

LA MEDICIÓN DEL NÚMERO DE DUREZA Y LA EVALUACIÓN DE PROPIEDADES ELÁSTICAS (MÉTODO MARTENS): NUEVAS CAPACIDADES EN EL LABORATORIO DE METROLOGÍA EN DUREZA DEL CENAM

Alfredo Esparza Ramírez, Fernando Martínez Mera
Centro Nacional de Metrología
aesparza@cenam.mx; fermarti@cenam.mx;

Resumen: Se presenta un método novedoso de medición del número de dureza (Método Martens) y las diferencias que se tiene con los métodos tradicionales. Mediante éste método es posible estimar las características elásticas del material bajo prueba y su aplicación no solo abarca la gama de materiales metálicos sino que puede ser aplicado para cualquier material sólido que se tenga y para determinar su comportamiento elástico y no elástico del mismo. El método Martens se ha implementado en el laboratorio de dureza del CENAM y se presentan los primeros resultados en materiales metálicos y no metálicos.

1. INTRODUCCIÓN

Las pruebas de dureza juegan un papel importante en la determinación de las características técnicas e industriales de los materiales metálicos y es frecuente que los resultados obtenidos sirvan como base para la aceptación o rechazo de productos o subproductos.

El término dureza no se ha podido definir en términos de alguna propiedad específica del material; sin embargo, su medición y conocimiento son indispensables y de uso común en la industria.

Es difícil definir el concepto de “dureza”, aunque como una primera aproximación puede decirse que: es la combinación de las diversas características de la deformación local, concentrada en un pequeño volumen de su superficie exterior, o simplemente como la resistencia que opone un material al tratar de ser deformado por otro. Lo anterior, no define claramente la utilidad del conocimiento de la dureza de un material, puesto que no corresponde a ninguna propiedad fundamental de la materia.

La dureza no es una propiedad fundamental, sino que está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas de un material, la cual es el resultado del tratamiento térmico o el trabajo efectuado en el material.

2. MÉTODOS CONVENCIONALES PARA LA MEDICIÓN DE DUREZA

Los métodos utilizados en la práctica industrial los métodos por deformación permanente y que son los mayor precisión además que están normalizados. Estos métodos son: Brinell, Rockwell, Vickers y Knoop. (ISO 6506, ISO 6508, ISO 6507)

De los métodos citados anteriormente, el método más popular en la industria, es el método Rockwell y consiste en introducir un penetrador (cono de diamante o bola de acero endurecido), sobre la pieza de trabajo, mediante la aplicación sucesiva de dos cargas según las condiciones específicas de la prueba que se esté realizando y medir la deformación o profundidad de la huella dejada por el penetrador. A partir de esta deformación se calcula el número de dureza Rockwell como:

$$HR = N - \frac{h}{0,002} \quad (1)$$

donde:

h: es la profundidad de la huella
N = 100 para penetrador de diamante

Este método presenta “ventajas” sobre otros métodos (Brinell, Vickers, Knoop), como: la lectura del valor de dureza es directa, por lo que no se requieren mediciones ni cálculos adicionales para obtener el número de dureza; además el volumen de la máquina es considerablemente menor que las utilizadas por otros métodos de dureza para metales. De lo anterior podemos decir que esta prueba es relativamente más rápida y directa para la medición del número de dureza.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA PARA LA MEDICIÓN DE DUREZA

Aún no existe una relación matemática para la definición de dureza, primero porque no se cuenta con un modelo matemático único que represente el fenómeno de penetración, segundo porque los métodos convencionales de medición de dureza han sido pruebas que se han realizado por convención sin ningún fundamento teórico y tercero porque no existe

un método universal y por ende un sistema de medición para su cuantificación, que relacione la prueba de dureza con algún modelo matemático.

4. MODELOS ELÁSTICO Y ELASTO-PLÁSTICO DE LA PRUEBA DE DUREZA

El Modelo Elástico presenta a los materiales bajo prueba, como lineales elásticos y los penetradores como cuerpos rígidos. Por lo que toda la deformación generada por los penetradores es de forma elástica, por lo que la teoría de la elasticidad aplica.

Otro modelo utilizado es el elasto-plástico (Fig. 1), el cual considera una penetración utilizando esfuerzo plano en un sólido elástico y perfectamente plástico mediante un penetrador rígido.

