

Aplicación de la tribología y el análisis de la causa raíz (RCA) en motores de combustión interna.

F. Martínez Pérez, A. Barroso Moreno.

Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento
 Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría*.
 Calle 114 esq. 127, Marianao 15, Ciudad de la Habana, Cuba
 E – mail: fmartinez@ceim.cujae.edu.cu

(Recibido el 23 noviembre de 2007; aceptado el 11 de julio de 2008)

Resumen

En el trabajo, se hace empleo de la herramienta de trabajo Análisis de la Causa Raíz (RCA) para llegar a unas primeras conclusiones acerca de fallos producidos en el nudo tribológico válvula – guía de válvula en un motor de combustión interna, y así pasar a hallar la causa final y dar solución al problema. El método permite arribar a conclusiones en cuanto a la causa del problema.

Palabras claves: Tribología, Análisis causa raíz, RCA, desgaste, motor de combustión interna.

1. Introducción.

En el mundo de la revolución de la tecnología y la ciencia, en su avance vertiginoso, se descubren y aplican cada vez más novedosos sistemas para los motores de combustión interna (MCI), sustentados en procesos físicos, químicos y electromagnéticos, entre otros, que son el punto de partida para su funcionamiento eficiente.

En la actualidad, Cuba posee gran cantidad y variedad de máquinas industriales y equipos automotores que están provistos de motores de combustión interna diesel. Como sistema sustentable del correcto funcionamiento del MCI es destacable el sistema de distribución de los gases. Es en ese sentido, que se hace importante entonces analizar en el mencionado sistema de distribución de gases cómo se está comportando el par cinemático de fricción, formado por el vástago de la válvula y su guía, desde el punto de vista tribológico.

El objetivo de este análisis estaría dirigido a prolongar la vida útil del par cinemático guía-vástago de la válvula de gases, mediante un análisis en sistema del tipo Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el empleo de la herramienta de trabajo Causa Raíz (RCA). De esta forma, se trabaja para dar garantía de una mayor eficiencia productiva y un nivel económico positivo, disminuyendo los gastos ante reparaciones parciales imprevistas o cambios totales en el sistema.

2. Desarrollo.

En la Fig. 1 se puede apreciar la representación gráfica del par cinemático de fricción analizado.

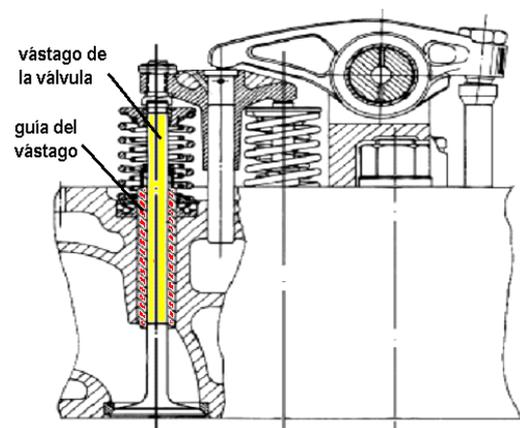


Figura 1 – Identificación del sistema formado por la guía y el vástago de la válvula en un cilindro de MCI.

En la Fig. 2, se muestran los elementos iniciales de un árbol lógico que nos permitirá representar gráficamente las relaciones de causa y efecto, así como descubrir el evento indeseable y la esencia del problema ante las fallas que tienen lugar en el par tribológico.

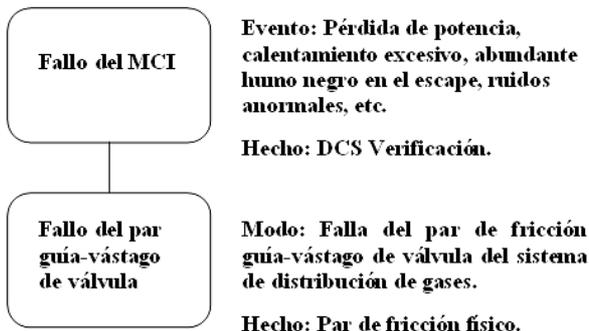


Figura 2 - Elementos iniciales en la determinación de la causa de fallo en el par guía-vástago de válvula en un MCI.

Las fallas que tienen lugar en el par tribológico objeto de estudio se pueden apreciar fácilmente por las anomalías que ellas causan en el funcionamiento del motor de combustión interna trabajando con combustible diesel. El modo de fallo es identificado mediante la evidencia física de diversas fallas en el sistema de distribución de gases.

En este procedimiento se identifica el evento indeseable y sus detalles, asociados mediante hechos que lo respaldan. Los hechos se han logrado establecer mediante observación directa, documentación, análisis de laboratorio y conceptos científicos.

Posteriormente, se continúa la búsqueda, en retrospectiva de la causa y relaciones de los efectos, analizando las posibles causas de fallo en un par de fricción guía-vástago de válvula.

Varios son los fallos que se originan en los elementos de máquina y que deben ser enfrentados en la ingeniería de mantenimiento, pudiendo ser algunas de las causas contribuyentes los fallos por desgaste, fatiga, corrosión, erosión, corrosión bajo tensión, distorsión, acción del hidrógeno, fluencia, fatiga térmica o desalineación.

