

Diseño de un dispositivo de centraje aplicable en la recuperación de piñones de cajas de velocidades.

Autores

Lic. Iván Cruz Delgado, noeliabg@isdi.co.cu

Escuela Interarmas de las FAR General Antonio Maceo, Cuba

Dr.C. Noelia Barrueta Gómez, noeliabg@isdi.co.cu

Instituto Superior de Diseño(ISDi),Cuba

Dr.C. René Collazo Carceller, collazo@mecanica.cujae.edu.cu

Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba

RESUMEN

Se realiza un análisis de las condiciones reales existentes para la ejecución de los trabajos de defectación y recuperación de los componentes de las cajas de velocidades de equipos pesados con esteras durante la reparación general. Se estudian las teorías actuales acerca del diseño y la tecnología de construcción de dispositivos especiales para el maquinado. Se obtiene a partir de la aplicación de la simulación computacional y las tecnologías para la manufactura de piezas, el prototipo de un dispositivo de centraje que garantiza el restablecimiento de los parámetros estructurales de los piñones, durante el proceso de recuperación.

INTRODUCCIÓN

La caja de cambio de velocidades es uno de los agregados de la transmisión de fuerza de los vehículos pesados. A partir del plazo establecido de servicio se hace necesaria su reparación con el fin de continuar garantizando su adecuado funcionamiento. Durante las reparaciones el costo de los materiales y piezas de repuesto representa aproximadamente el 60 % del costo total de la reparación, lo cual justifica los esfuerzos por alargar la vida útil de las piezas mediante su recuperación.

Según análisis preliminares se tienen las siguientes **Situaciones problemáticas**:

A partir de la modernización de la técnica pesada, existe dificultad en la adquisición de piezas de repuesto para los agregados que son de tecnología atrasada.

Hasta el momento en el país no ha sido posible la recuperación de algunos componentes de la caja de cambio de vehículos pesados por el alto costo de algunos de los elementos que se requieren para enfrentar este proceso. Específicamente nos referimos a los piñones conducidos de 2^{da}, 3^{ra}, 4^{ta} y 5^{ta} velocidades de carros o vehículos pesados; debido a la no implementación del sistema tecnológico, máquina herramienta – herramienta de corte – **dispositivo** – pieza.

Durante el estudio de la propuesta, se tuvieron en cuenta factores del tipo tecnológico que involucran a la pieza a recuperar, concluyendo que se trata de una pieza con elaboraciones mecánicas complejas y con elementos de precisión altos que se deben mantener una vez recuperadas las superficies de trabajo cuyos parámetros salieron de servicio por desgaste.

Como resultado se pudo concluir que para maquinar la superficie recuperada, se presenta la siguiente deficiencia también reconocida como el problema de investigación

Problema de la investigación: No existe un dispositivo de centraje que facilite la fijación de los piñones conducido de 2^{da}, 3^{ra}, 4^{ta} y 5^{ta} velocidades de las cajas de cambio de carros pesados con el propósito de efectuar la recuperación de los mismos.

Tema: Diseño y tecnología de fabricación de un dispositivo de centraje aplicable en la recuperación de los piñones del árbol de salida de las cajas de cambio de los carros pesados.

Objetivos de la investigación:

1. Diseñar un dispositivo de centraje que garantice la fijación de los piñones conducidos de 2da, 3ra, 4ta y 5ta velocidades de las cajas de cambio de los carros pesados según criterios tecnológicos actuales.
2. Elaborar las tecnologías de fabricación de los componentes de un dispositivo de centraje, a partir de los requisitos establecidos en las NC vigentes.

Objeto de la investigación: Tecnología de la construcción de maquinarias.

Campo de acción: Dispositivos especiales para el maquinado.

Hipótesis: Sobre la base de las teorías acerca del diseño y la tecnología de construcción de dispositivos especiales para el maquinado, aplicando la simulación computacional y tecnologías para la manufactura de piezas, es posible obtener el prototipo de un dispositivo de centraje que garantice el restablecimiento de los parámetros estructurales de los piñones durante el proceso de recuperación.

