

MECÁNICA DE SÓLIDOS

(PRÁCTICAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES EN EL SENA)

Ingeniero Metalúrgico:

UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

SENA

BOGOTA II SEMESTRE DEL 2002

Introducción

El ensayo de dureza es, juntamente con el de tracción (Para mayor información sobre ensayos a tracción, la encontrara en el marco teórico), uno de los más empleados en la selección y control de calidad de los metales. Intrínsecamente la dureza es una condición de la superficie del material y no representa ninguna propiedad fundamental de la materia. Se evalúa convencionalmente por tres procedimientos. El más usado en metales es la resistencia a la penetración de una herramienta de determinada geometría.

El ensayo de dureza es simple, de alto rendimiento ya que no destruye la muestra y particularmente útil para evaluar propiedades de los diferentes componentes micro estructurales del material.

Los métodos existentes para la medición de la dureza se distinguen básicamente por la forma de la herramienta empleada (penetrador), por las condiciones de aplicación de la carga y por la propia forma de calcular (definir) la dureza. La elección del método para determinar la dureza depende de factores tales como tipo, dimensiones de la muestra y espesor de la misma.

1.- Dureza Brinell

En el ensayo de dureza Brinell una bola penetradora de cierto diámetro D , es presionada a la superficie de la pieza de prueba, usando una presión pre-estipulada F , y el diámetro de la penetración en el material (d) es medida después que la fuerza ha sido removida. El tiempo de la aplicación inicial de la fuerza varia de 2 a 8 segundos, y el ensayo de fuerza es mantenido por 10 a 15 segundos

El número de la dureza Brinell se obtiene de dividir la fuerza del Test por el área del casquete esférico grabado por el penetrador y el diámetro de la huella impresa en la pieza de prueba. *Hay una mayor ampliación en este método en la página 6 del marco teórico.*

2.- Dureza Vickers

Este método es muy difundido ya que permite medir dureza en prácticamente todos los materiales metálicos independientemente del estado en que se encuentren y de su espesor.

El procedimiento emplea un penetrador de diamante en forma de pirámide de base cuadrada. Tal penetrador es aplicado perpendicularmente a la superficie cuya dureza se desea medir, bajo la acción de una carga P . Esta

carga es mantenida durante un cierto tiempo, después del cual es retirada y medida las diagonales del rombo de la impresión que quedó sobre la superficie de la muestra. Con este valor y utilizando tablas apropiadas se puede obtener la dureza Vickers, que es caracterizada por **HV** y definida como la relación entre la carga aplicada (expresada en Kg·f) y el área de la superficie lateral de la impresión. *Hay una mayor ampliación en este método en la página 10 del marco teórico.*

3.- Dureza Rockwell

La medición de dureza por el método Rockwell ganó amplia aceptación en razón de la facilidad de realización y el pequeño tamaño de la impresión producida durante el ensayo.

El método se basa en la medición de la profundidad de penetración de una determinada herramienta bajo la acción de una carga prefijada.

El número de dureza Rockwell (**HR**) se mide en unidades convencionales y es igual al tamaño de la penetración sobre cargas determinadas. El método puede utilizar diferentes penetradores siendo éstos esferas de acero templado de diferentes diámetros o conos de diamante. Una determinada combinación constituye una "escala de medición", caracterizada como **A, B, C**, etc. y siendo la dureza un número arbitrario será necesario indicar en que escala fue obtenida (**HRA, HRB, HRC**, etc.).

(El proceso de medición con penetrador de diamante es utilizado para materiales duros, como por ejemplo los templados)

La carga total **P** es aplicada sobre el penetrador en dos etapas: una previa **P0** y una posterior **P1** tal que:

$$P = P0 + P1$$

Inicialmente el cono penetra en la superficie una cantidad **h0** sobre la acción de la carga **P0** que se mantendrá hasta el fin del ensayo. Esta penetración inicial permite eliminar la influencia de las condiciones superficiales.

A continuación se aplica la carga **P1** y la penetración se acentúa. Finalmente la carga **PF** es retirada y la profundidad **h** restante (solamente actúa **P0**) determina el número de dureza **HR**. La escala de los instrumentos de lectura empleados en las máquinas está invertida para permitir una lectura directa.

En los certificados de calidad es común utilizar la escala **HRB** donde el cono de diamante es reemplazado por una esfera de 1/16" y la carga **P1** vale 100 Kg·f.

En casos de materiales muy finos donde la carga de 100 Kg·f es muy elevada, pudiendo inclusive perforar la muestra, es utilizada la escala Vickers con una carga de 10 Kg·f y luego efectuada la transformación a la escala **HRB** utilizando tablas de conversión adecuadas. *Hay una mayor ampliación en este método en la página 7 del marco teórico.*

Para esta práctica efectuada en el SENA, además de las pruebas de tracción y dureza, también hicimos ensayos de impacto y compresión. Los materiales usados en los ensayos fueron metales como Acero, Aluminio y Latón. Las descripciones pertinentes teóricas de las pruebas efectuadas en la práctica se pueden encontrar en el marco teórico, y en el desarrollo de la práctica se dan a conocer los parámetros en los cuales estas pruebas fueron efectuadas.

