

Estudio de conos de aceros de alto manganeso sometidos a desgaste por impacto

Gareca, Edith¹; Tolabín, Edmundo²; Antequera, Teresa¹ Janín, Marcelo³

(1) *Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Materiales, Universidad Nacional de Jujuy.*
agareca@gmail.com; tessantequera@gmail.com

(2) *Empresa Tolabin Consulting*
etolabin@gmail.com

(2) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.*
marcelojanin@yahoo.com.ar

RESUMEN

En la industria minera, el desgaste de piezas es una problemática que tiene gran importancia. Los daños del desgaste llevan constantemente al reemplazo de partes en la maquinaria, originando paradas de producción con serias implicancias financieras. Por otra parte, operar con piezas desgastadas provoca mayor consumo energético, por lo cual el aspecto ambiental también se ve involucrado. Resulta necesario entonces, realizar estudios relacionados al desgaste que permitan encontrar soluciones eficaces, tanto técnicas como económicas. Este trabajo aborda el estudio de unos conos de trituración primaria, comparando la diferencia en el rendimiento que mostraron dos aceros al manganeso para alto desgaste, de similares características. Los resultados obtenidos muestran que la durabilidad de las piezas está directamente relacionada con su proceso de elaboración y el tratamiento térmico realizado, logrando recomendaciones para la mejora de la performance de la pieza en estudio. Este trabajo es un ejemplo de que la búsqueda de soluciones en las que intervienen centros de investigación e industrias interesadas en aumentar su competencia, resulta un método de trabajo apropiado para prolongar la vida útil de los componentes mecánicos que sufren desgaste, contribuyendo así a mejorar la productividad, la seguridad industrial y la disminución de costos.

ABSTRACT

In the mining industry, part wear is a very important problem. Damage from wear and tear constantly leads to the replacement of parts in machinery, causing production stoppages with serious financial implications. Furthermore, operating with wearing parts causes higher energy consumption, which also includes the environmental aspect. It is necessary therefore to conducting wear-related studies to find effective solutions, both technical and economic. This work deals with the study of some primary crushing cones, comparing the difference in performance shown by two manganese steels for high wear, with similar characteristics. The results obtained show that the durability of the pieces is directly related to their manufacturing process and the heat treatment carried out, achieving recommendations for improving the performance of the piece under study. The work is an example of how the search for solutions involving research centers centers and industries interested in increasing their competence, is an appropriate working method to prolong the useful life of mechanical components subjected to wear, contributing to improve productivity, industrial safety and cost reduction.

Palabras claves: Desgaste- Conos de trituración- Aceros- Rendimiento

Keywords: Wear – Crushing cones – Steels - Performance

1. INTRODUCCIÓN

El desgaste en piezas de maquinarias en plantas industriales es una problemática de gran importancia. Las operaciones de triturado,

molienda o transporte de material, implican generalmente contacto con minerales de alta dureza o que contienen abrasivos duros, trayendo como consecuencia roturas y alto desgaste. Los daños ocasionados en un equipo llevan al recambio