Límites de la investigación: Dispositivo para el torneado y rectificado cilíndrico de los piñones conducidos de 2^{da}, 3^{ra}, 4^{ta} y 5^{ta} velocidades de las cajas de cambio de los carros o vehículos pesados.

Tareas de investigación:

3. Búsqueda y análisis bibliográfico.
4. Determinar las fuerzas y momentos que garantizan la asignación de servicio del dispositivo de centraje.
5. Diseñar un modelo computacional que garantice el centrado de la pieza tipo. (inventor versión 9).
6. Confeccionar las tecnologías de fabricación de las piezas componentes del dispositivo de centrado.
7. Determinar el costo de fabricación del dispositivo de centraje.

Desarrollo del Trabajo

1. Teoría del diseño del dispositivo.

1.1 Características de los piñones conducidos de la 2^{da}, 3^{ra}, 4^{ta} y 5^{ta} etapas de las cajas de cambio de velocidades de los vehículos pesados.

1.1.1 Asignación de servicio de los piñones.

Teniendo en cuenta lo planteado en el concepto de **asignación de servicio** [1] que es la formulación clara y precisa de la tarea para la cual se destina la máquina o pieza especificándose al máximo las condiciones en que debe realizarse la misma. Se tiene que estos piñones están designados para transmitir altas velocidades y torques elevados a través de la variación de los números de dientes entre ellos.

1.1.2 Tipos de superficies que presentan los piñones.

Teniendo en cuenta que cada pieza está formada por cuatro tipos de superficies se puede decir que se encuentran como **superficie de basificación principal** el agujero pasante por ser la superficie por la cual a ella se instala su correspondiente unidad de ensamble y es la de mayor importancia de las piezas (piñones). Las superficies dentadas y la cónica son **superficies ejecutoras** por ser superficies que cumplen con su asignación de servicio, el resto de las superficies, quedan como **superficies libres** siendo las que complementan la configuración de la pieza y a las que no se acoplan otros elementos del ensamble.

1.1.3- Esquema de los tipos de superficies y la basificación de los piñones.

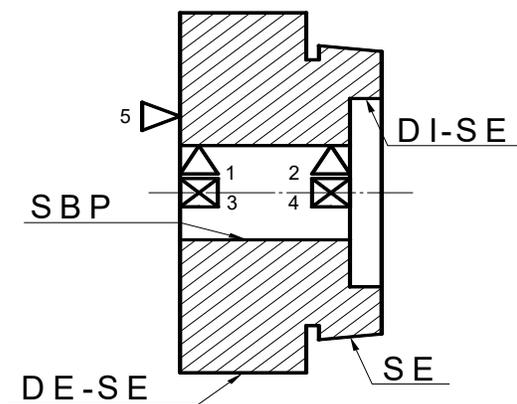


Figura 1 Tipos de superficies y basificación de los piñones.

Leyenda:

DE- Dentado exterior.

DI- Dentado interior.

SBP- Superficie de basificación principal.

SE- Superficie ejecutora.

Los números son las restricciones de los grados de libertad donde se eliminan los tres desplazamientos y dos rotaciones, siendo un caso típico de basificación incompleta. La rotación no restringida es la que le permite a los piñones cumplir con su asignación de servicios.

1.1.4 Desperfectos que presentan estos piñones por lo cual tienen que ser recuperados.

Los piñones son uno de los elementos de máquinas constructivos más costosos de la caja de cambio, sin embargo, según lo establecido en la carta de las condiciones técnicas para la defectación y la reparación, durante la reparación del agregado, a partir de cierta magnitud de desgaste se recomienda desechar la pieza. No considerando factible su recuperación por el fabricante. No obstante hasta el momento en el país no ha sido posible la fabricación de estas piezas debido a la no implementación del sistema tecnológico máquina herramienta-herramienta de corte-**dispositivo**-pieza. Por tanto, a partir de las defectaciones realizadas a piñones considerados de desecho, donde se demuestra que sus superficies dentadas (exterior e interior) y la superficie de basificación principal aún conservan sus parámetros permisibles de trabajo; siendo desechada la pieza solamente por el desgaste en la superficie cónica que acopla con el cuerpo del sincronizador, ya que la holgura existente (>0,2mm) no permite la conexión de la velocidad correspondiente en el tanque. Lo que trae como consecuencia que no funcione el mecanismo sincronizador y pueda llegar a destruirse el dentado interior del artículo.

