

HERRAMIENTAS TRIBOLÓGICAS

APLICADAS EN LA PREVENCIÓN DEL DESGASTE EN EQUIPOS INDUSTRIALES

Autor

Magister Ingeniero Enrique Daniel Sanmarco



Ingeniero Mecánico – U.N.L.P.

Magister en Dirección de Empresas – U.N.L.P.

Tesis de MBA Maestría de Dirección de Empresas de la Universidad Nacional de La Plata título: “Parámetros de gestión de las Pequeñas y Medianas Empresas del Sector Metalmeccánico del Gran La Plata”.

Consultor, Asesor, Auditor, Formador de Recursos Humanos y Capacitador en Empresas, con especial orientación a la Lubricación, Tribología y Mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

La tribología (griega tribos, “frotar o rozar”) es una disciplina que nació a raíz del Reporte Jost (1966), el cual, analizaba el gran desperdicio de recursos, estimado en 515 millones de libras esterlinas, que ocurría por ignorar los fenómenos mecánicos de interacción superficial. Según E. Rabinowicz (1995) se puede referir que las pérdidas de utilización de los componentes materiales en la industria se deben en un 15% por obsolescencia, otro 15% por roturas y 70% por deterioro de superficie, siendo el desgaste el efecto fundamental. El análisis del desgaste es importante porque junto con la fatiga y a la corrosión son los problemas que más fallas causan en las máquinas. La fricción debida a la interacción de las

superficies en movimiento relativo son factores que deben requerir acciones para minimizar los efectos que desencadenan. Herramientas para el estudio de la tribología son usadas hoy en lo que se denomina la Gestión Integral de Activos (G.I.A.), disciplina que pretende integrar al Mantenimiento con el proceso Productivo, como factor esencial en la generación de bienes y servicios.

El trabajo que se presenta propone la aplicación de estos conocimientos en el accionamiento de molinos de cemento.

Palabras Claves: Tribología, Gestión de Activos, Fricción, Desgaste. Molino de Cemento.

MATERIAL Y METODOS

La propuesta contempla la utilización de elementos referenciales como medidores de temperatura laser, medidores de amplitud de desplazamiento y velocidad de vibraciones mecánica, lámpara estroboscópica, medidor de ondas de choque, lacas de medición para el asentamiento de los dientes y el contacto de los mismos, calibres y micrómetros.

La metodología de uso es parte del desarrollo del trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tribología permite “mirar” los equipos con una visión diferente de la que pudiera determinar el común de las personas.

A partir de entender el funcionamiento de un equipo, se puede detener la atención en aquellos puntos donde puedan presentarse situaciones donde existan superficies que puedan entrar en contacto y cuyo movimiento relativo se debe estudiar y prestar atención para evitar que la fricción, presente en ellas, pueda generar mecanismos de desgaste no deseados.

Desde la determinación de los puntos de fricción hasta la complejidad de interacción de los mecanismos que los incluyen, se puede determinar, mediante diverso tipo de técnicas, el comportamiento y estado de situación de los mismos.

La primera acción que se debe tomar radica en entender que “es lo que se está viendo” y donde existen esos mecanismos de fricción.

Entender que se está frente a un proceso en el que el movimiento y la carga, interactúan en diversas formas e influyen sobre el comportamiento de las superficies debe, sin lugar a duda, ser el primer escalón a transitar.

En el caso objeto del trabajo, molinos rotatorios de bolas usados en la industria del cemento, se puede describir el mismo a partir de entender cómo funciona y cuáles deben ser las partes a considerar.

En la Figura 1, se puede ver una vista general de un Molino para entender del equipo que se estudia.

En función de lo expresado precedentemente, se debería entender el funcionamiento del mismo y, más precisamente, las partes objetos del estudio.

Para ello se recurre a la Figura 2 y sucesivas: en la que se puede identificar los siguientes elementos:



Fig 1 Vista general de Molino Rotatorio

- a. Motor de accionamiento
- b. Acoplamientos.
- c. Reductores principales
- d. Árbol de transmisión.
- e. Transmisión de engranajes



Fig 2 Vista de accionamiento.