OBJETIVOS

- Comprobar prácticamente los teoremas y aplicaciones estudiadas teóricamente en clases.
- Aprender a manejar la instrumentación para realizar los ensayos mencionados.

- Observar el comportamiento bajo las distintas circunstancias de carga aplicadas.
- Determinar los tipos de materiales empleados en los diferentes ensayos de la práctica.
- Conocer los tipos de probetas normalizadas para estos tipos de ensayos.

MARCO TEÓRICO

ENSAYO DE DUREZA BRINELL (HB)

Es un ensayo mecánico propuesto por el sueco J.A. Brinell en 1900. Es el ensayo de dureza más ordinario. Consiste en una prensa hidráulica de operación manual diseñada para imprimir un indentador sobre la superficie de la probeta analizada; la presión se mide por un manómetro y se aplica por medio de una bomba de aceite, la pieza de ensayo se coloca en soporte que puede subir o bajar mediante un tornillo.

Se fuerza un indentador de balín de acero templado o de carburo de tungsteno de un diámetro adecuado a la dureza del material contra la probeta, con una fuerza adecuada igualmente a la dureza del material. El tiempo de aplicación de la fuerza varía entre 10–30 seg. Dependiendo de la aleación examinada; después se quita la carga y se mide el diámetro de la impresión en la probeta con un microscopio o lente especial con un rastreador láser para lectura automática.

El valor así obtenido, aplicado a la fórmula Brinell o con el uso del grado de dureza. El número de dureza Brinell se define como la fuerza aplicada dividida por la superficie de contacto entre el indentador y la probeta después de haberse retirado el indentador.

Para hallar el grado de dureza Brinell, se emplea la siguiente fórmula:

$$HB = F / ACE$$

En donde:

- HB : Grado de dureza Brinell
- F : Fuerza aplicada al material en el ensayo
- ACE : Área del casquete esférico

$$ACE = \left(\frac{\pi}{2} \right) D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

En donde:

- D : Diámetro de la bola de acero
- d : Diámetro de la huella

Por lo que la fórmula completa para la dureza Brinell queda:

$$HB = F / \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right) \right]$$