Se consideró factible la recuperación por aportación de material con las propiedades necesarias, de las superficies cónicas de los piñones. Lo que equivale a un significativo ahorro económico, disminuyendo los costos de reparación de este agregado.

1.2 Principios de selección del tipo de centrado y de los elementos de centrado.

Para seleccionar este tipo de centrado de la pieza a elaborar se tuvo en cuenta los siguientes factores:

1. Tipo de maquinado.
2. Forma de la pieza a elaborar.

3. Dimensiones y precisión de elaboración de las superficies a elaborar.
4. Forma y dimensiones de las superficies de centrados.
5. Situación de las superficies de centrado con respecto a las superficies a elaborar.
6. Como dato interesante las superficies cilíndricas interior empleadas como superficie de centrado (caso típico del trabajo), el centrado de la pieza a elaborar es simple y exacto.
7. Los elementos de centrado en cuanto a su forma, dimensiones y situación en el cuerpo del dispositivo dependen de los mismos factores que el tipo de centrado y además de los siguientes:
8. Dureza del material de las piezas a elaborar.
9. Rugosidad de las superficies de centrado de la pieza a elaborar.
10. Precisión de maquinado requerido.
11. Durabilidad del dispositivo.
12. Errores de forma, dimensiones y situación mutua de las superficies de las piezas a elaborar.

En general existen tres grupos de elementos de centrado, o sea, los elementos fijos, **ajustables** y móviles [2].

Los **elementos ajustables**, pertenecen sobre todo a distintos apoyos regulables y autoajustables, ejemplos de estos elementos son el presentado por dispositivo propuesto dígame el casquillo de fijación (2) que además se le llama casquillo ajustable y son fundamentales para lograr la sujeción de las piezas que empleen como superficie principal de centrado a la superficie cilíndrica interior de la pieza a elaborar.

Este elemento autoajustable que presentamos en el dispositivo el mismo garantiza una concentricidad del centrado estando entre (0.02 a 0.05) mm y tiene como **Advertencia** que la reducción del diámetro que conforma este mecanismo o casquillo de fijación puede ser solamente de (0.5 a 0.75) mm. Por este motivo la tolerancia del diámetro de la pieza a elaborar no debe exceder el valor calculado que se le muestra a continuación [2].

Cálculo de comprobación.

$$T_p \leq 0.05 * \sqrt{d} \quad (1)$$

$$0.035 \leq 0.05 * \sqrt{102}$$

$$0.035 \text{ mm} \leq 0.50 \text{ mm}$$

donde:

d – Diámetro de la pieza montada en el mandril (mm).

T_p – Tolerancia de posición (mm).

Cálculo de la tolerancia de posición.

$$T_p [mm] = E_s - E_i \quad (2)$$

$$T_p = 0.047 - 0.012$$

$$T_p = 0.035 \text{ mm}$$

donde:

E_s – Desviación superior (mm).

E_i – Desviación inferior (mm).

Datos: Diámetro interior de la pieza a elaborar $\varnothing 102 \text{ G7 } \left(\begin{smallmatrix} +0.047 \\ +0.012 \end{smallmatrix} \right) \text{ mm}$.

Como resultado del cálculo: La tolerancia no sobrepasa el valor calculado, por lo tanto se puede emplear el casquillo diseñado en las piezas a elaborar. **1.2.5 Esquema de basificación y tipos de superficies para el centrado de los piñones en el dispositivo propuesto.**

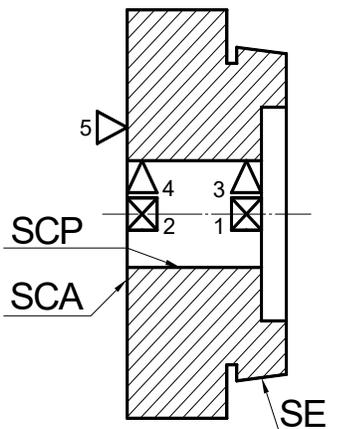


Figura 2 Basificación y tipos de superficies para el centrado de los piñones en el dispositivo propuesto.

