

TRATAMIENTOS TÉRMICOS PROTOCOLO

Curso de Materiales



EDICION 2008-2
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
LABORATORIO DE PRODUCCION

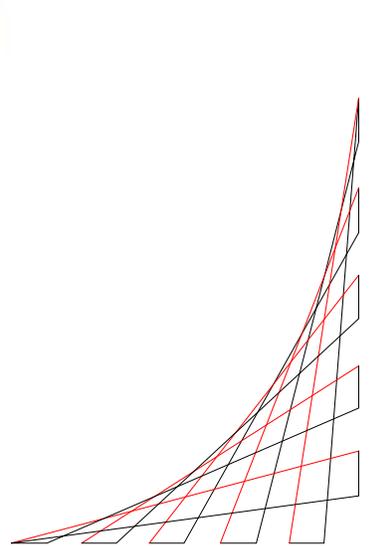


TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	3
SEGURIDAD PARA LA PRÁCTICA	4
1 TABLA DE CONTENIDO DE LA PRÁCTICA	5
1.1 CONOCIMIENTO DEL DURÓMETRO Y DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS.	5
1.2. PRÁCTICA	5
2 MARCO TEÓRICO.	6
2.1 TRATAMIENTO TÉRMICO	6
2.2 ETAPAS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	6
3 TIPOS DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS	6
3.1 RECOCIDO	7
3.2 TEMPLE	7
3.3 REVENIDO	7
3.4 DIAGRAMA TTT (TIEMPO-TEMPERATURA-TRANSFORMACIÓN).	9
3.5 DUREZA	10
3.5.1 Definición de Dureza	10
3.5.2 Tipos de Ensayos de Dureza	10
4 EL DURÓMETRO Y SUS PARTES	11
5 HORNO ELÉCTRICO	14
6 ENSAYO JOMINY	15
7 DESARROLLO DE PRÁCTICA	17
7.1 Practica I	17
7.1.1 Objetivo	¡Error! Marcador no definido.
7.1.2 Procedimiento	17
7.2 Practica II	18
7.2.1 Objetivo:	18
7.2.2 Procedimiento:	18
8 EJEMPLO	19
9 BIBLIOGRAFÍA	20
10 CONTENIDO DEL INFORME	21
11 FORMATOS	22

INTRODUCCIÓN

En el proceso de formación de un Ingeniero Industrial, es muy importante el conocimiento de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, ya que ésta proporciona las herramientas necesarias para comprender el comportamiento general de cualquier material, lo cual es necesario a la hora de desarrollar adecuadamente diseños de componentes, sistemas y procesos que sean confiables y económicos.

Los Tratamientos Térmicos son una herramienta muy utilizada para la obtención de propiedades mecánicas adecuadas necesarias en determinados procesos de producción. Este laboratorio es realizado con el fin de conocer y relacionarse con los ensayos de Tratamientos Térmicos realizados sobre piezas metálicas, y así, estar en capacidad de medir las propiedades obtenidas al realizar este proceso, tales como cambios en la dureza del material y efectos sobre el material, entre otros.

De igual forma, también tiene por objetivo desarrollar habilidades para manejar los instrumentos requeridos en la práctica tales como el durómetro y el horno para el calentamiento de las piezas.

Para la correcta realización de esta prueba, se recomienda que los estudiantes hayan comprendido previamente el contenido de ésta, consignado en el Protocolo.

OBJETIVOS

Los objetivos que persigue la correcta realización de esta práctica son:

- Comprender la importancia que tienen las propiedades de los materiales en el momento de su utilización, pues de ellas depende la forma de procesar y manejar dichos materiales.
- Poder diferenciar tres de los diferentes tipos de Tratamiento Térmico (Temple, Revenido y Recocido).
- Conocer el procedimiento que se sigue para realizar el Temple como tratamiento térmico, y estar en capacidad de realizarlo.
- Conocer el procedimiento mediante el cual se desarrolla el tratamiento térmico de revenido, y estar en capacidad de realizarlo.
- Conocer el procedimiento que se tiene para realizar el tratamiento térmico de recocido, y estar en capacidad de realizarlo.
- Conocer el funcionamiento del durómetro, las unidades de dureza que maneja, la forma en que se programa de acuerdo al material, y en sí, familiarizarse con el manejo del aparato.