El motor principal está acoplado por medio de acoplamientos de dientes curvos, a un reductor principal el cual, se acopla a un segundo reductor en la misma forma, que transmitirá el movimiento al eje de los piñones de accionamiento del molino, el que accionará la rueda dentada montada sobre la circunferencia del tambor rotatorio. Este eje de piñones está soportado por dos cojinetes, los cuales pueden ser de deslizamiento o de rodadura. Existen molinos con doble eje de accionamiento.

Se tienen diversos mecanismos que, tribológicamente interesan estudiar para determinar las acciones objetos del trabajo.

El detalle es el siguiente:

Motor de accionamiento:

En general este puede estar constituido por uno o dos motores de alta potencia según el tipo de molino que accionan. Para nuestro trabajo, la tribología nos lleva a centrar nuestra atención en los cojinetes del rotor. El mismo puede presentar cojinetes de deslizamiento o rodamientos. En ambos casos la utilización de la medición de vibraciones por medio de la velocidad, dará una respuesta del estado mecánico general del estado y comportamiento de las superficies rozantes como, así mismo, la lubricación de los mismos.

En la figura 2, en el sector derecho, se puede apreciar el motor de accionamiento y luego el acoplamiento con el reductor.

Acoplamientos

El eje de salida del motor acopla al reductor mediante un acoplamiento dentado de dientes curvos que en general puede presentar algún tipo de anomalía si no se lo controla adecuadamente. Los pares tribológicos que están presentes están dados por la interacción de los dientes entre sí sometidos a altas cargas y bajas velocidades, por lo que referencia a una zona crítica de la curva de Stribeck donde la necesidad de un lubricante sólido es imperiosa.

Por todo ello el seguimiento debe estar centrado en los siguientes aspectos:

Detección de pérdidas de lubricante por los sellos.

Incremento de las vibraciones del mismo lo que indicaría desperfecto en los dentados y /o desalineación.

Aumento de la temperatura del mismo, detectable por ter-

mografía o simplemente por un termómetro laser.

En la figura 3 se puede ver un corte de un acoplamiento dentado, el cual se puede encontrar en varios lugares de la cadena de mando, requiriendo similares acciones para su verificación del correcto funcionamiento.

Reductores principales.

Se habla de reductores principales porque dependiendo del tamaño del molino, se pueden encontrar equipados con uno o dos reductores principales. En ambos casos las precauciones desde la tribología a tomar radican en:

Los cojinetes soportes de los mismos, sea en el los ejes de entrada como en los de salida, incluyendo los intermedios si lo hubiese.

Los engranajes propiamente dichos.

En el primer caso, se utilizará la técnica ya descrita anteriormente para el caso de los motores de accionamiento.

En el segundo caso se recurrirá a dos acciones determinantes:

La primera es visual y comporta la no existencia de pérdidas de lubricante exteriormente.

La segunda, un análisis periódico del fluido lubricante que contemple un análisis físico químico de los parámetros para determinar el estado del mismo. La viscosidad, contenido de agua, acidez del mismo, existencia del aditivo, y contenido de partículas podrán definir el estado del mismo.

La realización semestral de este análisis, salvo alguna situación particular, es suficiente para un buen control.

Es importante para este caso, como para el resto de los mecanismos en estudio, contemplar el medio ambiente en el que actúan, ya que este no siempre es el más adecuado y hace que el sellado de los distintos elementos pase a ser un elemento fundamental, para que no se generen situaciones no deseadas.



Figura 3: Acoplamiento dentado



Figura 4: Vista de medio ambiente.

En la figura 4 se puede apreciar de las condiciones del medio ambiente que estamos hablando. Partículas de polvo “volando” por el medio ambiente.

Árbol de transmisión

Se incluye en esta parte los elementos mecánicos que aportan el movimiento al piñón o engranajes conductor del accionamiento del tambor del molino.