Leyenda:

SCP- Superficie de centrado principal.

SCA- Superficie de centrado auxiliar.

SE- Superficie a elaborar.

Los números son las restricciones de los grados de libertad donde se eliminan los tres desplazamientos y dos rotaciones, quedando una rotación que como se dijo anteriormente es el movimiento principal o de corte al maquinar esa pieza.

Diseño del dispositivo de Centraje.

2.1 Datos de partida.

Tabla 1 Dimensiones fundamentales de los piñones conducidos

Tipo de piñón	Ancho (mm)	Módulo (mm)	Número de dientes (z)	Diámetros primitivos (mm)	Diámetro exterior (mm)
Piñón de la 2 ^{da} conducida Código (54-08-114A) Material(20X2H4A)	77	9	28	252	262.88
Piñón de la 3 ^{ra} conducida Código (54-08-018)	-	9	24	216	-

Material(20X2H4A)					
Piñón de la 4 ^{ta} conducida Código (08-010-1) Material(20X2H4A)	82	9	20	180	202.5
Piñón de la 5 ^{ta} conducida Código (54-08-015) Material(18X2H4BA)	84	9	15	135	195

Nota:

El dentado interior es estándar para todos los piñones al igual que su diámetro interior.

- Módulo del dentado interior $M = 5.5$ mm.
- Número de dientes $Z = 25$.
- Ángulo de la parte cónica de donde acciona el sincronizador $\alpha = 7^\circ 30'$.
- Diámetro interior de los piñones $D = 102$ mm

2.1.1 Certificado técnico de las máquinas herramientas a utilizar.

Rectificadora a emplear para el rectificado de los piñones de 2^{da} 3^{ra} 4^{ta} Y 5^{ta} conducida: 3M162.

- Diámetro máximo de la superficie a rectificar (mm): 280.
- Longitud máxima de la superficie a rectificar (mm): 700.
- Diámetro máximo de la mula abrasiva (mm): 750.
- Potencia del motor eléctrico del accinamiento principal (Kw): 10.
- Dimensiones (mm): 4220 – 2930 – 2200.
- Peso aproximado (Kg): 8100.

Rectificadora a emplear para el rectificado de la 5^{ta} conducida solamente: 3M151.

- Diámetro máximo de la superficie a rectificar (mm): 200.
- Longitud máxima de la superficie a rectificar (mm): 1000.
- Altura de las puntas por arriba de la mesa (mm): 125.
- Potencia del motor del cabezal de rectificar (Kw.):7.
- Potencia del motor que brinda la rotación de la pieza ha rectificar (Kw): 0.8
- Rendimiento de la rectificadora: $\eta = 0.8$.
- Frecuencia de rotación de la pieza ha rectificar (min. -1): 40 ÷ 400.
- Frecuencia de rotación de la muela (min.-1):1112 y 1272.
- Velocidad de carreras longitudinales de la mesa (m/min.): 0.1 ÷ 6.
- Avances periódicos transversales de la muela (mm/carrera): 0.0025; 0.005; 0.0075; 0.01; 0.0125; 0.015; 0.0175; 0.02; 0.0225; 0.025; 0.0275; 0.03; 0.0325; 0.035; 0.0375; 0.04; 0.0425; 0.045; 0.0475; 0.05.
- Avances intermitente para el rectificado de profundidad (mm/min.): 0.1 ÷ 2 (0.0005 ÷ 0.01 mm/rev.).
- Dimensiones de la muela de rectificar (mm): 600 x 63