- Comprobar experimentalmente el comportamiento del acero según el tratamiento térmico al cual fue sometido, para determinar su dureza antes y después de realizada la prueba y comparar los resultados obtenidos.
- Identificar la importancia que tienen los elementos de protección personal para evitar accidentes.
- Estar en capacidad de interpretar los resultados obtenidos en la práctica, poder concluir y analizar la aplicación del material con sus nuevas propiedades obtenidas con un determinado tratamiento térmico.
- Conocer las unidades de dureza y sus aplicaciones en distintos materiales.

SEGURIDAD PARA LA PRÁCTICA

Para evitar accidentes y daños en equipos durante la práctica es necesario que los estudiantes tengan en cuenta lo siguiente:

- Seguir las instrucciones impartidas por el monitor para la realización correcta de la práctica y tener conocimiento previo del contenido de ésta.
- Utilizar los elementos de protección personal asignados para esta práctica: Guantes de Carnaza, Delantal de cuero, Careta y Pinzas para manipular la pieza metálica a la cual se le va a realizar tratamiento térmico. (Éste ensayo se desarrolla manejando piezas y el horno a temperaturas elevadas, aproximadamente entre 500° C y 900° C).
- Mantener mangas y cabellos recogidos. Evitar el uso de manillas o cualquier elemento que implique riesgo durante la realización de la práctica.
- Identificar el tratamiento térmico que se va a realizar con anticipación: Temple, Revenido ó Recocido.
- Programar correctamente el durómetro para obtener los datos verídicos y adecuados en la prueba.
- Antes de colocar la pieza de metal en el horno, es importante que el alumno que fue asignado para realizar esta actividad, se familiarice con el manejo de las pinzas y evitar de esta manera errores.
- Los alumnos que no tienen Careta (elemento de protección personal) no deben permanecer cerca del Horno Eléctrico (sobretudo en el momento de abrirlo), ya que las temperaturas con que se trabajan son peligrosas.
- Antes de iniciar la prueba, el grupo de trabajo se debe cerciorar que cuente con el elemento que se va a utilizar para refrigerar la pieza de metal (Arena, Aceite o Agua), para verificar que el nivel que tiene el recipiente con el refrigerante cubre completamente la pieza.
- Si la pieza se va refrigerar en aceite, es muy importante que los alumnos se ubiquen a una distancia prudente, para evitar salpicaduras de aceite caliente.

1 TABLA DE CONTENIDO DE LA PRÁCTICA

1.1 Conocimiento del Durómetro y de los Tratamientos Térmicos.

TEORIA	TIEMPO (min)
Instrucciones de seguridad, para el bienestar de los usuarios.	3
Explicaciones generales acerca de los tratamientos térmicos.	10
Diferencias entre el Temple, Recocido y Revenido y los resultados que se obtienen en cada una de estas pruebas.	8
¿Qué es el Durómetro y para que sirve?	5
Explicación de las partes del Durómetro y configuración de este aparato.	5
Breve explicación de las unidades de Dureza.	7
Presentación del material utilizado para la realización de la prueba y sus propiedades.	5
Breve explicación del diagrama TTT.	7
Conocimiento del horno y cuidados sobre éste.	2
Total	52

1.2. Práctica.

PRÁCTICA	TIEMPO (min)
Seguir instrucciones de seguridad, y alistamiento de los estudiantes.	3
Configuración del Durómetro y conocimiento de las propiedades de la pieza con la cual se va a trabajar. (Mirar tablas de propiedades mecánicas).	3
Tomar las mediciones de dureza a la pieza antes de introducirlas al horno.	5
Mantener la pieza metálica dentro del horno para tenerla a la temperatura deseada.	10
Sacar la pieza del horno y llevarla a donde está el elemento que se va a utilizar para enfriar la pieza dependiendo del tratamiento térmico realizado.	8
Limpieza de la pieza y aplicación de vaselina.	2
Realizar las mediciones de dureza a la pieza que se le hizo el tratamiento térmico.	7
Total	38

2 MARCO TEÓRICO.

A continuación se presentan, de manera general, los aspectos más importantes que se deben tener presentes para realizar la práctica.

2.1 Tratamiento térmico

El Tratamiento Térmico involucra varios procesos de calentamiento y enfriamiento para efectuar cambios estructurales en un material, los cuales modifican sus propiedades mecánicas. El objetivo de los tratamientos térmicos es proporcionar a los materiales unas propiedades específicas adecuadas para su conformación o uso final. No modifican la composición química de los materiales, pero si otros factores tales como los constituyentes estructurales y la granulometría, y como consecuencia las propiedades mecánicas. Se pueden realizar Tratamientos Térmicos sobre una parte ó la totalidad de la pieza en uno ó varios pasos de la secuencia de manufactura. En algunos casos, el tratamiento se aplica antes del proceso de formado (**recocido** para ablandar el metal y ayudar a formarlo mas fácilmente mientras se encuentra caliente). En otros casos, se usa para aliviar los efectos del endurecimiento por deformación. Finalmente, se puede realizar al final de la secuencia de manufactura para lograr resistencia y dureza.

