

Ensayos de dureza en planchas antiabrasivas

**Miguel Carrión Castilla - Director Comercial y de Operaciones
voestalpine High Performance Metals Del Perú S.A.**



Se ha hablado muy poco de este tema y - según nuestra experiencia y conocimientos - compartiremos algunas aclaraciones y experiencias.

Una de las pruebas más utilizadas, por su rapidez y practicidad, es la prueba de dureza. En el control de calidad, estas pruebas son muy comunes y normalmente se utilizan para calificar o descalificar una placa; sin embargo, es importante conocer algunos aspectos relevantes de la técnica de medición de la dureza para evitar errores en nuestras conclusiones.

EL ENSAYO DE DUREZA

La dureza es la resistencia de un material a la deformación plástica localizada; es la resistencia al rayado, a la abrasión o al corte. Además, es importante señalar que la dureza no es una propiedad del material, sino más bien una característica de la zona que se va a medir (en la medida en que sólo identifica y da información sobre un área o zona específica de la pieza), que, con un criterio técnico experimentado, puede relacionarse con características mecánicas. Existen varios tipos de ensayos de dureza portátiles en función del concepto en el que se basan. Los que normalmente se utilizan en el ensayo de placas de desgaste (plancha resistente a la abrasión) son los "ensayos de dureza por penetración" y los "ensayos de dureza dinámica", pero también los de impedancia de contacto por ultrasonidos (UCI), que explicaremos muy brevemente a continuación:

Pruebas de dureza por penetración:

El ensayo de dureza por penetración es un procedimiento que permite hallar un valor relacionado con la deformación plástica provocada por un elemento (indentador) en condiciones de carga constante. Cuanto menor sea la dureza del material, mayor deformación plástica tendrá tras la aplicación de una carga determinada. Los más comunes son los ensayos de dureza Rockwell, Brinell y Vickers. Estos ensayos son muy precisos y requieren una preparación adecuada de la superficie. Los durómetros estáticos tradicionales Brinell, Rockwell y Vickers suelen ser equipos fijos de gran tamaño. Las piezas deben llevarse a estos equipos fijos o, en el caso de piezas grandes, es necesario cortarlas en muestras especiales. Lamentablemente, no todas las piezas pueden someterse a un ensayo destructivo aceptable.

El método Rockwell portátil tiene un método de medición similar, hay varios tipos de equipos en el mercado que son muy versátiles y adecuados para medir las placas de desgaste in situ. Algunas referencias:

<https://www.screeningeagle.com/en/products/equotip-550-portable-rockwell>

<https://www.emcotest.com/en/products-services/hardness-testing-machines/portable-products/>

Ensayos de dureza dinámicos (conservación de la energía):

En cambio, el ensayo de dureza dinámico utiliza el principio de conservación de la energía. Se envía un pequeño martillo desde una posición determinada contra el metal (aunque este procedimiento también se utiliza en no metales) a una velocidad determinada. El martillo golpea el metal y, por reacción, vuelve con una velocidad que le permitiría alcanzar otra posición. La velocidad de retorno del martillo dependerá de la energía absorbida por el metal; normalmente queda una huella muy pequeña (deformación plástica) en el metal como resultado del impacto. Cuando el material es de menor dureza, la energía absorbida será mayor; cuando el metal es más duro, la energía absorbida es menor. Cuanto mayor sea la energía absorbida, menor será la velocidad de retorno y la posición final correspondiente.

Este método permite utilizar diferentes sondas de medición o dispositivos de impacto -peso del cuerpo, velocidad de impacto, radio de la bola del indentador y material- para diferentes tareas (existen muchos dispositivos diferentes en el mercado). Se mide según su propia escala de dureza Leeb.

El espesor y la masa de la muestra pueden afectar al resultado de la medición. Es importante señalar que, en general, estos procedimientos no se recomiendan para medir la dureza de capas o superficies, aunque hay algunos fabricantes de este tipo de equipos que ofrecen dispositivos especiales para medir, por ejemplo, capas cementadas, nuestra experiencia práctica no ha sido satisfactoria, por lo que no recomendamos utilizar este procedimiento si la zona endurecida tiene menos de 3 mm de espesor.

Los niveles de error de este equipo son superiores a los que se alcanzan con los procedimientos de penetración, por lo que se recomienda sólo para obtener información general sobre la dureza.