El mismo está constituido por una barra maciza, acoplamientos vinculantes, según el largo de la misma, y el árbol principal donde va montado el piñón de accionamiento, el cual está soportado por cojinetes, los cuales pueden ser de deslizamiento o rodadura, según la dimensión del engranaje conducido que va montado sobre el cilindro rotatorio.

Este es uno de los puntos más críticos para aplicación de los conceptos tribológicos. Existen varios pares en los que los movimientos relativos están presentes, con variabilidad de carga y velocidad.



Figura 5: Árbol de transmisión y accionamiento.

Para su estudio, el auxilio de una serie de elementos es de suma necesidad.

La temperatura que se medirá con el termómetro laser, la medición de velocidad de vibraciones existentes, la cual se podrá tomar con un equipo sencillo tipo lápiz sensor o algo más elaborado con un sensor y captador más desarrollado y la observación visual del comportamiento de todo el mecanismo.

En la Figura 6 se puede visualizar los elementos a considerar para su medición.



Figura 6: vista de accionamiento piñón y cojinetes respectivos.

Los cojinetes, lado motor y lado molino, serán plausibles de una medición de vibraciones, velocidad de vibración en sus tres direcciones, radial horizontal y vertical, y la axial.

La medición debería estar en un límite no mayor a 9 mm/seg, aunque lo más importante es la comparativa ya que esta nos podría dar una rica información en cuanto a la desalineación o rigidez de los mecanismos. Se conoce que un acentuamiento en la vibración axial es sinónimo de desalineación. Por otro lado la comparativa entre las mediciones de los cojinetes nos daría una inclinación no deseada que se podría corroborar después con la medición sobre los dientes del piñón y su engrane con la corona.

Por otro lado un exceso de la temperatura de los mismos, mayor a 60°C estaría demostrando que existentes componentes de fricción que no son normales y que originarán desgaste. Para ello este tipo de maquinaria suelen tener sensores fijos de temperatura y vibración que acusan una señal de alarma si los “set point” se ven superados o directamente un “shut down” si los valores son excesivos y pueden poner en riesgo el equipo.

Transmisión de engranajes

Las ventanas de inspección permiten tener acceso al accionamiento propiamente dicho, con lo cual podemos registrar si la lubricación es pareja o se presentan anomalías que indiquen desperfectos como desalineación o deformaciones constantes tanto en los elementos fijos como los dinámicos.

Cuando un engranaje se monta inicialmente y se produce un primer engrane, es de suma importancia el período de asentamiento del mismo que se puede lograr con lubricantes propios para esta etapa que actúan sobre los flancos de los dientes para asegurar un asentamiento pareja de las

superficies de los mismos, evitando consecuencias no deseadas como el pitting u otros daños.

Para verificar el correcto funcionamiento del proceso de lubricación se suele tomar en forma puntual las temperaturas de los flancos de los dientes ayudados con el termómetro laser y una lámpara estroboscópica los que permite “parar” un diente y tomar la temperatura en tres o cuatro lugares en el ancho del diente, las cuales no deben diferenciarse en más de tres grados centígrados, ya que si así nos fuera estaría mostrando un apoyo no parejo que originarán a corto plazo problemas en los dientes de los engranajes.

Muchas veces se recurre cuando el engranaje es nuevo o reacondicionado, a la utilización de lacas colorantes que permiten copiar el asentamiento y así verificar la existencia de puntos de contacto no deseados.

Otra de las condiciones de verificación tribológica es la cantidad de lubricante como así también la distribución del mismo, ya que podrían existir zonas donde el mismo no llega en la cantidad necesaria.

En general existen tablas de la cantidad de lubricante en función de las medidas del diente y de la velocidad de giro del mismo como así también de la cantidad de los mismos.

El uso de un papel testigo permite determinar la distribución correcta del lubricante sobre los dentados.

