instituciones pertenecientes a la rama de la Tecnología de Construcción de Maquinarias en el país se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El diseño realizado, cumple con las normas internacionales para la fabricación de calibres.
2. La utilización del instrumento, no requiere de una alta especialización de los operarios participantes en el proceso de defectación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Cruz, D. I. (2009) "El reacondicionamiento, manufactura o adquisición de piezas de repuesto para tanques.", Primer Seminario Científico Tecnológico, Centro de Investigación y Desarrollo de Diagnosis, Conservación y Modernización del Transporte.
- Cuele, S. A., García, G. J. y Hernández, A. O. (1989) Ajuste Herramientista, La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
- González, R. R. y Toscazo, M. J. (1986) Mediciones Técnicas para la Especialidad de Tecnología de Construcción de Maquinarias. La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
- Hernández, S. F. (2006) Metrología Dimensional. La Habana. Editorial Félix Varela.
- NC16-04: 81. Calibres lisos para dimensiones hasta 500 mm.
- Anillo DIN 55026 / DIN 55027. Calibres cónicos para cabeza de eje y brida de mandrino.