2.1.2 Datos de la muela abrasiva elegida para el rectificado.

- Forma de la muela: perfil recto.
- Tipo de la muela: II II ;
- Dimensiones. $D = (3a \ 1060)$ mm, $H \leq 30$ mm y $d = (1a \ 305)$ mm

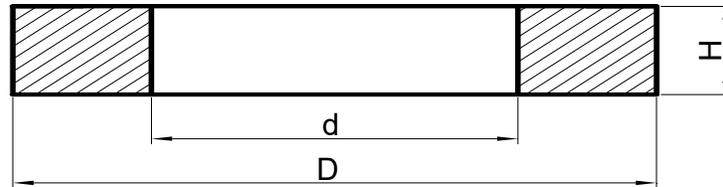


Figura 3 Croquis de la muela abrasiva elegida.

2.2 Cálculo de la fuerza de fijación que existe entre el casquillo y la pieza a elaborar.

$$Q_{(N)} = \frac{\sqrt{\frac{Mt^2}{r^2} + Px^2}}{\mu} \quad (3)$$

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{(191)^2}{(0.051)^2} + (15.87)^2}}{0.25}$$

$$Q = 14980.53N$$

donde:

Mt – Momento transmitido (Nm).

Px – Fuerza axial que actúan sobre la pieza a elaborar (N).

r – Radio de la superficie de centrado y fijación (mm).

μ - Coeficiente de fricción entre la pieza a elaborar y el casquillo ($\mu = 0.25$).

2.2.1 Cálculo del momento transmitido por la máquina herramienta.

$$Mt[Nm] = 9550 \frac{Pm}{\eta_{mot}} \quad (4)$$

$$Mt = 9550 \frac{0.8}{40}$$

$$Mt = 191Nm$$

donde:

Pm – Potencia transmitida por el husillo (Kw). (Datos de la rectificadora propuesta). η -

Revoluciones por minuto mínimas transmitidas por el husillo (rpm). (Dato de la rectificadora propuesta).

2.2.2 Cálculo de la fuerza axial.

$$P_x[N] = (0.1 \div 0.2) * P_z \quad (5)$$

$$P_x = 0.2 * 79.36$$

$$P_x = 15.87N$$

donde:

P_z – Fuerza de corte (N).

2.2.2.1 Cálculo de la fuerza de corte para rectificar.

$$P_z[N] = C_{pz} * V_p^{0.7} * S_{long}^{0.7} * t^{0.8} \quad (6)$$

$$P_z = 2.2 * 245.04^{0.7} * 21^{0.7} * 0.05^{0.8}$$

$$P_z = 79.36N$$

donde:

C_{pz} – Coeficiente que caracteriza el material de la pieza que por norma es de 2.2 para acero templado.

V_p – Es la velocidad circunferencial de la pieza trabajada (m/min).

S_{long} – Es la magnitud del avance longitudinal del la pieza (mm/rev).

t – Avance transversal de la muela (mm/carrera). (Dato de la rectificadora propuesta).

2.2.2.1.1 Cálculo de la velocidad circunferencial.

$$V_p[m/min] = \frac{\pi * d * n_p}{1000} \quad (7)$$

$$V_p = \frac{\pi * 195 * 400}{1000}$$

$$V_p = 245.04m/min$$

donde:

d – Diámetro de la pieza (mm).

n_p – Frecuencia de rotación de la pieza (rpm).

2.2.2.1.2 Cálculo del avance longitudinal.

$$S_{long}[mm/rev.] = 0.7 * H \quad (8)$$

$$S_{long} = 0.7 * 30$$

$$S_{long} = 21 \text{ mm/rev.}$$

donde:

H – Es el ancho de la muela abrasiva (mm).

2.2.3 Cálculo del radio de la superficie de centrado y fijación.

$$r[m] = \frac{D}{2} \quad (9)$$

$$r = \frac{0.102}{2}$$

$$r = 0.051\text{m}$$

donde:

D – Diámetro de la superficie de centrado y fijación (m).