2.2 Etapas del tratamiento térmico

Un tratamiento térmico consta de tres etapas que se presentan a continuación:

- **Calentamiento hasta la temperatura fijada:** La elevación de temperatura debe ser uniforme en la pieza.
- **Permanencia a la temperatura fijada:** Su fin es la completa transformación del constituyente estructural de partida. Puede considerarse suficiente una permanencia de unos 2 minutos por milímetro de espesor.
- **Enfriamiento:** Este enfriamiento tiene que ser rigurosamente controlado en función del tipo de tratamiento que se realice.

3 TIPOS DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Existen varios tipos de Tratamientos Térmicos, pero en ésta práctica solo se trabajarán tres de estos: *Recocido*, *Temple* y *Revenido*. A continuación se presentan las principales características de cada uno de estos tipos de Tratamientos Térmicos:

3.1 Recocido

Es un tratamiento térmico que normalmente consiste en calentar un material metálico a temperatura elevada durante largo tiempo, con objeto de bajar la densidad de dislocaciones y, de esta manera, impartir ductilidad.

El Recocido se realiza principalmente para:

- Alterar la estructura del material para obtener las propiedades mecánicas deseadas, ablandando el metal y mejorando su maquinabilidad.
- Recristalizar los metales trabajados en frío.
- Para aliviar los esfuerzos residuales.

Las operaciones de Recocido se ejecutan algunas veces con el único propósito de aliviar los esfuerzos residuales en la pieza de trabajo causadas por los procesos de formado previo. Este tratamiento es conocido como **Recocido para Alivio de Esfuerzos**, el cual ayuda a reducir la distorsión y las variaciones dimensionales que pueden resultar de otra manera en las partes que fueron sometidas a esfuerzos.

Se debe tener en cuenta que el Recocido no proporciona generalmente las características más adecuadas para la utilización del acero. Por lo general, al material se le realiza un tratamiento posterior con el objetivo de obtener las características óptimas deseadas.

3.2 Temple

El Temple es un tratamiento térmico que tiene por objetivo aumentar la dureza y resistencia mecánica del material, transformando toda la masa en Austenita con el calentamiento y después, por medio de un enfriamiento brusco (con aceites, agua o salmuera), se convierte en Martensita, que es el constituyente duro típico de los aceros templados.

En el temple, es muy importante la fase de enfriamiento y la velocidad alta del mismo, además, la temperatura para el calentamiento óptimo debe ser siempre superior a la crítica para poder obtener de esta forma la Martensita. Existen varios tipos de Temple, clasificados en función del resultado que se quiera obtener y en función de la propiedad que presentan casi todos los aceros, llamada Templabilidad (capacidad a la penetración del temple), que a su vez depende, fundamentalmente, del diámetro o espesor de la pieza y de la calidad del acero.

3.3 Revenido

El Revenido es un tratamiento complementario del Temple, que generalmente prosigue a éste. Después del Temple, los aceros suelen quedar demasiados duros y frágiles para los usos a los cuales están destinados. Lo anterior se puede

corregir con el proceso de Revenido, que disminuye la dureza y la fragilidad excesiva, sin perder demasiada tenacidad.

Por ejemplo, se han utilizado estos tratamientos térmicos para la fabricación del acero de Damasco (Siglo X a.C.) y de las espadas de los samurais japoneses (Siglo XII d.C.). Es posible obtener una dispersión excepcionalmente fina de Fe_3C (conocida como martensita revenida) si primero se temple la austenita para producir martensita, y después se realiza el revenido. Durante el revenido, se forma una mezcla íntima de ferrita y cementita a partir de la martensita. El tratamiento de revenido controla las propiedades físicas del acero. (Ver Figura No. 1).