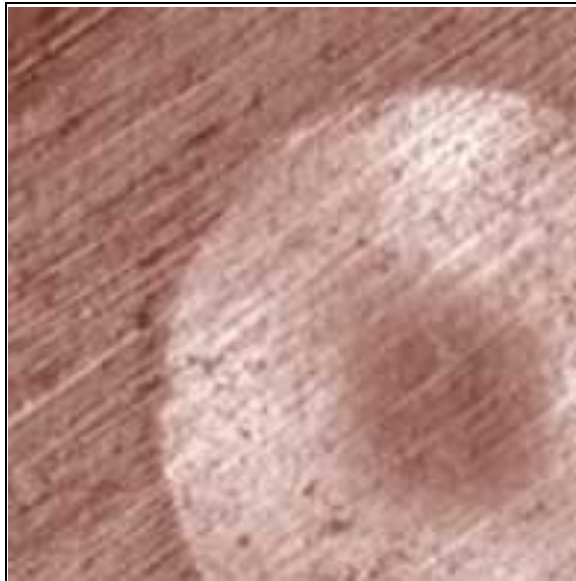


Figura 1

Arriba: Huella dejada en el material de prueba en un ensayo Brinell

Derecha: Tipos de puntas normalizadas para ensayos Brinell

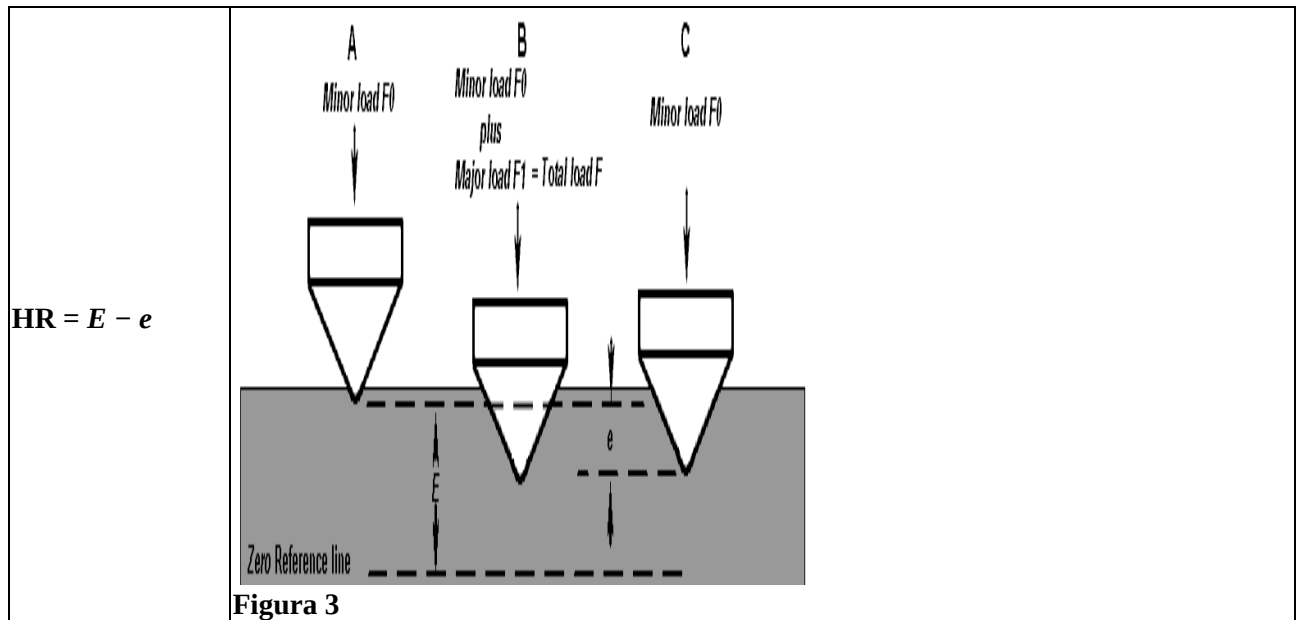
Figura 2

En el apéndice encontrara la tabla de grados de dureza Brinell

ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL (HR)

Se aplica a materiales más duros que la escala Brinell. En este ensayo se usan penetradores de carburo de tungsteno como bolas de 1/16 de pulgada, 1/8, 1/4 y 1/2 de pulgada, este ultimo para materiales más blandos y en cono de diamante cuyo ángulo en la base es de 120°.

En el test Rockwell el penetrador es forzado contra el material con una fuerza preliminar menor llamada F_0 (Figura 4A) usualmente de 10Kpondios. Cuando el equilibrio ha sido alcanzado, un dispositivo indicador, que sigue los movimientos del penetrador y también responde a los cambios en la profundidad de la penetración del indentador, esta establecido a una posición establecida. Cuando la carga menor preliminar es todavía aplicada, una carga mayor es aplicada resultando en un incremento en la penetración (Fig. 4B) Cuando el equilibrio es de nuevo alcanzado, la fuerza adicional se quita, pero la fuerza preliminar es todavía mantenida. El removimiento de la fuerza adicional mayor crea un recubrimiento parcial, que reduce la profundidad de la penetración (Fig. 4C). El incremento permanente en la penetración resulta de la aplicación y removimiento de la fuerza mayor adicional usada para calcular el grado de dureza Rockwell:



De donde de la figura y ecuación anterior:

- $F0$: Fuerza menor preliminar
- $F1$: Fuerza mayor adicional
- F : Fuerza total
- e : Incremento permanente en la profundidad de la penetración debido a la mayor fuerza $F1$, medida en unidades de 0.002 mm
- E : Una variable dependiente de la forma del indentador: 100 unidades para el indentador de diamante, 130 unidades para la bola de acero
- HR : Numero de dureza Rockwell
- D : Diametro de la bola de acero

Aplicación típica de las escalas de dureza Rockwell

HRA. . . Los carburos consolidados, acero delgado y en rara ocasión acero endurecido

HRB. . . Las aleaciones cobrizas, los aceros suaves, aleaciones de aluminio, hierros maleables, etc, HRC. . . Acero, hierro colado duro, casos de acero endurecido y otros materiales más duro que 100 HRB HRD. . . Acero delgado, acero endurecido medio y hierro maleable perlítico HRE. . . Hierro colado, aluminio y aleaciones de magnesio , metales productivos HRF. . . Aleaciones cobrizas templadas, Suaves laminas delgadas Metalicas HRG. . . Bronce-Fósforo, berilio cobrizo, hierro maleable HRH. . . Aluminio, cinc, la priman, HRK. . . } HRL. . . } HRM. . . } . . . Los metales productivos suaves, plásticos y otros materiales muy suaves HRP. . . } HRR. . . } HRS. . . } HRV. . . }

Ver la tabla de dureza Rockwell en el apéndice Pág. 28

Las ventajas del método de dureza Rockwell incluye la lectura del número de dureza Rockwell directo y el rápido tiempo en el ensayo. Las desventajas incluyen muchas escalas arbitrarias no relacionadas y los posibles efectos de el yunque de apoyo de espécimen (<i>¡trate poniendo un cigarrillo debajo de un bloque de una probeta y note el efecto en la lectura de dureza! El método Brinell y Vickers nos sufren de este efecto</i>).	
--	--

Figura 5: *Durómetro universal*

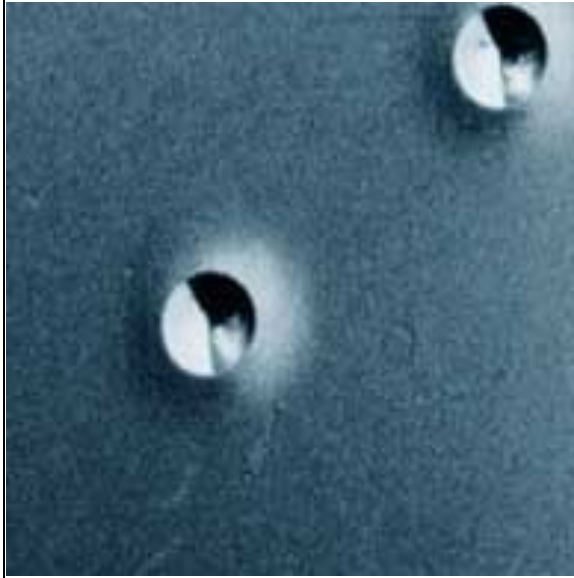


Figura 4: *Huella en material sometido a. ensayo Rockwell*



ENSAYO DE DUREZA VICKERS

Llamado el ensayo universal. Sus cargas van de 5 a 125 kilogramos (de cinco en cinco). Su penetrador es una pirámide de diamante con un ángulo base de 136°. Se emplea Vickers para laminas tan delgadas como 0.006 pulgadas y no se lee directamente en la maquina. Para determinar el número de dureza se aplica la siguiente formula:

$$HV = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \quad HV = 1.854 \frac{F}{d^2} \text{ approximately}$$