Método de impedancia de contacto ultrasónico (UCI)

Este dispositivo portátil, utiliza un indentador piramidal de diamante Vickers que se fuerza en la superficie de la muestra de ensayo. La frecuencia de la varilla aumenta a medida que el diamante penetra en la superficie hasta que se alcanza la carga máxima. A continuación, se mide este desplazamiento de frecuencia de la varilla. Los durómetros UCI con pequeñas sondas de carga permiten la medición en placas relativamente delgadas, sin embargo, el acabado de la superficie será crítico.

Las desventajas son que la prueba se hace en un punto muy pequeño, por lo que es necesario hacer varias pruebas en un área más grande para obtener una dureza media (incluso cuando la pieza tiene carburos, la dispersión de los resultados podría ser mayor, por lo general no es el caso en las placas de desgaste).

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORRECTA MEDICIÓN DE LA DUREZA DE LAS LÁMINAS ANTIABRASIVAS

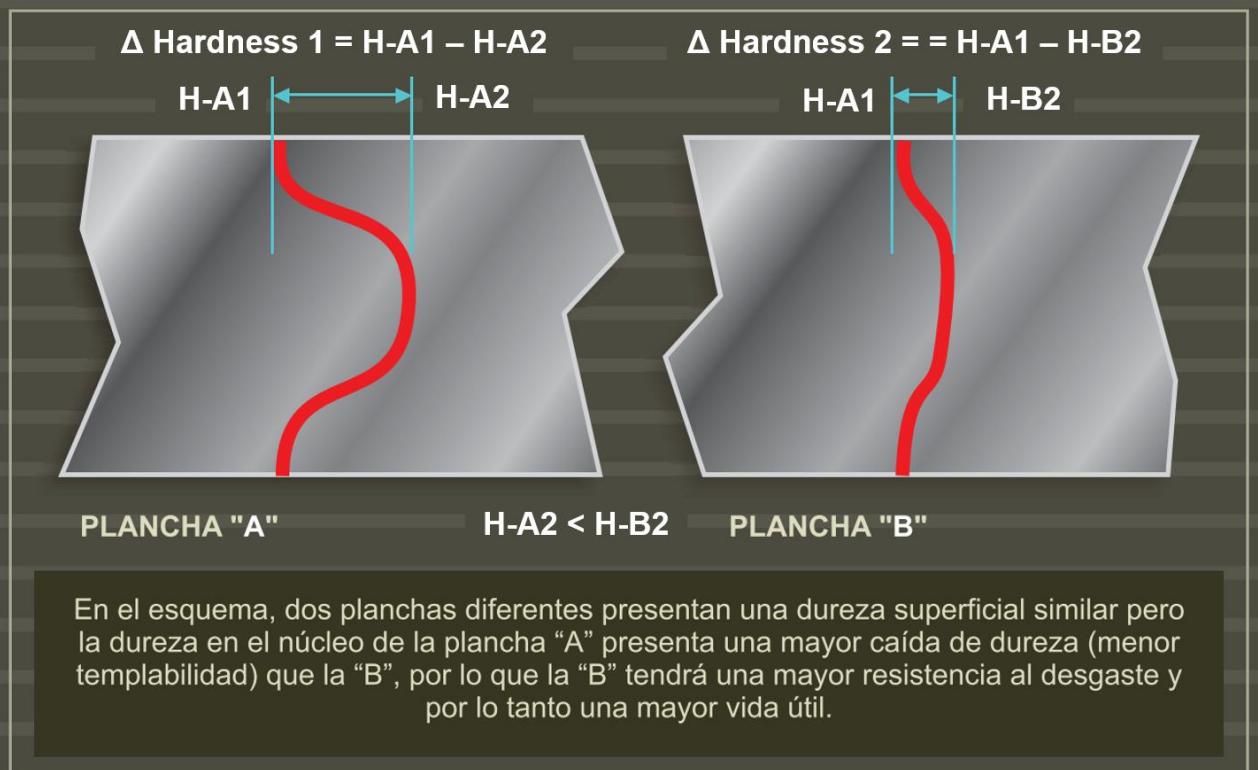
Algunos factores relevantes al realizar ensayos de medición de la dureza son:

Capa descarburada:

Las chapas antiabrasivas y las chapas de alta resistencia en general, debido a su proceso de fabricación, presentan una "cáscara" o zona rugosa. Esta zona es normalmente porosa y tiene bajas propiedades mecánicas, por lo que es necesario, antes de realizar una medición de dureza, preparar adecuadamente la superficie para eliminar esta capa y medir eficazmente la dureza de la chapa. La medición directa mediante procedimientos de dureza por indentación (Brinell o Rockwell) en la superficie de suministro de estas placas suele dar como resultado una dureza muy baja. También existe un efecto en los procedimientos de medición dinámica de la dureza, pero suele ser menos drástico.