continuo de partes en la maquinaria, provocando tiempos prolongados de parada de la producción (Calainho Lage,1999). A esta situación, se suma el hecho de que en diversas oportunidades la disponibilidad de las piezas de reemplazo no es inmediata, atrasando aún más el reinicio operativo. Por otra parte, está demostrado que el funcionamiento de equipos con partes desgastadas produce mayores consumos energéticos y problemas de contaminación. Desde la perspectiva de la ingeniería, la importancia del tema está en aumento, en función de las cargas impuestas a los componentes mecánicos, la disminución constante de las tolerancias permitidas en los procesos de fabricación y las crecientes restricciones en cuanto al cuidado del ambiente, como lo plantea Mesa Gajales (2003). Por ello y siendo que el problema de impacto y desgaste afecta en forma directa a la competitividad de una planta productora, se hace necesario encontrar soluciones eficaces, tanto técnicas como económicas, que permitan aprovechar al máximo la vida útil de los equipos. Uno de los procesos que con mayor frecuencia presenta el problema de desgaste es el de triturado de materias primas provenientes de canteras, denominado trituración primaria, que implica la reducción del tamaño de partículas utilizando medios físicos. El mecanismo de desgaste presente en la trituración es el de impacto, que puede ser percusivo o erosivo. La percusión ocurre por impactos repetidos de cuerpos sólidos de mayor tamaño y la erosión puede ocurrir por chorros y flujos de partículas sólidas pequeñas, transportadas por un fluido, en general aire o agua (Rabinowicz,1984). Dadas las particulares y severas condiciones de servicio, la necesidad de contar con aceros resistentes al impacto y desgaste es una realidad que toma cada vez más fuerza en la industria. La tecnología de fabricación de estos aceros está basada en composiciones químicas estratégicas, donde cada aleante cumple una función específica y en tratamientos térmicos adecuados (Zum Gahr,1987), que permiten las transformaciones a microestructuras como la Austenita, Bainita y/o Martensita. Estos aceros deben mostrar, a la vez, buena resistencia a la rotura frágil y dureza, que son propiedades opuestas. Debido a la complejidad del fenómeno del desgaste y de la diversidad de situaciones que se presentan, los nuevos desarrollos se concentran en obtener materiales con un mejor balance entre resistencia a la penetración y capacidad de deformación (Marín Vilar,2009). En ese contexto, este trabajo muestra el estudio realizado sobre un

componente específico, en este caso conos de una trituradora, con el objeto de encontrar la causa por la cual han mostrado diferencias en su durabilidad, habiendo sido fabricados con aceros de alto manganeso de similares características.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Piezas de estudio

Las piezas de estudio se tratan de dos conos de una trituradora. Esta trituradora es un equipo que reduce el tamaño del material mediante su compresión entre una pieza de acero móvil (cono) y una pieza de acero fija. Con una alimentación desde la parte superior, cuando el cono móvil se acerca a la pieza fija, las rocas son obligada a pasar entre ambos y se muelen en pedazos. Cuando el cono se separa, los materiales triturados salen por la descarga. La pieza fija puede ascender o descender mediante el ajuste del ancho de descarga, determinando en consecuencia, el tamaño de salida del material. En la Figura 1, se puede apreciar el esquema de este equipo.

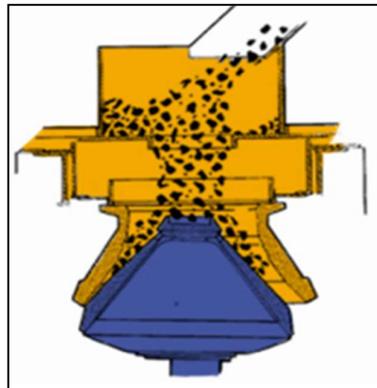


Figura 1. Esquema de la trituradora de conos- Fuente: Dismet

El estudio de estas piezas se realiza en razón de la diferencia en durabilidad mostrada por conos fabricados por dos proveedores distintos, uno extranjero y el otro, local (en adelante, Empresa A y Empresa B). Las piezas estaban fabricadas con acero de alto manganeso, similares según las especificaciones técnicas, por lo cual debían mostrar propiedades y comportamiento, aproximadamente, también similares. Sin embargo, los conos provistos por la Empresa B mostraron desgaste prematuro, con disminución de espesor y una duración en servicio de

aproximadamente la mitad del tiempo que los de la Empresa A, dificultando la planificación de mantenimiento y obligando a paradas forzosas del proceso.

Se encararon entonces, los estudios correspondientes con la participación de la empresa usuaria de la pieza, realizando un seguimiento de varios meses, a fin de determinar la causa de falla del componente y evitar su repetición. Tratándose de un problema particular y específico de desgaste, se planteó un abordaje del tipo heurístico, a través del cual se pudiera encontrar la causa y solución más viable, en un tiempo aceptable para la industria. El estudio se llevó a cabo en un importante número de estos conos. Sin embargo, se obtuvieron resultados similares en las piezas de cada proveedor, por lo cual se presentan en detalle, los estudios ejecutados para un cono provisto por la Empresa A (Cono 1) y otro, por la Empresa B (Cono2), siendo los mismos representativos de la situación general encontrada. En la Figura 2, se muestra la fotografía de uno de los conos estudiados.