2.3 Cálculo de la fuerza de tracción necesaria para originar la fuerza de fijación.

$$P[N] = (Q + Q') * \tan\left(\frac{\alpha}{2} + \Gamma\right) \quad (10)$$

$$P = (14980.53 + 1599.78) * \tan\left(\frac{12^\circ}{2} + 0^\circ\right)$$

$$P = 1742.66\text{N}$$

donde:

α - Ángulo de la parte cónica del casquillo ($^\circ$).

Γ - Ángulo de fricción entre el casquillo y el cuerpo de la tuerca ($^\circ$).

Q' - Fuerza de deformación de los elementos del casquillo necesario para eliminar el juego entre él y la pieza a elaborar (N).

Q - Fuerza de fijación (N).

2.3.1 Cálculo de la fuerza de deformación.

$$Q' [N] = 600 * \delta * s * \left(\frac{D}{L}\right)^3 \quad (11)$$

$$Q' = 600 * 0.069 * 10 * \left(\frac{102}{65}\right)^3$$

$$Q' = 1599.78\text{N}$$

donde:

δ - Jugo entre el casquillo y la pieza a elaborar (mm).

s – Grosor de las paredes del casquillo en la parte más estrecha (mm).

D – Diámetro exterior del casquillo (mm).

L – Longitud del casquillo (mm).

2.3.1.1 Cálculo del juego entre el casquillo y la pieza a elaborar.

$$\delta \max [mm] = E_s - e_i \quad (12)$$

$$\delta \max = 0.047 - (-0.022)$$

$$\delta_{\max} = 0.069\text{mm}$$

$$\delta_{\min} [\text{mm}] = E_i - e_s \quad (13)$$

$$\delta_{\min} = 0.012 - 0$$

$$\delta_{\max} = 0.012\text{mm}$$

donde:

Es – Desviación superior del agujero del (casquillo) en (mm).

e_s – Desviación superior del árbol (mm).

E_i – Desviación inferior del agujero del (casquillo) en (mm).

e_i – Desviación inferior del árbol (mm).

Datos fundamentales para el cálculo del juego.

- Diámetro interior de la pieza ha elaborar (Piñones conducidos de la caja de velocidad): Ø102 G7 $\begin{pmatrix} +0.047 \\ +0.012 \end{pmatrix}$
- Diámetro exterior del casquillo de fijación: Ø102 h6 $\begin{pmatrix} 0 \\ -0.022 \end{pmatrix}$

2.4 Cálculo del diámetro nominal de la rosca.

$$D [\text{mm}] = c * \sqrt{\frac{Q}{\sigma}} \quad (14)$$

$$D = 1.4 * \sqrt{\frac{14980.53}{210}}$$

$$d = 11.82\text{mm}$$

donde:

c – Coeficiente característico que para la rosca métrica tiene un valor: c=1.4

σ - Tensión admisible considerando también el desgaste de la rosca que para los tornillos de acero **40X** es de: σ = 210 Mpa.

Q - Fuerza de fijación (N).

2.5 Cálculo del apriete que debe aplicarse a la tuerca para que no ocurra el deslizamiento.

$$M_t [\text{Nm}] = 0.1 * d * Q + M_{f'} \quad (15)$$

$$M_t = 0.1 * 0.048 * 14980.53 + 52.95$$

$$M_t = 124.86\text{Nm}$$

donde:

M_{f'} - Momento de fricción de la superficie de contacto entre la tuerca y el cuerpo del dispositivo (Nm).

d – Diámetro interior de la tuerca (m).

Q - Fuerza de fijación (N).

2.5.1 Cálculo del momento de fricción.

$$Mf' [Nm] = \frac{\frac{1}{3} * \mu * Q * \frac{(De)^3 - (Di)^3}{(De)^2 - (Di)^2}}{1000} \quad (16)$$

$$Mf' = \frac{\frac{1}{3} * 0.15 * 14980.53 * \frac{(47.35)^3 - (46.91)^3}{(47.35)^2 - (46.91)^2}}{1000}$$

$$Mf' = 52.95Nm$$

donde:

μ - Coeficiente de fricción.

De – Diámetro exterior de la superficie de contacto (mm).