También es importante tener en cuenta que las características de la capa descarburada no son totalmente homogéneas y pueden variar de un lado a otro de la placa, por lo que debe eliminarse adecuadamente de la zona que se va a ensayar.

Homogeneidad de Dureza (**Resistencia**) en la Sección



Homogeneidad de la dureza en toda la sección transversal:

Otro punto importante es la uniformidad de la dureza (y la resistencia al desgaste) en toda la sección de la placa. Normalmente, las chapas se alean de forma que se mantenga una muy buena homogeneidad en toda la sección y, con el aumento del espesor de la chapa, los fabricantes proporcionan una aleación más alta para garantizar esta buena homogeneidad.

Así pues, la homogeneidad de la dureza depende en gran medida de la composición química, el proceso y el control de calidad del laminador durante el proceso de fabricación del acero, laminación y tratamiento térmico.

Por supuesto, debido a diversos factores -como la aleación, el laminado, el tratamiento térmico, etc.- no es posible lograr una uniformidad perfecta. - lograr una uniformidad perfecta, pero normalmente la dureza no debe ser inferior a los márgenes ofrecidos en el volumen de suministro.

Es importante tener en cuenta que, independientemente de los ensayos de dureza estáticos o portátiles, estos métodos de ensayo no determinarán la dureza central en el material, ya que el valor de dureza correspondiente medido es alrededor de esa zona localizada. La única manera será cortar una sección transversal, preparar la muestra/superficie y medirla.

Apoyo adecuado:



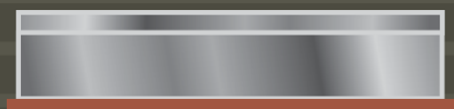
Portable
Rockwell ✓

Dynamic
Test ✗



Portable
Rockwell ✓

Dynamic
Test ✗ *



Portable
Rockwell ✓

Dynamic
Test ✓



Portable
Rockwell ✓

Dynamic
Test ✓

El posicionamiento sobre una base firme facilita una medición correcta con los equipos dinámicos. El equipo Rockwell portátil en todos los casos es más exacto pero el nivel de preparación y manipuleo del instrumento es más laborioso.

*Si existe mayor luz entre las planchas o un apilamiento mayor, el resultado con el durómetro dinámico no será correcto.

De la experiencia se desprende que los ensayos de dureza dinámica son sensibles a las variaciones de dureza hasta el núcleo (templabilidad), mientras que los ensayos de dureza por penetración (Brinell o Rockwell), sólo pueden dar información relacionada con los valores superficiales de la placa.

Por ejemplo, si usted tiene dos piezas, con la misma geometría y la misma dureza superficial (digamos con el procedimiento de dureza Rockwell) y un resultado diferente que el método Leeb, ¿qué significa?, podemos decir que la homogeneidad a través de la sección transversal es diferente, ¿verdad? A veces, para algunos análisis de falla, certificaciones y otras situaciones, es necesaria una alta precisión y fiabilidad de los resultados, en estos casos, recomendamos más pruebas y considerar la preparación de algunas muestras para verificar la homogeneidad de la dureza en toda la sección.

Uniformidad de la dureza superficial:

Aquí hay que tener en cuenta varias cosas. En primer lugar, la precisión del equipo, no es posible pretender uniformidad en las mediciones si se dispone de equipos con un error más elevado. Cada equipo tiene su nivel de incertidumbre y su porcentaje de error, es necesario conocerlo para interpretar correctamente los resultados. En este sentido, en general, los procedimientos de ensayo de dureza por penetración son mucho más precisos que los dinámicos.

Es importante también tener en cuenta que deben realizarse varias mediciones en la zona y promediarlas para obtener una medición correcta. Sugerimos consultar las normas ASTM correspondientes en cada caso.

Por otro lado, el acabado de la superficie es importante especialmente para los durómetros portátiles y los métodos de medición de microdureza, normalmente se requiere que las superficies paralelas estén limpias, libres de aceite, polvo o partículas que puedan conducir a un soporte inadecuado, también cualquier capa de óxido o capa descarburada de la muestra debe ser eliminada suficientemente ya que estas capas no reflejan la verdadera dureza del material. Además, la superficie medida debe ser plana y perpendicular al penetrador cuando éste penetra o impacta en la superficie, tanto para los durómetros de sobremesa como para los portátiles. Si la sonda de medición no es estable y no se asienta plana sobre la muestra, el valor medido se distorsionará.