Figura 2. Fotografía Cono 2

2.2. Métodos

Los estudios realizados consistieron en el Análisis de la Composición Química mediante Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, equipo marca ARL 2000-SMS. Se realizó la observación de la microestructura de las muestras de las piezas seleccionadas utilizando microscopio óptico Metallux II a aumentos de 100 y 500 X. Para la preparación de las muestras se efectuó un pulido mecánico, usando pulidoras de disco y papel abrasivo N° 200, 320, 400 y 600. Para finalizar esta etapa se realizó el pulido en paño con alúmina de granulometría en el orden del micrón. Para el

revelado de la microestructura se atacaron químicamente las probetas con Nital 4 (solución de ácido nítrico en alcohol al 4 %).

También se realizó ensayo de dureza con un microdurómetro marca Isotest, en escala Vickers. Para determinar la aptitud del tratamiento térmico del material de uno de los conos, se realizó un hipertemple de disolución de carburos a una muestra 20 mm de espesor extraída de esta pieza, con calentamiento a 1050 °C, tiempo de 30 minutos y enfriamiento en agua fría con agitación. El equipo usado para el tratamiento fue un horno eléctrico INDEF modelo 660 DH c\PC, 11Amp, 76Kw y temperatura máxima 1250°C. También se efectuó el control del magnetismo en ambas piezas, con el uso de imán común.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis Químico

Los resultados del Análisis de Composición Química se muestran en la Tabla 1. Se puede observar que el Cono 1 posee mayor cantidad de manganeso y carbono y menor cantidad de cromo. En la última fila de la tabla se muestra la composición química establecida por la Norma ASTM A 128.

Tabla 1. Composición química de las piezas de estudio

Elementos (% W)	Cono 1	Cono 2	ASTM A128 Gr C
C	1,10	1,02	1.05-1.35
Si	0,34	0,70	< 1
Mn	17	13,72	11.5-14
P	0,025	0,028	< 0.07
S	0,01	0,012	
Cr	0,35	2,08	1.5-2.5
Nb	0,04	0,35	
Mo	0,03	00,9	
Al	0,016	0,018	
V	0,018	0,03	

3.2 Análisis Metalográfico

Las Figuras 3 y 4 muestran la microestructura de los aceros del Cono 1 y Cono2. La estructura del

primero es austenítica, con precipitados (carburos), dentro de grano y en cantidad muy reducida en borde de grano. En el caso del Cono 2, la estructura también es austenítica, pero se puede observar gran cantidad de carburos precipitados en borde grano y en el interior de los mismos

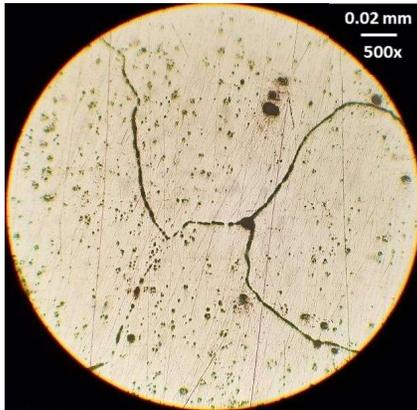


Figura 3. Microestructura Cono1

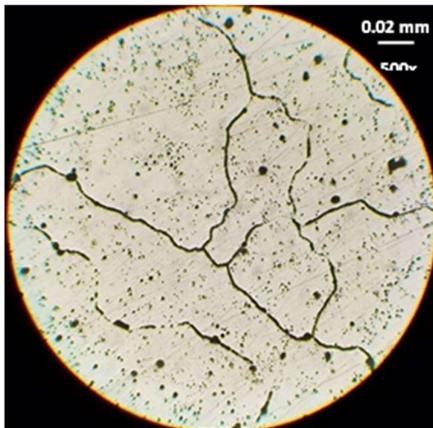


Figura 4. Microestructura Cono 2

La presencia de microfases precipitadas en este caso carburos, es habitual en este tipo de aceros, particularmente dentro de los granos. No obstante es deseable que sea la cantidad sea llevada a la menor posible, para lo cual es necesario una correcta aplicación del tratamiento de hipertemple. La presencia de carburos en bordes de grano provoca el fenómeno de corrosión intergranular, lo que puede llevar a la decohesión de los granos.