Di – Diámetro interior de la misma superficie (mm).

Datos de importancia de este cálculo.

$$\mu = (0.1 \div 0.15)$$

$$De = 47.35mm$$

$$\mu = 0.15$$

$$Di = 46.91mm$$

CONCLUSIONES GENERALES

1. El dispositivo diseñado cumple con los requisitos de precisión y calidad para la fabricación.
2. Los tratamientos térmicos propuestos le confieren las propiedades mecánicas esperadas a las piezas del dispositivo.
3. La tecnología de fabricación se corresponde con el equipamiento de los talleres de las industrias cubanas.
4. Los costos del dispositivo se consideran asequibles para las condiciones económicas de nuestro país.
5. Las materias primas para la fabricación del dispositivo entran al país por varias vías, y su adquisición es totalmente posible.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1]. Posada O. O. (2004) Fundamentos de los procesos tecnológicos, La Habana. Cuba:
- [2]. Przybylski J. (1975) Dispositivos especiales para el maquinado. La Habana. Cuba. Pueblo y Educación.
- [3]. Denezhni P. M. Stiskin G. M y Tjor I. E. (1978) Manual del Tornero. Moscú URSS: MIR.
- [4]. Barbashov F. (1981) Manual del Fresador. Moscú URSS: MIR.
- [5]. Loskutov V. V. (1982). Rectificación de metales. Moscú URSS: MIR.
- [6]. Nefiodox N. y Osipov K. (1980). Problemas y ejemplos de corte de los metales y herramientas cortantes. Moscú URSS: MIR.
- [7]. Barrueta y Ramos (1995) Manual de ejercicios de régimen de corte. Ed Escuela Interarmas de la FAR Generar Antonio Maceo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Autores colectivo (1970). Requisitos técnicos para la reparación capital del tanque T-55. Parte 2, Libro 1. Ministerio de Defensa de la URSS. Moscú, URSS.
2. Barbashov F. (1981) Manual del Fresador. Moscú URSS: MIR.
3. Barrueta y Ramos (1995) manual de ejercicios de régimen de corte. Ed Escuela Interarmas de la FAR Generar Antonio Maceo.
4. CIME. (1993). Manual de recuperación de piezas. La Habana: Ed Científico Técnica.
5. Colectivo de autores de la facultad de construcción de maquinaria. (1985). Tecnología de los metales (Tomo #2). Ciudad de La Habana. Cuba: Unidad de producción Andrés Voisin.
6. Colectivo de autores (1970), Requisitos Técnicos para la reparación Capital del Tanque T- 55 Parte # 2. Libro 1 Ministerio de Defensa de la URSS. Moscú.
7. Colectivo de autores. Tecnología de los metales (tomo #2). Ciudad de La Habana. Cuba. Unidad de producción Andre Voisin.
8. Cruz D. I. (2009), El reacondicionamiento, manufactura o adquisición de piezas de repuesto para tanques. La Habana Cuba: Ed. Félix Varela.
9. Cruz D. I. y Gómez M. I. (2007) Tablas y ejercicios para la elaboración de piezas con arranque de virutas. La Habana. Cuba, EIGAM.
10. Denezhni P. M. Stiskin G. M y Tjor I. E. (1978) Manual del Tornero. Moscú URSS: MIR.
11. Feschenco V. y Majmutov R. (1984). El torneado Moscú URSS: MIR.
12. NC 03-01-03 Requisitos básicos para la documentación tecnológica.
13. NC 03-01-04 Reglas para la elaboración y presentación de los documentos tecnológicos de uso general.
14. NC 02-02-01: 78. Codificación de los documentos de proyecto de los artículos. La Habana: Comité Estatal de Normalización, 1978.
15. NC 09-04-94: 88 SEUMIDE Dispositivo de maquinado. Mandril para centrar especificaciones de proyecto.
16. NC 03-05-02 Control de la calidad del proceso tecnológico. Reglas de presentación de las cartas de mediciones.
17. NC 03-05-02 Control de la calidad del proceso tecnológico.