Según se muestra en la Fig. 3, puede ser elaborado un esquema de árbol lógico buscando consecuentemente los “qué” y “cómo” de las posibles causas contribuyentes al fallo. En el caso objeto de estudio, correspondiente al par guía-vástago de válvula, los fallos más probables analizados fueron: desgaste, fatiga, corrosión, desalineación y fatiga térmica

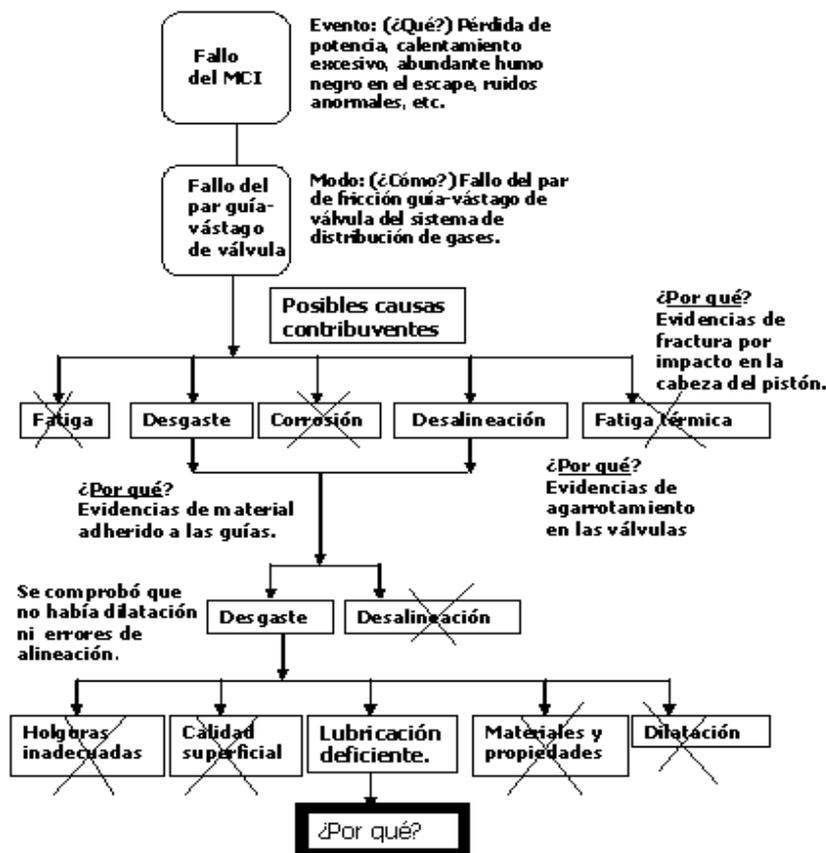


Figura 3 - Árbol lógico de causas y efectos empleados en un análisis (RAC) para determinar las causas contribuyentes y directa de fallos en pares de fricción válvula-guía de vástago

Los fallos analizados son los de mayor importancia y probabilidad de ocurrencia. Particularmente, los fallos por desgaste y fatiga representan más del 90% de los que tienen lugar en la industria mecánica, no queriendo decir esto que la búsqueda del fallo deba ir encaminada solamente sobre estos eventos.

Teniendo evidencias físicas de los elementos que han fallado, se pudo presenciar que hubo un impacto entre la cabeza del pistón y la cabeza de las válvulas del sistema de distribución de gases, siendo aleatoria la falla para ambos casos, tanto desde el punto de vista del número de cilindro como del tipo de válvula, teniendo el fallo lugar indistintamente en el sistema de admisión como el de sistema de escape de gases.

Fue evidenciada una fractura que tuvo probables causas en un incremento de la carga actuante o por carga de impacto, dependiendo si la carga fue aplicada en un tiempo más o menos corto. Por las características del trabajo del par de fricción y las evidencias analizadas del fallo, fue concluido que la fractura fue debida a carga de impacto, siendo este entonces el evento analizado. El próximo paso para continuar el análisis que permita descubrir las causas en cadena que han llevado a este tipo de fallo, fue orientado mediante la siguiente pregunta: *¿Cómo es que puede ocurrir este tipo de evento, si el motor estaba trabajando correctamente antes de ocurrir el fallo?*

Los sistemas y parámetros no presentaban anomalías de funcionamiento y la sincronización entre ellos estaba bien diseñada. Esto lleva a pensar que, por alguna razón, las válvulas de admisión y escape se estaban quedando abiertas en su recorrido de apertura y que durante el desplazamiento del pistón hacia el punto muerto superior (PMS) encontrara las válvulas en su camino e impactara con ellas, provocando de esta forma la rotura.