En la anterior operación se explica el porqué de la constante 1.854, y en donde:

– HV : Dureza Vikers – d : es el diámetro promedio del rombo generado por la penetración en el material:

$$d_{PROM} = (d_1 + d_2)/2$$

En donde:

- dPROM : el diámetro promedio
- d1 y d2 : don las diagonales del rombo impreso en el material de prueba

Este ensayo constituye una mejora al ensayo de Brinell, se presiona el indentador contra una probeta, bajo cargas más livianas que las utilizadas que en el ensayo Brinell. Se miden las diagonales de la impresión cuadrada y se halla el promedio para aplicar la formula antes mencionada.

Figura 6: Boceto de la prueba Vickers

Figura 7: Puntas de diamante para Vickers

ENSAYOS DE TRACCION.

Para este tipo de ensayo, los términos *ensayo de tensión* y *ensayo de compresión* se usan normalmente a la hora de hablar de ensayos en los cuales una probeta preparada es sometida a una carga monoaxial gradualmente creciente (*estática*) hasta que ocurre la falla. En un ensayo de tensión simple, la operación se realiza sujetando los extremos opuestos de la pieza de material y separándolos. En un ensayo de compresión, se logra sometiendo una pieza de material a una carga en los extremos que produce una acción aplastante. En un ensayo de tensión, la probeta se alarga en una dirección paralela a la carga aplicada; en un ensayo de compresión, la pieza se acorta. Los ensayos estáticos de tensión y de compresión son los más realizados, además de ser los más simples de todos los ensayos mecánicos. Estos ensayos implican la normalización de las probetas con respecto a tamaño, forma y método de preparación y la de los procedimientos de ensayo.

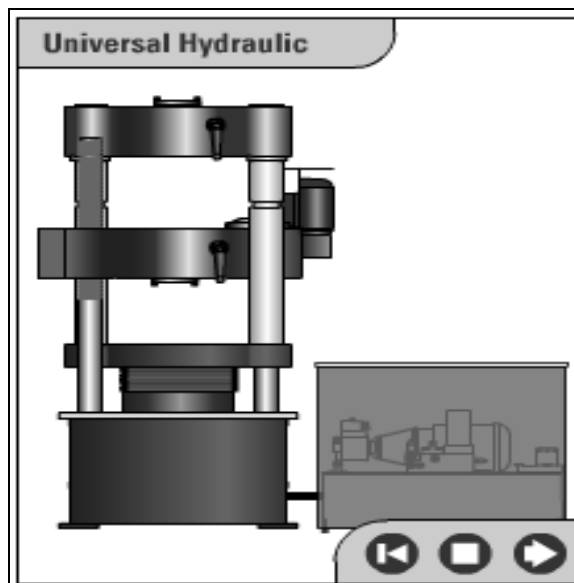


Figura 8: Máquina hidráulica universal para ensayos a tracción y compresión

El ensayo de tensión es el apropiado para uso general en el caso de la mayoría de los metales y aleaciones no ferrosos, fundidos, laminados o forjados; para los materiales quebradizos (*mortero, concreto, ladrillo, cerámica, etc*) cuya resistencia a la tensión es baja, en comparación con la resistencia a la compresión, el ensayo de compresión es más significativo y de mayor aplicación.

ENSAYOS DINAMICOS DE IMPACTO

Una carga de impacto que produzca esfuerzo, depende de la cantidad de energía utilizada en causar deformación; al tratar los problemas que involucren las cargas de impacto, la manera predominante en que la carga haya de resistirse obviamente determina el tipo de información que se necesita. La meta es proveer margen para la absorción de tanta energía como sea posible a través de acción elástica y luego confiar en alguna clase de contención para disiparla.

En la mayoría de los ensayos para determinar las características de absorción energética de los materiales bajo cargas de impacto, el objeto es utilizar la energía del golpeo para causar la ruptura de la probeta.

La propiedad de un material en relación con el trabajo requerido para causar la ruptura ha sido designada como tenacidad; esta depende fundamentalmente de la resistencia y la ductilidad y parece ser independiente del tipo de carga. No todos los materiales responden de la misma manera a las variaciones de velocidad de la aplicación de la carga; algunos materiales muestran lo que se denomina "sensitividad a la velocidad" en un grado mucho más alto que otros. Ejemplos notorios son el del vidrio ordinario, el cual es perforado con un agujero muy limpio por una bala de alta velocidad, pero se estrella bajo carga concentrada y lenta.

