

## **Análisis y mejora en un engranaje de automóvil compacto a través del análisis de fallas.**

**Analysis and improvement in a compact car gear through failure analysis.**

**JHONATAN DAVID BOLAÑO LUQUE**  
Código estudiantil: 201912815615

**ROBERTO CARLOSCABALLERO LUQUEZ**  
Código estudiantil: 201912815616

**CARLOS ANDRES PEÑA CORONADO**  
Código estudiantil: 201912814274

Trabajo de Investigación del Programa **Ingeniería Multimedia**

**Tutor(es):**  
**ROCÍO GUTIÉRREZ ECHEVERRÍA**

## RESUMEN

El artículo presenta un estudio exhaustivo sobre un engranaje de caja de cambios de automóvil, centrándose en el análisis de fallas y la mejora del rendimiento. Se utilizó una metodología que incluyó análisis macro e inspección visual, así como análisis estructurales y microestructurales en el laboratorio de materiales.

Los resultados revelaron que el engranaje estudiado experimentó falla por fatiga. Se identificó que estaba fabricado con un acero de bajo contenido de carbono y que la superficie del diente había sido sometida a un tratamiento termoquímico de cementación, lo que le proporcionó una alta dureza en la parte superior del diente.

Sin embargo, se observaron inclusiones no metálicas en la microestructura, lo cual afectó la calidad del acero y contribuyó a la falla por fatiga.

Además, se determinó que el desgaste se debió a un diseño desfavorable del tratamiento térmico, específicamente relacionado con una profundidad de endurecimiento efectiva y una dureza de superficie insuficiente generada por el tratamiento de cementación en los dientes. En consecuencia, se resalta la importancia de mejorar los parámetros de tratamiento térmico, como la profundidad de endurecimiento y la dureza superficial, para garantizar el rendimiento de fatiga y la durabilidad de los componentes clave.

**Palabras clave:** Grieta por fatiga, piezas de fundición de acero, endurecimiento por inducción, inclusiones, microfisuras.

## ABSTRACT

The article presents a comprehensive study on a car gearbox gear, focusing on failure analysis and performance improvement. A methodology was used that included macro analysis and visual inspection, as well as structural and microstructural analysis in the materials laboratory.

The results revealed that the studied gear experienced fatigue failure. It was identified that it was made of a low carbon steel and that the surface of the tooth had been subjected to a thermochemical cementation treatment, which gave it a high hardness in the upper part of the tooth. However, non-metallic inclusions were observed in the microstructure, which affected the quality of the steel and contributed to fatigue failure.

Furthermore, it was determined that the wear was due to unfavorable heat treatment design, specifically related to insufficient effective hardening depth and surface hardness generated by the cementation treatment on the teeth. Consequently, the importance of improving heat treatment parameters, such as depth of hardening and surface hardness, to ensure fatigue performance and durability of key components is highlighted.

**KeyWords:** Fatigue crack, steel castings, induction hardening, inclusions, microcracks

## REFERENCIAS

1. [1] RADZEVICH, S. P. (2016). DUDLEY'S HANDBOOK OF PRACTICAL GEAR DESIGN AND MANUFACTURE. CRC PRESS.
2. [2] ASTM, I. (2015). ASTM52900-15 STANDARD TERMINOLOGY FOR ADDITIVE MANUFACTURING—GENERAL PRINCIPLES—