3.3 Magnetismo de las piezas

No obstante la matriz austenítica mostrada en las Figuras 3 y 4, se procedió también a controlar el magnetismo de las piezas. Al tener esta microestructura, el material debe mostrar un comportamiento amagnético, sin embargo el resultado del control realizado fue que en el caso del Cono 2, había sectores que se mostraban magnéticos, principalmente en la zona central. El Cono 1, en cambio no presentó esta situación.

3.4 Ensayo de Dureza

Se procedió a realizar el ensayo de dureza en escala Vickers. Los valores obtenidos son de 241 HV para el Cono 1 y de 251 Hv para el Cono 2, lo que está acorde con las microestructuras encontradas. En la Figura 5 se muestra la fotografía de la medición efectuada con microdurómetro, a un aumento de 400 X, en la muestra del Cono 2, con una carga de 2,9 N. D1 y D2, son los valores medidos de las diagonales de la base del indentador de escala Vickers, que es piramidal de base cuadrada.



Figura 5. Indentación del ensayo de dureza en Cono 2

3.5 Tratamiento de hipertemple

Dadas la cantidad de carburos precipitados en el Cono 2 y la presencia de zonas magnéticas, se decidió llevar a cabo un tratamiento de hipertemple en una muestra de este componente. El hipertemple es un tratamiento que se realiza para la disminución o eliminación de los carburos precipitados. Para ello, se lleva el acero a temperaturas altas, en este caso se trabajó a 1050

°C, para permitir la disolución de los carburos y luego se enfría rápidamente, impidiendo su formación. Este tratamiento resulta fundamental para la calidad del acero y por lo tanto debe realizarse en forma adecuada. Aplicado el hipertemple a la muestra, se obtuvo que era posible disminuir en forma considerable las microfases precipitadas, logrando así un acero de mucha mejor calidad. Las Figuras 6 y 7 muestran el resultado del tratamiento efectuado.



Figura 6. Muestra con hipertemple. No se observan carburos precipitados en borde de grano

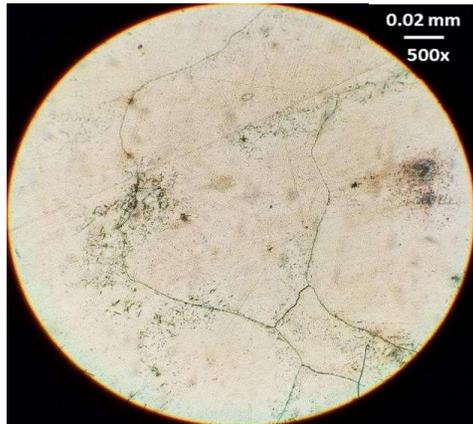


Figura 7. Muestra anterior a mayor aumento. Se confirma que no presenta precipitados en borde de grano

Se destaca que este tratamiento disminuyó la dureza de la pieza, lo cual es concordante por la menor disposición de carburos. En la Figura 8 se muestra el valor de dureza obtenida para el Cono 2 post-tratamiento.



Figura 8. Dureza obtenida en la pieza con hipertemple.

4 DISCUSIÓN

Si bien, el acero del Cono 2 cumple con la norma ASTM A 128, actualmente se conoce por la práctica, que un mayor contenido de manganeso resulta favorable para mantener la fase austenítica y lograr así que efectivamente la transformación a martensita no sea obtenida por tratamiento térmico, sino por la energía mecánica puesta en juego en los impactos, de manera que la pieza se endurezca precisamente donde más trabaja. En razón de esto, se considera positivo el mayor contenido de manganeso en el Cono 1, aun cuando el valor supera el de norma. Este contenido de manganeso contribuye a una mayor durabilidad de la pieza.

