

CÁTEDRA MATERIALES –FACULTAD DE INGENIERÍA-UNJU

ACEROS DE ALTO DESGASTE

Generalidades

Los materiales con que se construyen los equipos sometidos a alto desgaste requieren de un planteo relacionado con calidades y características particulares. Generalmente, la elección recae en materiales ferrosos, por ser éstos los que actualmente reúnen las mejores condiciones de uso a un precio aceptable.

Durante el desgaste ocurren fenómenos de corte, de deformación plástica o una combinación de ambos. Por lo tanto, el acero a utilizar debe ser capaz de superar tanto los cortes como la deformación. Esto se traduce en la necesidad de contar con aceros de alta dureza y alta resistencia mecánica. En la medida que un acero sea más duro, resistirá mejor la penetración de su superficie por otro material y por lo tanto, también los cortes. Además, en la medida que un acero tenga mayor resistencia mecánica, mayores serán los valores de su tensión de fluencia y de su tensión de rotura y por lo tanto, más difícil será que, en funcionamiento, se deforme o rompa.

Se observa hasta aquí, que la solución sería relativamente sencilla, ya que obtener aceros duros y resistentes, no es un problema. Sin embargo, los aceros de alta resistencia mecánica presentan también la particularidad de tener un comportamiento frágil. Esto significa que ante un impacto, absorberán poca energía y se romperán prácticamente sin deformarse. Por lo tanto, el desempeño de estos aceros en la práctica se ve comprometido por su “fragilidad”.

Lo ideal, entonces, para cualquier acero en servicio, es que presente cierta ductilidad. La ductilidad de un acero sometido a tracción es la capacidad para deformarse bajo carga sin

romperse, una vez superado el límite elástico. Esto trae, a su vez, asociada la resistencia que el material tendrá ante eventuales impactos. Un material dúctil tiene alta resistencia al impacto, esto significa que podrá ser repetidamente golpeado antes de romperse.

En resumen, una estructura dúctil cuando está próxima al colapso advierte de su situación, experimentando grandes deformaciones e importante fisuración. Si la estructura es frágil, el colapso se alcanza sin previo aviso, con pequeñas deformaciones y fisuración reducida.

Para una mejor comprensión, se muestra en las figuras siguientes la fractura de un material frágil y de un material dúctil.

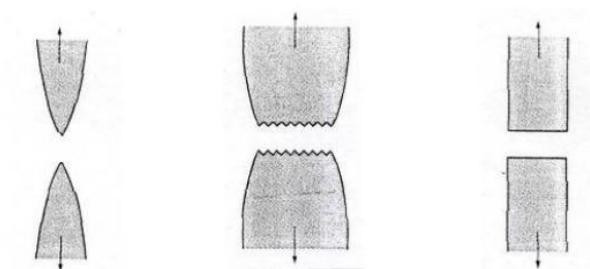
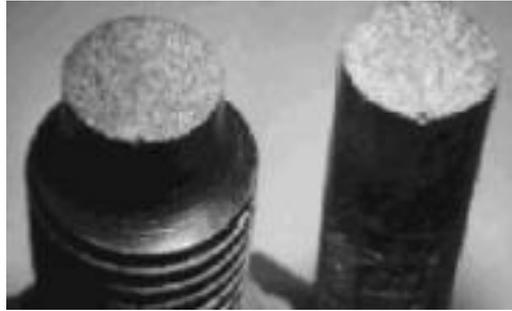


Figura 1. Esquema de la respuesta de una barra cilíndrica de metal a una fuerza de tracción de dirección opuesta a sus extremos. (a) Fractura frágil. (b) Fractura moderadamente dúctil. (c) Fractura totalmente dúctil.

Fuente: Callister, W. , "Ciencia e Ingeniería de los Materiales", 2007



Figura 2. Fractura dúctil. Se puede observar la deformación previa a la rotura (cono y copa).
Fuente: Elaboración propia



*Figura 1. Fractura frágil. La rotura se produce sin deformación.
Fuente: Cátedra Metalografía- Universidad Tecnológica de Pereira*

Ahora bien, se sabe que fragilidad y ductilidad son propiedades opuestas. Cuando una sube, la otra baja, por lo que se tiene una situación de compromiso. ¿Qué hacer entonces? Para algunos usos (por ejemplo, una herramienta de mecanizado) se prioriza la resistencia mecánica. En otros casos, se aplican diseños en la obtención de materiales que permitan tener la combinación más apta de fragilidad y ductilidad. Este último, es el caso de los Aceros Hadfield y Hardox que se utilizan en el equipo de estudio y que se explican a continuación.

4.5.1 Acero Hardox

El acero Hardox es un acero aleado, templado y revenido, que fusiona una excelente resistencia al desgaste, buena tolerancia al impacto y una gran aptitud de trabajo en el taller. Sus propiedades se deben a un análisis químico, cuidadosamente ajustado y un proceso productivo de alta precisión.

Típicamente, estos aceros tienen un contenido de carbono de alrededor del 0,35 % que le aporta una buena obtención de dureza al ser templado. También cuenta con otros aleantes, tales como el cromo y el molibdeno, que aseguran una excelente templabilidad (entendida como la penetración de la dureza hacia el interior de la pieza).

Si bien, estos elementos resultan imprescindibles para lograr las condiciones de resistencia mecánicas deseadas, en el acero Hardox se incorpora molibdeno. En acero aleado templado, se generan tensiones residuales que ponen en riesgo al material, produciéndole fragilización. Por lo tanto, para que pueda ser utilizable se realiza, con posterioridad al temple, un tratamiento conocido como revenido, para aliviar estas tensiones. Este tratamiento hace que el acero sea apto para el uso en servicio, pero disminuye sus condiciones de resistencia mecánica.