En los equipos de sobremesa hay poco margen de error; sin embargo, en los equipos portátiles también hay que tener cuidado de que la placa o probeta esté adecuadamente apoyada. Especialmente en los ensayos de dureza dinámica, recuérdese que el principio se basa en la conservación de la energía y que un apoyo inadecuado de la placa podría generar una mayor absorción de energía por parte de la misma y, por tanto, obtener lecturas erróneas; así, deben evitarse los espacios libres bajo la placa a medir, más aún cuando ésta es muy delgada. La presencia de madera, soportes o incluso desniveles del suelo afectarán la medición.

En ocasiones, debido a la colocación de la placa (que puede estar ya montada en la cuchara o en algún otro elemento) no es posible apoyarla firmemente, sin embargo, hay que tener en cuenta que esta situación afecta a la medición.

Equivalentes de dureza:

Debe tenerse en cuenta que las tablas de conversión son para escalas de dureza comunes. Es relevante la exactitud de las fórmulas y tablas utilizadas en esta conversión.

Cada grupo de materiales tiene su propia tabla de conversión, por lo tanto, seleccionar el grupo de materiales adecuado es importante para los durómetros portátiles. Los instrumentos modernos, como el método de rebote de Leeb, disponen de tablas de conversión almacenadas que permiten la visualización automática en la escala de dureza común correspondiente, por ejemplo HRC o HB. Las tablas de conversión estándar figuran en ASTM E140 y DIN 50 150.

Zona de la plancha que influencia en la medición



Es importante tener en cuenta el procedimiento de medición. Aunque muchos aparatos modernos llevan incorporados sistemas de equivalencia entre diferentes escalas de dureza, debemos tener en cuenta que medir con otro procedimiento no nos da necesariamente el mismo valor. Por ejemplo: Supongamos que hemos preparado adecuadamente una placa, le hemos quitado la cáscara, tenemos un buen soporte y hemos comprobado, utilizando un moderno equipo dinámico, que la dureza Brinell de la placa de 26 mm de espesor es de 300 HB, con esto podríamos deducir que la placa tiene una dureza baja, muy por debajo de los 500 HB de media que suponíamos. Ahora, enviamos la probeta correspondiente a un laboratorio y nos envían un informe indicando que el material tiene 450 HBW, medido con un ensayo de dureza estática tradicional. ¿Qué ha ocurrido? ¿Cuál de los procedimientos es incorrecto?

Ambas son correctos, cuando se hace un estudio en la sección de la placa se descubre que en la parte del núcleo hay un descenso de la dureza del material (no tiene dureza homogénea en la sección), por lo que la medición de la dureza en Brinell (realizada en el laboratorio), medía la dureza superficial, mientras que el procedimiento con el equipo de dureza dinámica, se veía afectado por la menor dureza del núcleo; la dureza suministrada era la Brinell equivalente, pero el procedimiento de medición de la dureza no era Brinell, de ahí las diferencias.

Indentadores e instrumentos:

Sólo como precaución, no es aconsejable medir aceros antiabrasivos con indentadores de acero, ya que éstos están sujetos a deformación cuando se utilizan para medir durezas elevadas. En general, se recomienda utilizar varillas o martillos de carburo de tungsteno o penetradores de diamante, según proceda.

Los bloques de referencia que se utilizan para calibrar los durómetros Leeb o UCI deben estar fabricados con el mismo módulo de elasticidad. Por ejemplo, si el bloque de referencia o patrón está hecho de acero no aleado y la muestra está hecha de hierro gris, de este modo, se obtendrá una lectura falsa.

Además, si el bloque de referencia tiene una escala (ejemplo HRC) y muestra la salida en otra escala (ejemplo HB) también se pueden tener algunas inexactitudes de lectura, ya que se basará en la tabla de conversión y ecuaciones almacenadas en el dispositivo. También el rango seleccionado para el bloque patrón debe ser el adecuado para el nivel de dureza a medir.

CONCLUSIÓN

A la hora de ensayar la dureza de una placa antiabrasiva, hay que tener en cuenta los fundamentos del procedimiento a seleccionar y realizar la preparación adecuada de la placa teniendo en cuenta las consideraciones técnicas expuestas en este artículo, con el fin de llegar a valores fiables.