

5. Tópicos General de Planchas Recubiertas

GalvInfoNote

Medición de Dureza de Productos de Plancha de Acero Recubierta

5.1

Rev. 0 Jan-07

Introducción

“La dureza del material es un término mal definido, que tiene muchos significados dependiendo de la experiencia de la persona involucrada”.¹

En general, la dureza implica la resistencia a la deformación, y en la caso de metales, es una medida de la resistencia a la deformación plástica o permanente. Los metalúrgicos, incluyendo a los que trabajan en la industria de planchas de acero recubiertas, están preocupados por los mecanismos de los ensayos, y el espesor es tomado como una medida de la resistencia de la base de acero a hendiduras causadas por una muesca de geometría fija bajo carga estática. La acotación anterior a este párrafo alude el hecho (al contrario de lo que muchas personas creen) que la “dificultad de deformación no es una propiedad fundamental de un material”². Este es el caso, aunque se han desarrollado ensayos de correlación entre dureza y otras propiedades del material, como la resistencia a la tracción. Para un ingeniero de diseño, esa relación puede ser importante, porque la dureza puede significar una cantidad específica y fácil que indica la fuerza del material. Ciertamente, mucha información puede obtenerse de un ensayo de dureza, aunque necesita una evaluación inteligente de los resultados, empleando conocimiento de la composición y condición del acero cuando fue probado. También se debe entender los factores que influyen en la precisión del ensayo. Este artículo ofrece una ayuda para la uso de los valores de dureza a medida que se relacionan con las especificaciones del acero recubierto, y su idoneidad para un determinado uso final.

Utilidad del Ensayo de Dureza

Proceso de Control e Inspección – Muchos procesos por los que atraviesa el acero, como el tratamiento térmico y trabajo en frío, resultan en cambios en su dureza. El ensayo de dureza es un excelente método de monitoreo rápido y no destructivo para poder ayudar en la proceso de control. La especificación de los límites para la dureza son establecidos en los procesos claves de transformación del producto, y se llevan a cabo ensayos periódicas para garantizar que la producto del proceso se encuentre entre los límites. Estos ensayos pueden hacerse rápidamente, permitiendo una confirmación rápida de que el proceso está bajo control, por ejemplo, que una línea de galvanización consiga un grado adecuado de recocido en la base de acero. Los límites de control de dureza aplicados en dicho proceso son desarrollados para cada producto y línea de un recubrimiento determinado y no necesariamente son tomados de la industria de un producto específico. De hecho, estos pueden no ser representativos de la dureza del producto cuando este es finalmente consumido, ya que con el tiempo, algunos aceros “endurecen con la edad”. El endurecimiento con la edad es un fenómeno natural en muchos aceros de bajo carbono, y mientras un ensayo de dureza en acero antiguo puede mostrar un valor más alto, el acero puede estar aún apto para su uso final.

Otras propiedades de la dureza estimada de planchas recubiertas Si bien es posible usar la dureza para estimar la fuerza de tensión aproximada del acero de bajo carbono tratado en caliente, un ensayo de dureza no es un sustituto de un ensayo de resistencia a tracción. En la industria de producción de planchas recubiertas, el ensayo de dureza es usada mayormente como una verificación de que los procesos que alteran las propiedades del acero están entre los límites de control. Para muchos de estos productos, es necesario verificar su idoneidad para el uso final, empleando ensayos de tracción y de conformado más complejas y de mayor tiempo. El ensayo de dureza por si sola no puede brindar información confiable sobre el comportamiento del acero durante el conformado. Este puede distinguir fácilmente entre totalmente duro, ½ duro, ¼ duro, y acero completamente recocido. Además, puede percibir la diferencia entre grados comerciales y de estiramiento de la plancha recocida, pero no brinda información confiable sobre las propiedades de la

capacidad de alargamiento y de estiramiento de estos grados. Para las piezas de acero con tratamientos térmicos de alto contenido de carbono y/o aleación, el ensayo de dureza es un control de calidad muy confiable que puede discernir entre pequeñas diferencias de la dureza³. Para planchas de acero recocidas y bajo contenido de carbono, se trata de una ensayo “en la béisbol”, que en los casos en que la conformabilidad es crítica, debe ser respaldada por ensayos mecánicas más amplias, ya que una pequeña diferencia puede ser o no ser significativa. La dureza del acero con tratamientos térmicos de alto contenido de carbono y/o con aleación, ha sido relacionada con su resistencia a la tracción, pero es importante que las tablas de conversión publicadas (disponibles para proveedores de equipos - ver referencia 2) no muestren una resistencia a la tracción aproximada para valores de dureza menores que, Rockwell B 72. Debajo de este valor de dureza, la relación se considera inexacta.