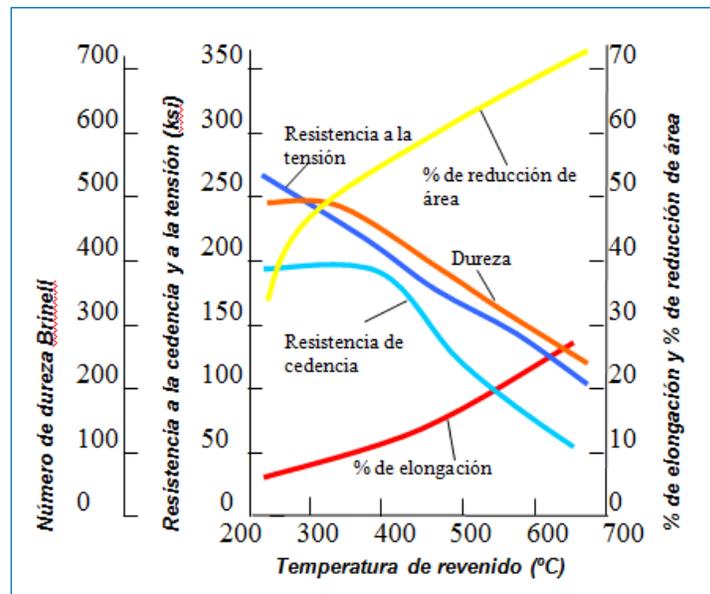


Figura 1. Efecto de la temperatura de revenido sobre las propiedades mecánicas de un acero SAE 1050

Este tratamiento térmico consiste en calentar el acero, (después de haberle realizado un Temple o un Normalizado) a una temperatura *inferior* al punto crítico (o temperatura de recristalización), seguido de un enfriamiento controlado que puede ser *rápido* cuando se pretende resultados altos en tenacidad, o *lentos*, cuando se pretende reducir al máximo las tensiones térmicas que pueden generar deformaciones.

Es muy importante aclarar que con la realización del proceso de Revenido no se eliminan los efectos del Temple, solo se modifican, ya que se consigue disminuir la dureza y tensiones internas para lograr de ésta manera aumentar la tenacidad.

3.4 Diagrama TTT (Tiempo-Temperatura-Transformación).

Este tipo de diagrama muestra cómo la velocidad de enfriamiento afecta la transformación de Austenita en varias fases posibles, las cuales pueden ser:

(1) Formas alternativas de Ferrita y Cementita, (2) Martensita. El tiempo se presenta logarítmicamente a lo largo del eje horizontal y la temperatura en el eje vertical. Esta curva se interpreta partiendo del tiempo t_0 (pocos segundos transcurridos) en la región Austenita y continua hacia abajo y a la derecha a lo largo de la trayectoria que muestra como se enfría el metal en función del tiempo (Ver Figura No. 2).

Los tiempos de transformación dependen de la aleación del material. La Figura No. 2 presenta un ejemplo del diagrama TTT para un acero:

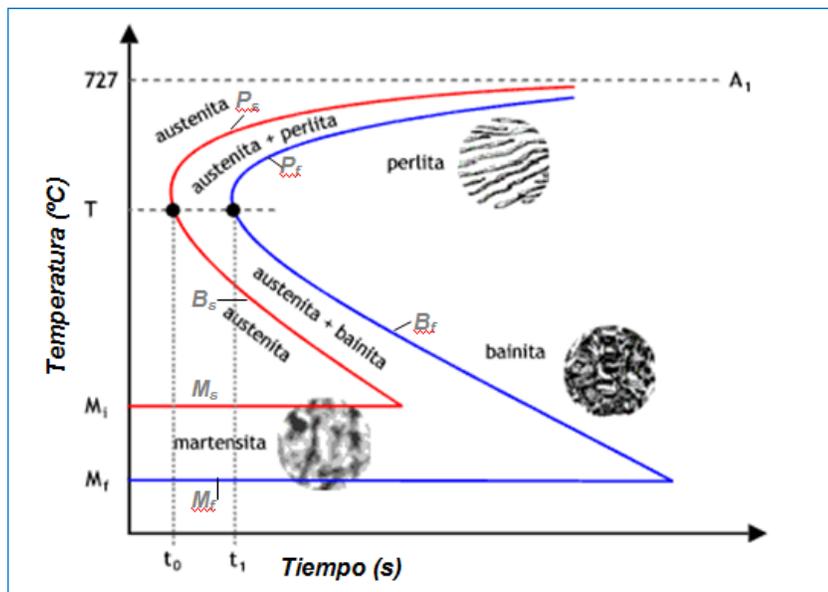


Figura 2. Diagrama TTT para un Acero.