Además del efecto de la velocidad, la forma de una pieza puede mostrar un marcado efecto sobre su capacidad para resistir las cargas de impacto; a temperaturas ordinarias una barra simple de metal dúctil no se fracturará bajo una carga de impacto en flexión. Para poder inducir la ocurrencia de la fractura con un solo golpe, las probetas de un material dúctil se ranuran.

El ensayo de impacto ideal sería uno en el cual toda la energía de un golpe se transmitiera a la probeta. En realidad este ideal nunca se alcanza; siempre se pierde alguna energía por fricción, por deformación de los apoyos y la masa de golpeo, y por vibración de varias partes de la máquina de ensaye. Al realizar un ensayo de impacto, la carga puede aplicarse en flexión, tensión, compresión o torsión, siendo la carga flexionante la más común.

Quizás los ensayos de impacto más comúnmente usados para los aceros sean los de Charpy e Izod (*en este marco teórico solo se describe el Charpy, ya que este fue el usado en el ensayo de impacto de esta práctica*), ambos de los cuales emplean el principio del péndulo. Ordinariamente estos ensayos se hacen sobre pequeñas probetas ranuradas quebradas en flexión; en el ensayo de Charpy, la probeta es apoyada como una viga simple, y en el de Izod se le apoya como un voladizo; los procedimientos para estos ensayos han sido normalizados, y la especificación formal de los límites de la resistencia al impacto ha sido hecha en el caso de los materiales para un número de productos tales como partes de motores de avión, engranes de transmisión, partes para orugas de tractores, aletas para turbinas, Muchos tipos de forjados y tubo y placa de acero para servicio a baja temperatura.

Aspectos generales de las máquinas de impacto. El efecto de un golpe depende tanto de la masa de las partes que reciben el golpe como de la energía y masa del cuerpo golpeante. Los objetos que requieren normalización son la base, el yunque, los apoyos para probetas, la probeta, la masa percutiente y su velocidad. Los aspectos principales de una máquina de impacto, pendular y de un solo impacto, son:

Una masa móvil cuya energía cinética es suficiente para causar la ruptura de la probeta colocada en su camino.

Un yunque y un apoyo sobre el cual se coloca la probeta para recibir el impacto,

Un medio para medir la energía residual de la masa móvil después de que la probeta ha sido rota.

La energía cinética es determinada y controlada por la masa del péndulo y la altura de la caída libre.

El ensayo de Charpy para metales y plásticos. La máquina del tipo Charpy es adquirible en una variedad de tamaños. Un diseño común de máquina se muestra en la siguiente figura:

	La siguiente descripción del ensayo se basa en los requerimientos de la ASTM E 23; el péndulo consiste en una barra ligera y rígida, situándose un pesado disco en el extremo; el péndulo está suspendido de una flecha corta que gira en rodamientos de balines y se balancea hasta la mitad de la distancia entre dos postes verticales, cerca de cuya base están los soportes o yunques de las probetas. El
--	--



Figura 9: *Péndulo industrial Charpy de la compañía Ibertest, España*

percutor esta ligeramente redondeado y debe alinearse de modo tal que establezca contacto con la probeta contra su peralte total en el instante del impacto.

La probeta estándar para ensayos de flexión es una pieza de 10x10x50 mm. ranurada; otros tamaños se usan en casos especiales; en muchas especificaciones comerciales se requiere una ranura en forma de ojo de cerradura o de U. La probeta la cual se carga como una viga simple, se coloca horizontalmente entre los dos yunques, de modo que el percutor golpee el lado opuesto de la ranura a la mitad del claro. El péndulo es elevado hasta su posición más alta y sostenido por un tope ajustado para dar una altura de caída constante para todos los ensayos; luego se le suelta y fracturar la probeta. En su movimiento ascendente el péndulo lleva el indicador de fricción sobre una escala semicircular graduada en grados por lo general; La energía requerida para fracturar la probeta es una función del ángulo de elevación.

PROBETAS

Estas son las piezas que van a ser sometidas a fuerzas, impactos o torsiones, en los diferentes ensayos pertinentes a la resistencia de materiales. Aunque ciertos requerimientos fundamentales pueden establecerse y ciertas formas de probeta se acostumbran usar para tipos particulares de ensayos, las probetas para ensayos de tensión se hacen en una variedad de formas. La sección transversal de la probeta es redonda, cuadrada o rectangular. Para los metales, si una pieza de suficiente grueso puede obtenerse de tal manera que pueda ser fácilmente maquinada, se usa comúnmente una probeta redonda; para láminas y placas en almacenamiento se emplea una probeta plana. La porción central del tramo es usualmente (no siempre), de sección menor que los extremos para provocar que la falla ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por los dispositivos de sujeción. La nomenclatura típica para las probetas de tensión se puede ver en el siguiente dibujo; el tramo de calibración es el tramo marcado sobre el cual se toman las mediciones de alargamiento o extensómetro.