- TERMINOLOGY. ASTM INTERNATIONAL, WEST CONSHOHOCKEN, PA, 3(4), 5.
3. [3] ASÍ, O. (2006). FALLO POR FATIGA DE UN ENGRANAJE HELICOIDAL EN UNA CAJA DE CAMBIOS. ANÁLISIS DE FALLAS DE INGENIERÍA, 13 (7), 1116-1125.
  4. [4] LAJTÍN Y Y ARZAMÁSOV B, 1987, TRATAMIENTO QUÍMICOTÉRMICO DE LOS METALES, EDITORIAL MIR, MOSCÚ.
  5. [5] ASM 1986, FAILURE ANALYSIS AND PREVENTION, METALS HANDBOOK, NINTH EDITION, VOL. 11, METALS PARK, OHIO
  6. [6] AZNAR, A. F. (1996). MODELO DE CÁLCULO A FLEXIÓN DE ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE PERFIL DE EVOLVENTE. (TESIS DOCTORAL). UNED. UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA (ESPAÑA)
  7. [7] HERNANDEZ, L. E. B (1985) LAS FALLAS EN LOS ENGRANAJES. INGENIERÍA E INVESTIGACION (12), 40-52.
  8. [8] W. WANG, H. LIU, C. ZHU, X. DU, J. TANG EFFECT OF THE RESIDUAL STRESS ON CONTACT FATIGUE OF A WIND TURBINE CARBURIZED GEAR WITH MULTIAXIAL FATIGUE CRITERIA INT J MECH SCI, 151 (2019), PP. 263-273, 10.1016/J.IJMECSCI.2018.11.013
  9. [9] B. ZHANG, H. LIU, H. BAI, C. ZHU, W. WU RATCHETTING–MULTIAXIAL FATIGUE DAMAGE ANALYSIS IN GEAR ROLLING CONTACT CONSIDERING TOOTH SURFACE ROUGHNESS WEAR, 428–429 (2019), PP. 137-146, 10.1016/J.WEAR.2019.03.003
  10. [10] W. WANG, H. LIU, C. ZHU, P. WEI, W. WEI MICROMECHANICAL ANALYSIS OF GEAR FATIGUE-RATCHETING DAMAGE CONSIDERING THE PHASE STATE AND INCLUSION TRIBOL INT, 136 (2019),
  11. [11] A. JAVIDI, U. RIEGER, W. EICHLSEDER THE EFFECT OF MACHINING ON THE SURFACE INTEGRITY AND FATIGUE LIFE INT J FATIG, 30 (2008)
  12. [12] S. SMITH, S. MELKOTE, E. LARA-CURZIO, T. WATKINS, L. ALLARD, L. RIESTER EFFECT OF SURFACE INTEGRITY OF HARD TURNED AISI 52100 STEEL ON FATIGUE PERFORMANCE MATER SCI ENG, A, 459 (2007),
  13. [13] A. SHARMAN, D. ASPINWALL, R. DEWES, D. CLIFTON, P. BOWEN THE EFFECTS OF MACHINED WORKPIECE SURFACE INTEGRITY ON THE FATIGUE LIFE OF  $\Gamma$ -TITANIUM ALUMINIDE INT J MACH TOOL MANUFACT, 41 (2001)
  14. [14] A. SARHAN, E. ZALNEZHAD, M. HAMD I THE INFLUENCE OF HIGHER SURFACE HARDNESS ON FRETTING FATIGUE LIFE OF HARD ANODIZED AEROSPACE AL7075-T6 ALLOY MATER SCI ENG, A, 560 (2013)
  15. [15] H. LIU, H. LIU, P. BOCHER, C. ZHU, Z. SUN EFFECTS OF THE CASE HARDENING PROPERTIES ON THE CONTACT FATIGUE OF A WIND TURBINE GEAR PAIR INT J MECH SCI, 141 (2018)

16. [16] G. KENAN, D. MEHMET EFFECT OF CASE DEPTH ON FATIGUE PERFORMANCE OF AISI 8620 CARBURIZED STEEL INT J FATIG, 21 (1999)
17. [17] G. MICHAL, F. ERNST, H. KAHN, Y. CAO, F. OBA, N. AGARWAL, ET AL. CARBON SUPERSATURATION DUE TO PARAEQUILIBRIUM CARBURIZATION: STAINLESS STEELS WITH GREATLY IMPROVED MECHANICAL PROPERTIES ACTA MATER, 54 (2006)
18. [18] C. ZHAO, C. LI, H. DONG, T. BELL STUDY ON THE ACTIVE SCREEN PLASMA NITRIDING AND ITS NITRIDING MECHANISM SURF COATING TECHNOL, 201 (2006)
19. [19] H. KRISTOFFERSEN, P. VOMACKA INFLUENCE OF PROCESS PARAMETERS FOR INDUCTION HARDENING ON RESIDUAL STRESSES MATER DES, 22 (2001)
20. [20] Anon. (2022). Reparación de engranajes. En: <https://www.reparacionenlinea.com/reparacion-de-engranajes/>
21. [21] Jinyuan, T., Xingchen, Y., Jianwei, S., & Xianqiang, L. (2015). Failure Analysis of Gears. International Journal of Automotive Engineering and Technologies, 4(1), 1-7.
22. [22] Mishra, B. K. (2017). Gear Failure Analysis. International Journal of Engineering Research and Applications, 7(11), 1-5.
23. [23] Rajput, R. K. (2014). A Review on Failure Analysis of Gear. International Journal of Engineering Trends and Technology, 12(1), 1-5.