Tipos de Ensayos de Dureza

Si bien hay tres métodos generales de ensayos de dureza (dureza cero, hendidura de dureza y rebote o dureza dinámica), el ensayo de hendidura de dureza es la única utilizada en productos de acero, para todos los efectos. Hay muchos métodos de hendidura de dureza. Los más comunes son: La ensayo de dureza Brinell, la ensayo de dureza Rockwell, el ensayo de dureza Vickers y el ensayo de micro dureza. Para la mayoría de productos de acero, se usa el ensayo Rockwell. Esta tiene una serie de escalas capaces de cubrir el rango de dureza encontrado en los productos de acero. Este artículo trata sólo del ensayo de dureza Rockwell, enfocándose en las escalas usadas en las planchas de acero recocidas.

El Ensayo de Dureza Rockwell para Planchas de Acero

Este ensayo de dureza es la más aceptada mundialmente, no solo para el acero, sino también para otros metales. Es un ensayo muy rápido, toma solo de 5 a 10 segundos y se puede usar en una plancha tan delgada como de 0.15 mm. [0.006 in]. Un ensayo Rockwell se basa en medir la profundidad de penetración de un indentador, con el resultado mostrado directamente en un marcador dial o una pantalla digital. Específicamente, mide la profundidad adicional en la cual una esfera de carburo o un penetrador de diamante, es forzado en el material por una carga pesada (mayor), mas allá de la profundidad aplicada anteriormente por una carga ligera (menor)⁴. Los números Rockwell altos representan al acero duro y los bajos, al acero suave.

Existen dos tipos principales de ensayos Rockwell – Regular y Superficial. Si bien hay más de 30 escalas de dureza Rockwell diferentes entre estas dos categorías, para las planchas de acero solo son adecuadas 3 o 4. Estas son, la escala Rockwell Regular B y las escalas Rockwell Superficiales 45T, 30T y 15T.

- El ensayo Rockwell B usa una esfera de 1/16”, una carga menos de 10 kgf (fuerza en kilogramos), y una carga menor de kgf.
- La ensayo Rockwell Superficial 45T usa una esfera de 1/16” , una carga menor de 3 kgf, y una carga mayor de 45 kgf
- La ensayo Rockwell Superficial 30T usa una esfera de 1/16” , una carga menor de 3 kgf, y una carga mayor de 30 kgf
- La ensayo Rockwell Superficial 15T usa una esfera de 1/16” , una carga menor de 3 kgf, y una carga mayor de 15 kgf

A partir de esto, es obvio que las últimas escalas podría penetrar menos acero, por eso se usan en planchas más delgadas. La escala 45T se usa algunas veces en una plancha de acero mas gruesa como una alternativa a la escala B.

Para comprender completamente porque se requieren usar las 4 escalas, es necesario entender qué sucede durante una penetración de ensayo de dureza. El material alrededor de una hendidura Rockwell es “trabajado en frío”, lo que significa que esta permanentemente deformado. Si bien, el grado de trabajo en frío depende del material y el previo endurecimiento del acero, las investigaciones han encontrado que el espesor del acero afectada 10 veces la profundidad de la hendidura. Por eso, si el espesor de la plancha es 10 veces menor que la profundidad de la hendidura, no se puede esperar un resultado de dureza exacto, porque el yunque de apoyo puede afectar el resultado. Por otro lado, siempre es conveniente usar la carga más pesada posible para

producir una hendidura más larga que pruebe más del material, haciendo el resultado más exacto y representativo. Escoger la escala correcta para el material, involucra un intercambio cuidadoso. Es recomendable hacer referencia a la especificación ASTM E 18 *Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials* (disponible en www.astm.org) para procedimientos detallados de como elegir la escala adecuada.

De lo anterior se entiende que el ensayo Rockwell B es usado en planchas de acero gruesas. En la mayoría de casos, de 1 mm [0.040pulgadas] y por encima, se usa este ensayo, aunque la escala 45T es otra opción. Para los valores por debajo de este espesor, se puede usar la escala B a valores debajo de 0.66 mm [0.026 pulgadas] si el acero es suficientemente duro. Debajo de 0.66 mm se utiliza la escala Rockwell 30T, a 0.36 mm [0.014 pulgadas] dependiendo de la dureza. Debajo de este espesor, se usa la escala Rockwell 15T, y es requerido para acero suave de 0.41 mm [0.016 pulgadas] y más delgado. Referir a la especificación ASTM E 18 para obtener puntos de ruptura exactos entre las escalas como una función de dureza de la plancha. Para verificar visualmente si una plancha es muy delgada para una escala determinada, examine la pieza de ensayo directamente debajo de la hendidura, para determinar si es la metal esta alterado o si existe un bulto. Si este es el caso, entonces la plancha no es lo suficientemente gruesa para usar la carga. El "efecto yunque" esta presente y se debe usar la siguiente escala mas baja. No es adecuado probar múltiples espesores de la plancha para evitar el efecto yunque.

Para planchas de acero recocidas es normal convertir las medidas obtenidas usando Escalas Superficiales a las Escala Rockwell B. Si bien, es mejor si los resultados Rockwell son informados en la misma escala que se uso en el ensayo, la conversión de los resultados a la escala B ayuda a evitar confusión, aunque existe el riesgo de perder algo de precisión en el proceso de conversión. Para las planchas de acero, la tabla de conversión usada se debe basar en la Tabla 2 de la norma ASTM E 140.