Probeta cilíndrica:

a: sección reducida b: tramo de calibración r: radio del filete o bisel

Probeta rectangular:

ao: ancho de la probeta bo: espesor de la probeta

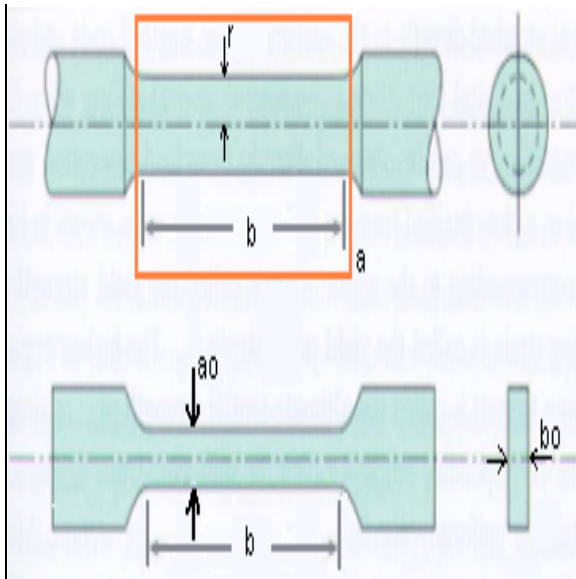


Figura 10

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

• ENSAYO DE DUREZA

Material: Aluminio

Métodos:

- Brinell
- Vickers
- Rockwell

• MÉTODO BRINELL

1.1.1 DESCRIPCIÓN

- Tipo de penetrador: Esfera de acero de 2.5mm. de diámetro para el aluminio.
- Cantidad de carga aplicada: 30 Kilo-Pondios. (Kp.)
- Tiempo de ensayo: 30 segundos

Para hallar el grado de dureza brinell, se emplea la siguiente formula:

$$HB = P / ACE$$

En donde:

- HB: Grado de dureza Brinell
- P : Fuerza aplicada al material en el ensayo
- ACE: Superficie del área de penetración

$$ACE = \frac{\pi}{2} D (D - (D^2 - d^2)^{1/2})$$

En donde:

– D : Diámetro de la bola de acero

– d : Diámetro de la huella

Por lo que la fórmula completa para la dureza Brinell queda:

$$HB = F / [(\pi/2) D (D - (D^2 - d^2)^{1/2})]$$

- **Pasos en la aplicación de la fuerza en la prueba:**

- Una precarga en el material de 10Kp., para evitar reacciones indeseadas en la prueba
- Aplicación de la carga total. (30Kp)
- Descarga

- **Resultados:**

El diámetro de la huella resultante en el material de prueba fue:

$$d = 0.72\text{mm.}$$

Y finalmente el grado de dureza Brinell es:

$$HB = 30\text{Kp.} / [(\pi/2) 2.5\text{mm.} (2.5\text{mm.} - (2.5\text{mm.}^2 - 0.72\text{mm.}^2)^{1/2})]$$

$$HB = 72.12\text{HBS } 2.5/30/30$$

- **MÉTODO VIKERS**

1.2.1 Descripción:

- Tipo de penetrador: Prisma de diamante.
- Cantidad de carga aplicada: 30 Kilo-pondios.
- Tiempo de ensayo: 30 segundos

Para hallar el grado de dureza Vickers, se emplea la siguiente formula:

$$HV = 1.854 \quad P / d_{\text{PROM}}$$

En donde:

- **HV: Grado de dureza Vickers**

– F: Fuerza aplicada al material en el ensayo

- **dPROM: El diámetro medio del rombo impreso por el prisma en el material**

El diámetro medio del rombo impreso por el prisma en el material es igual a:

$$d_{\text{PROM}} = (d_1 + d_2)/2$$

En donde:

- dPROM : el diámetro promedio
- d1 y d2 : don las diagonales del rombo impreso en el material de prueba

- **Pasos en la aplicación de la fuerza en la prueba:**

- Una precarga en el material de 10Kp., para evitar reacciones indeseadas en la prueba
- Aplicación de la carga total. (30Kp.)
- Descarga

- **Resultados:**

Los diámetros resultantes fueron de:

$$d1 = 0.80\text{mm.}$$

$$d2 = 0.825\text{mm.}$$

Por lo que el diámetro medio fue:

$$d_{\text{PROM}} = (0.80 + 0.825)\text{mm.}/2$$

$$d_{\text{PROM}} = 0.8125\text{mm.}$$

Con este resultado se obtiene la dureza Vickers:

$$HV = 1.854 \quad 30\text{Kp} / (0.8125\text{mm.})^2$$

$$HV = 84.25$$

- **METODO ROCKWELL C**

Según los grados de dureza tanto Brinell como Vickers obtenidos en esta práctica, no es posible hacer el ensayo de dureza Rockwell C. Además, los ensayos Rockwell C son para metales bastante duros como lo son ciertos aceros.

- **RESULTADOS FINALES:**

El ensayo Rockwell C, no es posible hacerse para este material, primero porque su dureza no alcanza el nivel mínimo de esta, y lo otro es el tipo de material, ya que ese margen de dureza no contempla el aluminio.

El aluminio utilizado en esta prueba, es un aluminio de alta dureza (entre los aluminios), ya que los aluminios con durezas Brinell encontrados con una dureza cercana fueron el tipo **ASTM B211** tratado térmicamente, que tiene una dureza Brinell de 105; el otro aluminio de dureza cercana fue el tipo **ASTM B221** estirado en frío. Por lo cual el aluminio de la prueba no fue reconocido

- **Ensayo de tracción**

2.1 Descripción:

– **Material:** Latón

- **Cantidad de carga aplicada:** 60 Kilo–Newton.