En el acero Hardox, por el contrario, el contenido de Mo es ajustado para que, en el revenido, ésta pérdida de resistencia sea mínima, debido a que se produce un “repunte” de la dureza, como se muestra en el gráfico siguiente.

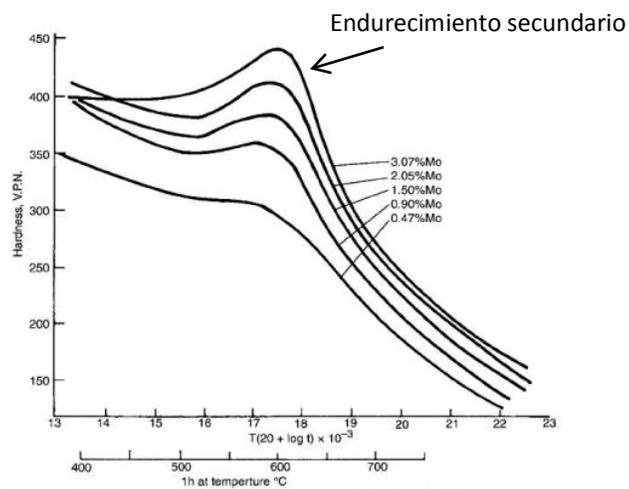


Figura 4. Curva de revenido para aceros aleados con molibdeno.

Por otra parte, el acero Hardox basa su performance, en un tamaño de grano muy fino. Microestructuralmente, se observa que este acero, presenta granos extremadamente finos, lo que le confiere una mejor resistencia mecánica, sin que pierda su tenacidad (Ley de Hall-Petch).

Un cuidadoso proceso de producción, le confiere una alta homogeneidad química y consecuentemente, la exhibición de propiedades también homogéneas cuando está en servicio,

por ejemplo, se tiene una muy baja dispersión en la dureza, proporcionando a los componentes fabricados con este material, una vida de servicio uniforme y mucho más extendida que otros aceros aleados.

Adicionalmente, este acero tiene buena capacidad para que se trabaje en taller, es decir, se puede perfilar y mecanizar con relativa facilidad. También se puede soldar con todos los métodos de soldeo convencionales, aplicando un precalentamiento moderado antes de efectuar el trabajo.

Todas estas condiciones, sumadas a que presenta una vida útil mayor, hasta en un 60%, que otros aceros aleados y que permite planificar el mantenimiento con mayor exactitud, hacen del acero Hardox una alternativa genuina para ser utilizado en condiciones de alto desgaste.

4.5.2 Acero Hadfield¹

El acero austenítico al manganeso fue desarrollado y patentado por Robert Hadfield, en Sheffield, Inglaterra, en 1883. Este acero presenta alta resistencia a la tracción, compresión, elevada tenacidad, elevada resistencia al desgaste y elevada resistencia al impacto.

Los aceros Hadfield tienen una composición nominal de 1.2% C y 12 a 14 % de Mn como elemento esencial. Las aleaciones comerciales usualmente varían en el rango de 1 a 1.45 % C y 11 a 14% Mn como lo establece la norma ASTM A128.

Es una aleación no magnética que sustenta sus características mecánicas en su

Se adopta el término "Hadfield" por ser este el nombre original dado a este tipo de acero y porque la normativa y otras documentaciones técnicas utilizan esta designación. No obstante, se aclara que hoy en día, debido al avance que va teniendo este material, muchos autores utilizan directamente la denominación de "Aceros Austeníticos al Manganeso", que resulta más adecuado para el estado actual de la materia.

composición química, adecuado tratamiento térmico y estructura austenítica.

La principal característica de este material es que, al ser sometido a temple no sufre la típica transformación martensítica propia de los aceros, sino que permanece en el mismo estado que tenía a la temperatura de tratamiento y por lo tanto queda en una situación que puede considerarse de inequilibrio, ya que el manganeso, que es el responsable de la retención de la austenita, continúa disuelto en esta microestructura. Al ser el material sometido a fuertes impactos durante el trabajo ya en servicio, se transforma a martensita y con ello tiene lugar el endurecimiento superficial en todas las zonas afectadas por la energía del impacto. Esto permite al material, adquirir una alta dureza superficial, conservando el núcleo tenaz. Este es un fenómeno similar al que se produce en el temple superficial, con la diferencia que la capa endurecida es de un espesor mucho mayor en el caso de los aceros Hadfield.

Se debe destacar el hecho de que esta capacidad del material de transformarse a una microestructura mucho más dura a medida que es impactado, permite que se adecúe su superficie a las exigencias a las que esté expuesto, haciéndolo entonces muy apto para condiciones de operación donde los componentes están sometidos a severas condiciones de impacto y abrasión.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM International 1998. *Standard Specification for Steel castings, Austenitic Manganese USA: American Society for Testing and Materials*. Designation A128/A128M-93
- Aggen, G et al.,1993, *ASM Handbook: Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*. 10th ed. Vol. 1. USA: ASM International Handbook Committee
- Callister, W., 2007, *“Ciencia e Ingeniería de los materiales”*, Barcelona, España, Editorial Reverté
- Vega,M. 2000, *“Aceros al desgaste-Algunos criterios para la elección del material de las herramientas utilizadas en operaciones de molienda y trituración”* - Memorias de trabajos de difusión científica y técnica, ISSN 1510-7450, Nº. 1, Universidad de Montevideo.
- Valencia Giraldo, 2012, A. *“El Acero Hadfield Revisitado”*, Revista Colombiana de Materiales- N.3. pp. 1 – 24.
- UNLP Facultad de Ingeniería, Estructura y Propiedades de las Aleaciones, Disponible en https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M0624/download.php?secc=0&id=M0624&id_i_nc=2731. Consultado el día 15/09/18.-
-