Abreviaturas y códigos de la gráfica:

- P_s** = Representa el momento en el cual se produce Perlita gruesa.
- P_f** = Representa el momento en el cual se produce Perlita fina.
- M_s** = Representa el momento en el cual se produce Martensita gruesa.
- M_f** = Representa el momento en el cual se produce Martensita fina.
- B_s** = Momento de inicio de la transformación a la Bainita.
- B_f** = Momento de la finalización de la transformación Bainita.

3.5 Dureza

3.5.1 Definición de Dureza

La Dureza es la capacidad de una sustancia sólida para resistir deformación o abrasión de su superficie. Está relacionada con la solidez, la durabilidad y la resistencia de sustancias sólidas, y, en sentido amplio, éste término suele extenderse para incluir todas estas propiedades.

Se aplican varias interpretaciones al término en función de su uso. En *Mineralogía*, la dureza se define como la resistencia al rayado de la superficie lisa de un mineral. Una superficie blanda se raya con más facilidad que una dura; de esta forma un mineral duro, como el diamante, rayará uno blando, como el grafito, mientras que la situación inversa nunca se producirá.

En *Metalurgia e Ingeniería*, la dureza se determina presionando una bolita o un cono de material duro (impactadores) sobre la superficie estudiada y midiendo el tamaño de la indentación resultante. Los metales duros se indentan menos que los blandos. Este método para establecer la dureza de una superficie metálica se conoce como prueba de Brinell, en honor al ingeniero sueco Johann Brinell, que inventó la máquina de Brinell para medidas de dureza de metales y aleaciones.

3.5.2 Tipos de Ensayos de Dureza

Cuando se realiza un ensayo de dureza, lo que se busca medir es la resistencia de la superficie de un material a la penetración de un objeto duro. Se han desarrollado varias pruebas de este tipo, pero las más comunes son la Rockwell y la Brinell.

En el ensayo de dureza **Brinell**, una esfera de acero duro, se oprime sobre la superficie del material, luego se mide el diámetro de la penetración y posteriormente se calcula el número de dureza (HB) utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

F = Carga aplicada (Kg).

D = Diámetro del penetrador (mm).

D_i = Diámetro de la impresión o indentación (mm).

El ensayo de dureza **Rockwell** utiliza una pequeña bola de acero para materiales blandos y un cono de diamante para materiales duros. La profundidad de penetración es medida automáticamente por el instrumento utilizado.

Existen otros tipos de ensayos de microdureza, los cuales son el ensayo **Vickers** y el ensayo **Knoop**. Estos tipos de ensayos producen penetraciones tan pequeñas que requieren de un microscopio para poder realizar su medición.

Para ensayar materiales muy blandos y elásticos, tales como cauchos y plásticos no rígidos, se utiliza el ensayo de dureza **Shore**, el cual mide la resistencia a la penetración elástica. Los impactadores para este tipo de ensayos de dureza son de acero de punta cónica. En esta prueba no se presentan deformaciones permanentes.

4 EL DURÓMETRO Y SUS PARTES

El durómetro es un instrumento desarrollado para determinar la dureza de materiales. Este aparato es distinguido por su alta exactitud, amplio rango y simplicidad de operación. (Ver Figura No. 3)

Consta de cuatro partes principales:



Figura 3. El durómetro y sus partes

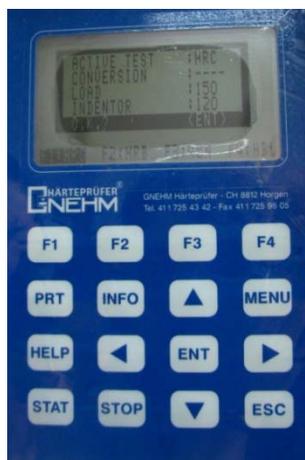


Figura 4. Visualizador

El visualizador es parte importante del durómetro, ya que en este se escoge el tipo de ensayo a realizar en la práctica. Además, indica paso a paso que hacer, la carga a aplicar y el tipo de indentador para cada prueba. (Ver Figura No. 4 y 5).

Por ejemplo, en la Figura No. 5, se observa que el durómetro nos sugiere aplicar una carga de 150 Kg utilizando un indentador de 120° en el tipo de prueba Rockwell C, mostrando el número de ensayos realizados. Cabe recordar que para este tipo de durómetro, al cambiar el tipo de indentador hay que realizar mínimo 3 pruebas para que el resultado sea confiable.