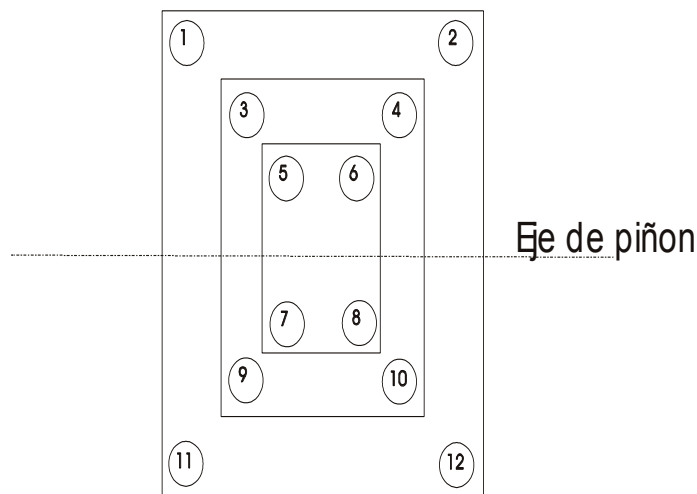
Una observación visual y al tacto de un flanco de un diente puede dar una información más que importante del estado del equipo.

Desde el apoyo y engrane de los mismos, la presencias de imperfecciones, pitting o fisuras incipientes, zonas de apoyo excesivo hasta principio de daños más importantes, se detectan en una inspección visual limpiando el diente y examinándolo con cuidado. El registro fotográfico permite comparar estado de los mismos en el correr del tiempo.

Se podría continuar comentando las distintas informaciones que la tribología y la aplicación desde su definición puede dar. Una última referencia se quiere dar con respecto a las bases de anclaje de los mecanismos. Evidentemente la presencia de fisuras en las bases da un toque de alerta y la necesidad de una intervención, pero también puede dar información los distintos elementos roscados de anclaje.

Cada uno de los puntos señalados corresponde a un anclaje de los cojinetes de accionamiento.

Lado molino



Lado exterior



Figura 7 Vista anclajes

En la figura 7 se pueden ver los distintos puntos sobre los que se deben tomar vibraciones para determinar posibles elementos “flojos” de sujeción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se pretenden mostrar están directamente relacionados con la aplicación de conceptos tribológicos al mantenimiento de los equipos de referencia.

Si desde la Tribología hablamos de identificar las condiciones que vinculan los movimientos relativos de dos superficies que trabajan en contacto, la observancia de estos fenómenos nos puede dar una importante información del comportamiento de los mecanismos que las contienen.

CONCLUSIONES

Se ha definido a la Tribología como la ciencia que estudia la interacción de las superficies de contacto en movimiento relativo.

El trabajo expuesto pretende valerse de la aplicación de esa definición y la utilización de algunas herramientas para mostrar cómo se puede obtener información del funcionamiento de un activo valioso como es un Molino Rotatorio de Cemento y ayudar al mantenimiento del mismo sobre la base del conocimiento y la aplicación de los mismos.

La fricción es el primer elemento que se debe estudiar, es la causa que origina los distintos tipos de desgastes y por consecuencia los deterioros no deseados.

A partir de la observación y el entendimiento de los mecanismos estructurales, las condiciones de medio que la pueden condicionar y sobre todo, entender el comportamiento dinámico de cada uno de ellos, aprendemos a entender el lenguaje de las máquinas y lo que ellas nos dicen, así convertimos una ciencia y su contenido en algo útil y práctico.

REFERENCIA:

- Gwidon W. Stachowiak-Andrew W. Batchelor, "Engineering Tribology", Butterworth Heineman, 2001.
- Mang.T. and Dresel,W, "Lubricants and Lubrication", Wiley-VCH. 2001
 - Goodwin,J.W. and Hughes,R.W. , "Rheology for Chemists an introduction" RSC, 2000
 - Benlloch María, José, "Lubricantes y lubricación aplicada" CEAC, 1984
 - Albarracín Aguillón, Pedro, "Tribología y lubricación industrial y automotriz" Litochoa, Bucaramanga, 1993.
 - FAG, "Rolling Bearing Lubrication-Publ. nro WL 81115/4/4EA, Fag OEM and Handel AG, 2000
 - FAG, "Lubricación de rodamientos" FAG Interamericana AG, 2000
 - NORMA ISO-IRAM 55000-55001-55002. Gestión Integral de Activos.