Pero, *¿Cómo puede suceder lo antes expresado?*. Se pudo verificar en algunas de las culatas de los MCI analizadas en el estudio, que las válvulas quedaban atascadas, agarrotándose e impidiendo el correcto funcionamiento del sistema, provocando un recorrido incompleto en su cierre, para quedar abiertas y permitir el impacto con el pistón en su accionamiento normal. El problema a analizar fue entonces: *¿Cómo es que se pueden agarrotar las válvulas en el par de fricción guía- vástago?*

El análisis permitió considerar como la causa más probable los problemas asociados al desalineamiento. Para validar esta hipótesis fue comprobada la excentricidad entre algunas válvulas y guías montadas en las culatas de los MCI antes de comenzar la explotación. Fue observado, luego de un tiempo de trabajo similar al reportado en los anteriores fallos que el par guía- vástago no presentaba problema de esta índole. Ante este significativo hecho, fue valorada como posible causa del problema la fricción y el desgaste.

Posteriormente, fueron analizados varios pares fallidos, comprobándose la adherencia de material, lo que permitió, mediante el empleo de un escariador y una rima, obtener un material compuesto adherido a la guía y también presente, en menor escala, en el vástago, teniéndose una certeza de la nueva hipótesis.

Se analizó entonces: *¿Cómo podría ocurrir lo evidenciado?*, para poder concluir sobre la causa raíz del problema y tener una solución cierta y definitiva.

Relacionando las posibles manifestaciones que pudieran dar lugar a problemas de fricción, y habiendo realizado de conjunto con estas acciones un análisis de la composición de la materia encontrada en el par de fricción guía- vástago, se evidenció que no había problema alguno con la ocurrencia de dilatación excesiva del material de ambos elementos del par, tampoco se hizo evidente problemas con las holguras de diseño, ni con los materiales y sus propiedades, ni con la calidad superficial de los elementos, por lo que la decisión final fue atribuida a problemas de lubricación como causa directa, pero no final del problema, siendo este proceso, un eslabón esencial dentro del funcionamiento del par.

Con este proceso, se ha querido mostrar como avanzar en la búsqueda de una respuesta “casi final y real” a la explicación de un problema mecánico en un par de fricción, a partir de la utilización de un proceso de causa raíz y de un árbol lógico de análisis, determinando hasta el momento la causa directa del problema.

En este momento, el árbol lógico de análisis no está completamente terminado, pues falta una parte de importancia en el análisis y es el relacionado con *¿Por qué?* hay problemas de lubricación y hallar la causa raíz del problema.

3. Conclusiones.

El análisis causa raíz (RCA) es un proceso de gran importancia y rigor técnico para llegar a determinar las verdaderas causas de fallos en elementos de máquina, entre ellos en pares tribológicos.

En el análisis mostrado en este artículo, resultó de gran utilidad el empleo de un árbol lógico de causa efecto para enfrentar la determinación de la causa del fallo con ocurrencia en un par cinemático guía- vástago de la válvula de un sistema de distribución de bases en un motor de combustión interna.

4. Referencias.

1. Cabrera Gómez, J.; *Elementos para la realización del análisis causa raíz*. Monografía. CEIM-ISPJAE. Ciudad de La Habana. Cuba. 2004.
2. Martínez Pérez, F.; *Tribología, Ciencia y Técnica para el Mantenimiento*. Editorial Limusa, México, 1994.

3. Nelson W. *Applied Life Data Analysis*, John Wiley, 1974.

4. Gordon W. Powell. *Identification of types of failure*. ASME. 1990

Application of tribology and root cause analysis (RCA) on diesel engine.

Abstract:

It is used the process root cause in the analysis of a problem in the tribological pair valve- valve guide of an internal combustion engine. Using this process was possible to have the first conclusions in the problem and finally to arrive to a final conclusion about the cause of the problem.

Key words: Tribology, RCA, wear, engine.

INGENIERÍA MECÁNICA

ISSN 1029-516X.

Revista Ingeniería Mecánica (En Línea): <http://www.cujae.edu.cu/ediciones/Mecanica.asp>

La Revista Ingeniería Mecánica se encuentra referenciada en las siguientes 8 bases de datos:

1. EBSCO
2. Periódica
(<http://dgb.unam.mx/periodica.html>)
3. Latindex
4. Cambridge Scientific Abstracts
(<http://www.csa.com/>)
5. Directory of Open Access Journals
(<http://www.doaj.org>)
6. Registro Cubano de Publicaciones Seriadadas
(<http://www.cubaliteraria.com/publicacion/ficha.php?id=55>)
7. CubaCiencia
(<http://isis.cenai.inf.cu/bvirtual/BVS.asp?bd=3>)
8. EDUNIV
(<http://revistas.mes.edu.cu:9900/EDUNIV/03-Revistas-Cientificas/Ingenieria-Mecanica>).

La publicación ha sido aceptada con los requerimientos exigidos por el Tribunal Nacional Permanente para Grados Científicos en Ingeniería Mecánica como publicación de referencia.

Las contribuciones con artículos a publicar en Ingeniería Mecánica pueden remitirse al Consejo de Redacción, para iniciar proceso con revisores, a las direcciones:

Email: jwellesley@mecanica.cujae.edu.cu

Email: cidim@mecanica.cujae.edu.cu