% **Datos de interés:**

- Modulo de Young
- Esfuerzo máximo de tracción (resistencia máxima a tensión)

- Esfuerzo de rotura.

- Resultados:

- Modulo de Young: 124GPa.
- Resistencia última: 560.87MPa
- Esfuerzo de rotura: 560.87MPa

GRÁFICA # 1

Se determino que el latón utilizado en la prueba posiblemente fue el Latón Rojo de [85% Cobre (Cu), 15% Cinc (Zn)] laminado en frio.

- **Ensayo de compresión**

Material: Acero

- **Dureza en grados Brinell del material:**

3.1.1 Descripción:

- Tipo de penetrador: Esfera de acero de 2.5mm. de diámetro para el acero cargado con 187.5Kp.
- Cantidad de carga aplicada: 187.5 Kp.
- Tiempo de ensayo: 8 segundos

- Resultados:

El diámetro del hoyo resultante en el material de prueba fue:

$$d = 0.86\text{mm.}$$

Y finalmente el grado de dureza Brinell es:

$$HB = 187.5\text{Kp} / [(/2) \ 2.5\text{mm.} \ (2.5\text{mm.} - (2.5\text{mm.}^2 - 0.86\text{mm.}^2)^{1/2})]$$

$$HB = 312.94\text{HBS } 2.5/187.5/8$$

- **Prueba de compresión**

3.2.1 Descripción:

- Cantidad de carga aplicada: 300 Kilo–Newton.

% **Datos de interés:**

- Modulo de Young
- Esfuerzo máximo de tracción (resistencia máxima a compresión)
- Esfuerzo de rotura.

- Resultados:

- Modulo de Young: 42.8GPa.
- Resistencia ultima: Desconocida
- Esfuerzo de rotura. Desconocida

GRÁFICA # 2

• RESULTADOS FINALES:

El acero utilizado en la prueba, por el grado de dureza Brinell, y la alta resistencia que mostró en la prueba, seguramente será un Acero **Grado 120–90–02, templado en aceite.**

• Ensayo de Impacto

• DESCRIPCIÓN:

- Material: Acero
- Mazo de 30Kg
- Altura inicial 1.54m.

• Pasos en la preparación de la prueba:

- Se fija la probeta en lo mas centrado posible en la base del péndulo Charpa, justo por donde va a pasar el mazo cuando sea liberado, la talla en V debe quedar al lado opuesto por donde va a ser impactada la probeta por el mazo.
- Anotar todos los valores iniciales pertinentes, como el radio del brazo y el ángulo inicial, para determinar la energía potencial.
- Se libera el péndulo y se toma la medida del ángulo registrada por la aguja del péndulo, para saber hasta que altura llego el péndulo después del impacto, que también será inversamente proporcional a la energía absorbida por la probeta que también es mostrada por dicha aguja.

• RESULTADOS:

- La probeta no se rompió totalmente, por lo cual se sabe que no alcanzo a estar bien centrada.
- El ángulo alcanzado por el péndulo fue de 124°.
- La energía absorbida por la probeta (EAP) fue de 5.7Kg.F · m.

La energía potencial inicial del mazo era igual a:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

En donde:

- E_p : Energía potencial gravitacional
- m : masa
- g : Gravedad
- h : Altura

$$E_p = 30\text{Kg} \cdot 9.80665\text{m./s.}^2 \cdot 1.25\text{m.}$$

$$E_p = 453.22\text{J.}$$

Por lo que sabemos ahora que la sumatoria de energías debe siempre sumar este valor para que se pueda

cumplir el teorema de la energía mecánica. (*La energía se transforma y será la misma en total*)

$$E_F = E_P$$

En donde:

– E_F : Energía final

$$E_F = E_{AP} + E_R + E_C$$

En donde:

– E_R : La energía potencial que logra el péndulo al alcanzar su altura máxima después del impacto.

– E_C : Energía calórica.

De las anteriores energías mencionadas, se puede calcular la energía potencial resultante:

$$E_R = m \cdot g \cdot h'$$

En donde:

– h' : es la altura alcanzada después del impacto

La altura h' , es igual a:

$$h' = R + R \cdot \sin(-90)$$

$$h' = 0.79m. + [0.79m. \cdot \sin(124^\circ - 90^\circ)]$$

$$h' = 1.23m.$$

Por lo que ahora se sabe que la energía potencial resultante fue:

$$E_R = 30Kg \cdot 9.81m./s^2 \cdot 1.23m$$

$$E_R = 361.989J$$

Por lo que entonces, la energía calórica es igual a:

$$E_C = E_F - E_R - E_{AP}$$

$$E_C = 453.22 - 361.959 - 5.7$$

$$E_C = 85.561J$$

Según esto, la energía que soporto la probeta fue:

$$E_C + E_{AP} = (85.561 + 5.7)J$$

$$E_C + E_{AP} = 91.261J$$

Por lo que se deduce que el acero utilizado en la prueba fue un acero intermedio entre el Acero al carbono 1040, que soporta alrededor de 180J y un acero de baja aleación 8630, que soporta 55J. De esto se concluye que el acero utilizado en la práctica es aceptable para dicho tipo de pruebas.