Por otra parte, estos aceros tienden a formar carburos de cromo dentro del grano y en borde de grano, endureciendo el material, lo cual no es conveniente dado que, al ser estos carburos de alta dureza, fragilizan el comportamiento del material, impulsando desgaste acelerado. Además, cuando los carburos se depositan en borde de grano tienden a provocar decohesión, generando riesgo de inicio de fisuras.

Para evitar esto, se requiere un tratamiento de hipertemple adecuado, realizado a núcleo y con rápida velocidad de enfriamiento. De esta manera, se tiene un acero con las características requeridas. En el caso del Cono 2, puede deducirse que el hipertemple no se ha realizado debidamente, por la gran cantidad de precipitados que se observan. Esto también es apoyado por los resultados

obtenidos en el tratamiento dado a la muestra de este material en laboratorio, donde se han conseguido bajar considerablemente los precipitados de carburos.

En el caso del Cono 1, la poca cantidad de carburos presentes, indica un tratamiento de disolución bien logrado.

Por otro lado, que la zona central del Cono 2 muestre magnetismo implica que se han tenido transformaciones de fase no deseadas, ya que como se sabe la austenita es no magnética, dando aún más indicios de un hipertemple no aplicado a núcleo.

Los valores de dureza están acorde a las microestructuras de cada pieza. No obstante, se debe destacar que la dureza del Cono 1 resulta menor, a pesar del alto contenido de Manganeso y mayor valor de Carbono. Esto se debe al tratamiento térmico de hipertemple aplicado en forma eficaz.

5 CONCLUSIONES

-En el estudio presentado puede verse que, a pesar de cumplir con los requisitos químicos de norma, el acero del Cono 2 presenta condiciones que comprometen su integridad.

- Las microestructuras del acero del Cono 1 ponen en evidencia una elevada disolución de precipitados. Esto mejora la durabilidad y evita decohesión.

El acero del Cono 2 tiene precipitados en borde de grano y en interior. Esto impulsa desgaste acelerado e incluso tendencia a fractura.

-Se puede inferir que la causa en la diferencia de durabilidad del Cono 2 con respecto a la del Cono 1, responde fundamentalmente a un tratamiento térmico de hipertemple inadecuado, no realizado a núcleo.

-Otro factor que complejiza el estado de la pieza es el magnetismo, que se debe a la presencia de microfases ferríticas, principalmente como consecuencia de la aplicación de tratamientos térmicos incompletos de hipertemple o incluso, por falta de estos tratamientos.

-Los factores de falla de estas piezas industriales se producen durante el proceso de elaboración y son factibles de controlar, lo cual muestra la

importancia de asistir técnicamente a las empresas locales, a fin de que éstas puedan ofrecer productos competitivos en su calidad, mejorando de esa manera la confiabilidad y durabilidad, muy exigidas en la actualidad.

6 REFERENCIAS

Calainho Lage J. A., Horta Antunes C., Lomônaco Gillet F. “*Cavitação em turbinas hidráulicas do tipo Francis e Kaplan no Brasil*”. Memória Descritiva e Relatórios Técnicos. XV Seminario Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), GGH/07, p. 1- 6, 1999.

Marín Vilar, C. “*Aceros Especiales Antiabrazión-Una batalla contra el desgaste*” Revista Metal Actual N° 13- Colombia, p. 20-28,2009.

Mesa Gajales, D; Sinatora, A. “*El desgaste de materiales, enfrentarlo o dejarlo de lado y asumir los riesgos*”, Scientia et Technica Año IX, No 22, UTP. ISSN 0122-1701, 86-92,2003.

Rabinowicz, E. “*Friction and wear of materials*”, John Wiley and son. Inc, New York R.M,1984.

Zum Gahr, K. H. (1987) “*Microstructure and Wear of Materials*”.ELSEVIER, Amsterdam