Adicionalmente a elegir la escala adecuada para evitar el efecto yunque, es importante que otras precauciones simples sean tomadas en cuenta, para asegurar resultados útiles y reproducibles^{5,6}. Estos son:

- El indentador y el yunque deben estar limpios y bien colocados.
- La superficie a ensayo debe esta limpia, seca, suave y libre de óxido.
- La superficie debe ser plana y perpendicular al hendedor.
- Es importante para la precisión, que la muestra de ensayo de mantenga segura y la pieza de ensayo este centrada sobre el yunque. Es más fácil realizar esto si la tamaño de la muestra no es muy larga, por ejemplo, 100 x 100 mm [4 x 4 pulgadas] máximo.
- Si se usa un yunque de diamante, augurarse que no este quebrado.
- Si se usa un yunque de acero, asegurarse que no tenga hendiduras.

La definición de lo que compone un resultado de dureza varia en toda la industria. Algunos procedimientos de laboratorio requieren 5 lecturas individuales por cada ensayo, con el alta y baja descartadas, y el promedio de las 3 restantes para obtener un resultado final. En cualquier caso, la mayoría de procedimientos de ensayos evita depender de una sola lectura.

El Ensayo Rockwell y las Especificaciones ASTM sobre Planchas Recubiertas

Por más que el ensayo de dureza se utilice para controlar la producción de la plancha de acero, no es posible ordenar la plancha recubierta en especificaciones ASTM usando rangos de dureza. Muchos grados de plancha recubierta son vendidos sobre la base de propiedades mecánicas especificadas, o la garantía de poder ser fabricada en una pieza especificada. Al ser vendida las especificaciones de propiedades mecánicas, es necesario usar medidas fundamentales como el comportamiento/resistencia a la tracción o alargamiento. Garantizar que esta dentro de cierto rango de propiedades no fundamentales como la dureza, significaría que dicho rango seria muy amplio para ser significativo. También podría existir el riesgo de hacer un producto que no se fabricaría en el uso final.

Por otro lado, intentar hacer un producto en un rango de dureza Rockwell demasiado restringido, corre la riesgo de rechazar innecesariamente material que podría ser formado en la uso final sin dificultad.

Con recubrimiento contra sin recubrimiento - dado que las especificaciones ASTM para planchas recubiertas no hablan sobre los valores de la dureza, no brindan información si los ensayos se pueden realizar con o sin recubrimiento. **Esa práctica usual en la producción de planchas recubiertas que se retiren algunas milésimas de pulgada (milla) en el recubrimiento metálico antes de la ensayo de dureza.** Como es el sustrato de acero la que rige las propiedades mecánicas de la plancha, es el sustrato de acero el que debe ser medido directamente. Algunos laboratorios ensayan la dureza con el recubrimiento puesto, por cuestión de tiempo o porque no cuentan con los medios para retirar adecuadamente el recubrimiento metálico. Realizar el ensayo de esta forma, afecta el resultado, aunque no se ha cuantificado el grado. Probar la dureza con el recubrimiento puesto es menos confiable - más aun si el recubrimiento es más pesado.

Resumen

El ensayo de dureza Rockwell es una herramienta rápida y útil en la industria de metales. En aceros endurecidos, esta puede discernir fácilmente y sin destrucción, pequeñas diferencias en las propiedades. En la industria de planchas de acero recocidas con bajo contenido de carbono, el ensayo es usado en el control de producción y clasificación entre las distintas clases de dureza de la plancha. Sin embargo, las especificaciones ASTM para planchas recubiertas, no contienen rangos límites de dureza, por la simple razón que no es una propiedad fundamental, y no puede ser usada con seguridad para predecir el comportamiento de productos recocidos en operaciones de conformado.

Referencias:

- 1) Dieter, Jr, George E., *Mechanica Metalurgy*, McGraw-Hill, New York, 1961, p. 282.
- 2) Wilson Instruments, *Fundamentals of Rockwell Hardness Testing*, WB1226, www.wilsoninstruments.com
- 3) Dieter, Op. Cit. p. 290.
- 4) Wilson Instruments, Op. Cit. p. 7
- 5) American Society for Metals, *Metals Handbook*, 1948, pp. 93-105.
- 6) McGhee, Douglas B., *Common Problems in Rockwell Hardness Testing*, Heat Treating Progress, May/June, 2004.

Copyright© 2007 – ILZRO

Renuncia de responsabilidad:

Los artículos, reportes de investigación y datos técnicos se proveen únicamente con fines informativos. Aunque quienes los publican intentan proveer información precisa y actual, la Organización Internacional de Investigación del Zinc y el Plomo no garantiza los resultados de la investigación o información reportada en esta comunicación y renuncia a cualquier responsabilidad por daños que surjan de confiar en los resultados de las investigaciones u otra información contenida en esta comunicación, incluyendo, sin limitación, daños incidentales o consecuencias.