CONCLUSIONES

- Los temas estudiados en clase, como las ecuaciones de esfuerzo, y deformación, son plenamente usados cuando se esta analizando y clasificando los estados a los cuales estuvo sometido un material en una prueba de tracción.
- La instrumentación para ensayos de resistencia de materiales como los usados en la práctica son bastante sencillos en su operabilidad, desde que se sepan los parámetros de cada ensayo.
- Para los aceros, se comprobó en el comportamiento de estos, porqué es que son tan usados y difundidos desde la industria pesada, y la mayoría de industrias, ya que es un material con un buen grado de dureza y gran resistencia, tanto que *Maquina hidráulica universal para ensayos a tracción y compresión* no fue capaz de hacer fallar la probeta de acero utilizada para compresión.
- en la determinación de los materiales que se emplearon, nos encontramos en grandes dificultades, ya que en los libros que cuentan con apéndices referentes a las propiedades físicas de los materiales, estas tablas son muy incompletas, y en el ICONTEC, no es fácil conseguir la norma apropiada para estos, se consiguen con facilidad los estándares para las pruebas y las propiedades químicas, pero no así las propiedades físicas, sino se sabe uno cual es la norma afín.

APENDICE

Escala de dureza Brinell

Hardness scale	Ball diameter, D / mm	Nominal value of test force, F / N
HBW 10/3 000	10	29 420
HBW 10/1 500	10	14 710
HBW 10/1 000	10	9 807
HBW 10/500	10	4 903
HBW 10/250	10	2 452
HBW 10/100	10	980,7
HBW 5/750	5	7 355
HBW 5/250	5	2 452
HBW 5/125	5	1 226
HBW 5/62,5	5	612,9
HBW 5/25	5	245,2
HBW 2,5/187,5	2,5	1 839
HBW 2,5/62,5	2,5	612,9
HBW 2,5/31,25	2,5	306,5
HBW 2,5/15,625	2,5	153,2
HBW 2,5/6,25	2,5	61,29
HBW 1/30	1	294,2
HBW 1/10	1	98,07
HBW 1/5	1	49,03
HBW 1/2,5	1	24,52
HBW 1/1	1	9,807

Escalas de dureza Rockwell

Escala	Indentador	Carga menor F_0 en KiloPondios	Carga Mayor F_1 en Kilo Pondios	Carga total F en Kilo Pondios	Valor de E
A	Cono de diamante	10	50	60	100
B	1/16" bola de acero	10	90	100	130

C	Cono de diamante	10	140	150	100
D	Cono de diamante	10	90	100	100
E	1/8" bola de acero	10	90	100	130
F	1/16" bola de acero	10	50	60	130
G	1/16" bola de acero	10	140	150	130
H	1/8" bola de acero	10	50	60	130
K	1/8" bola de acero	10	140	150	130
L	1/4" bola de acero	10	50	60	130
M	1/4" bola de acero	10	90	100	130
P	1/4" bola de acero	10	140	150	130
R	1/2" bola de acero	10	50	60	130
S	1/2" bola de acero	10	90	100	130
V	1/2" bola de acero	10	140	150	130

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **BEER FERNINAND**, Pierre; **JOHNSTON**, E. Russell *MECANICA DE MATERIALES*
- **HORWITZ**, Henry. *SOLDADURA APLICACIONES Y PRÁCTICA* Alfaomega, México DF. 2000
- **HOWATSON**, A M; **LUND**, P G; **TODD**, J D. *TABLAS Y DATOS PARA INGENIERIA* 2da. ED. Alfaomega, México DF. 1999
- **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN, ICONTEC.** *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 3 (NTC. 3). Materiales metálicos. Ensayos de dureza. Ensayo Brinell* Bogotá. 2000.
- **ICONTEC.** *NTC 19. Materiales metálicos. Ensayos de dureza. Ensayo Rockwell* Bogotá. 2000.
- **ICONTEC.** *NTC 19. Materiales metálicos. Ensayos de impacto Charpy (entalla en V)* Bogotá. 2000.
- **PYTEL**, Andrew; **FERDINAND L**, Singer. *RESISTENCIA DE MATERIALES. Introducción a la mecánica de sólidos* 4ta. ED. Oxford University Press, México DF. 1994
- **shakeford**, James F. *CIENCIA DE LOS MATERIALES PARA INGENIERIA* Prentice Hall, Naucalpan de Juárez (México)

Forma normalizada para expresar la dureza Brinell, Referencia Bibliográfica # 4

Más información sobre esta formula y la razon de la constante 1.854, la encontrara en el marco teórico en la página 10

TABLA DE PROPIEDADES Y CONSTANTES FÍSICAS, Referencia bibliográfica # 2 Pág. 492

APENDICE B , Referencia bibliográfica # 1 Pág. 699

GRÁFICA: PROPIEDADES DE TENSION CONTRA DUREZA, referencia bibliográfica # 8. Pág. 349

TABLA 7.3–6, de la referencia bibliográfica # 8

Norma internacional homologa: ISO 6506

•