Un análisis exacto de la prueba de penetración de sólidos elásticos y perfectamente plásticos, aún en dos dimensiones, no ha sido establecido debido a la complejidad de las deformaciones producidas por el proceso de penetración.

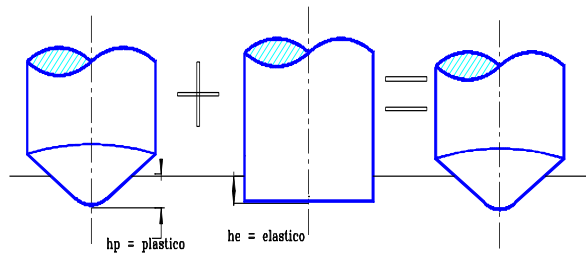


Fig. 1. Modelo elasto-plástico.

5. RESULTADOS

La información resultante en una prueba convencional (por ejemplo: el método Rockwell) es únicamente un número al cual se le relaciona como el resultado de la aplicación de una fuerza a través de un penetrador con geometría determinada durante un ciclo de prueba especificado por una determinada norma. Este valor es utilizado solamente como un valor pasa-no-pasa sin mayor importancia para la parte de diseño o algún proceso subsecuente que no sea el de aceptar o rechazar lo que se está midiendo. Por ejemplo si aplicamos una fuerza de 588.4 N con un penetrador cónico de punta esférica de 120° y 0,200 mm de radio durante un ciclo de prueba el resultado podría ser: **54 HRA**; lo que, únicamente nos relaciona un número con respecto a un método y una escala.

En cambio, el método Martens nos da la posibilidad de registrar la aplicación de la fuerza y la deformación

durante todo el desarrollo de la prueba y se obtiene una gráfica como la mostrada en la figura 2. La importancia de la información que se tiene es que es posible determinar lo siguiente:

- Deformación plástica (hr)
- Deformación elástica (hr')
- Energía necesaria para deformar plástica y elásticamente el material. (Wt)
- Esfuerzo bajo carga constante ("creep")

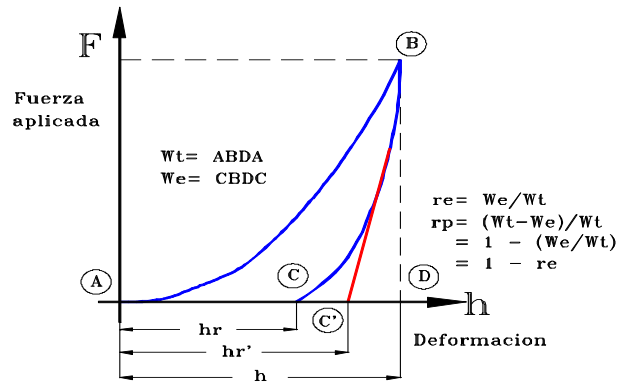


Fig. 2 Principio de medición método Martens.

6. DISCUSIÓN

La información que se tiene por el método Martens no es sólo un número de un método empírico, sino que nos permite obtener información de la plasticidad y elasticidad del material bajo una fuerza aplicada y en el caso de que se mantenga la fuerza aplicada durante un lapso de tiempo de forma constante, se podrá evaluar el efecto de fluencia ("creep"). En la figura 3 se muestra un resultado típico de la prueba de dureza por el método Martens.

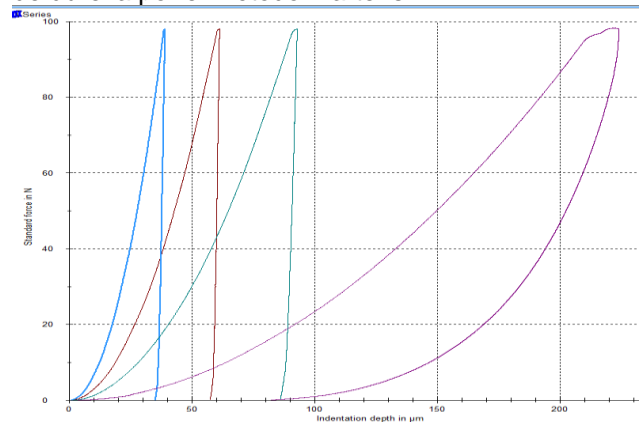


Fig. 3. Resultados de la prueba de dureza método Martens, en acero, bronce, aluminio y Nylamid.