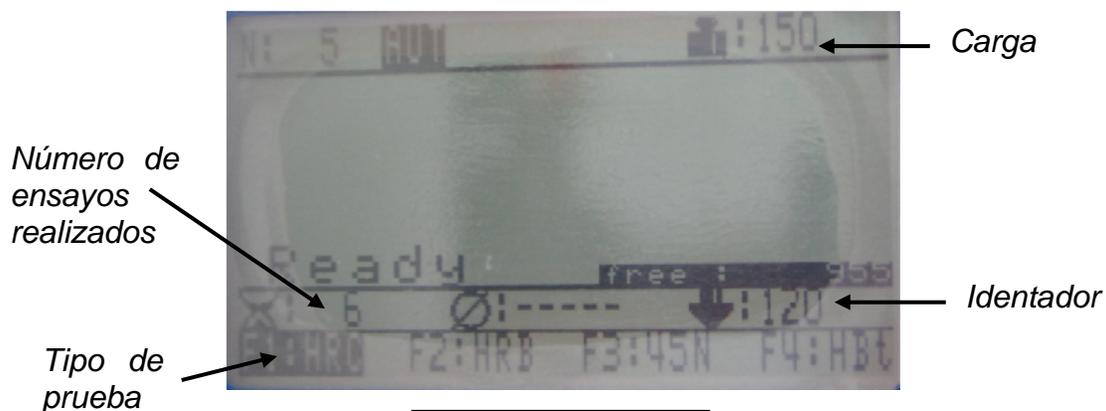


Figura 5. Ejemplo

Bastidor

Es el soporte y estructura de la máquina. Sostiene al tornillo principal, además sostiene los diferentes pesos necesarios para la realización de la prueba.

Tornillo

El tornillo es un regulador de altura que en su parte superior posee una mesa sólida circular en la cual se coloca la probeta a examinar. Mediante el tornillo se acerca le probeta al indentador.

Indentador

Esta parte de la máquina es la que penetra en el material e imprime su huella. (Ver Figura No. 6)

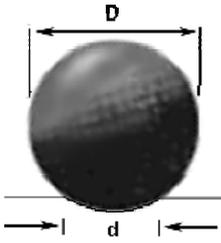
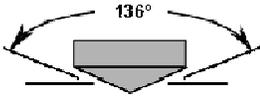
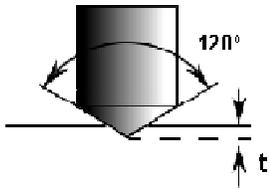
<p>Ensayo BRINELL.</p> <p>Indentador: Esfera de 2.5 – 5 ó 10 mm en carburo de tungsteno.</p>	
<p>Ensayo VICKERS</p> <p>Indentador: Pirámide de diamante.</p>	
<p>Ensayo ROCKWELL</p> <p>Indentador: Cono de diamante. Indentador de 120° y 2 mm de radio.</p>	

Figura 6. Distintos tipos de prueba de dureza y el tipo de indentador que debe ser utilizado.



Para la realización de pruebas tipo Vickers y Brinell, la máquina no cuenta con una estandarización universal. Esto significa, que las pruebas se acogen a las normas ASTM E10, ASTM E 384, E92 e ISO 6507Es por esto, que se utiliza el microscopio para medir la diagonal de la huella impresa en la probeta, dicho procedimiento no lo hace la máquina, lo que hace es imprimir la huella para revisarla posteriormente con el microscopio; el cual tiene lentes de aumento 20x y 40x.

Figura 7. Microscopio

5 HORNO ELÉCTRICO

Un horno eléctrico es un dispositivo que se calienta por electricidad, empleado en la industria para fundir metales o cocer cerámica, ó cualquier otro material. También se conoce como horno electrotérmico.

El tipo más sencillo de horno eléctrico es el horno de resistencia (es el utilizado en el laboratorio), en el que se genera calor haciendo pasar una corriente eléctrica por un elemento resistivo que rodea el horno. En los hornos que se calientan desde el exterior, el elemento calefactor puede adoptar la forma de una bobina de alambre enrollada alrededor de un tubo de material refractario o puede consistir en un tubo de metal u otro material resistivo, como el carborundo. Los hornos de resistencia son especialmente útiles en aplicaciones en las que se necesita un horno pequeño cuya temperatura pueda controlarse de forma precisa. Estos hornos pequeños se utilizan mucho en los laboratorios y también se emplean en el tratamiento térmico de las herramientas. (Ver Figura No. 8).



Figura 8. Horno Eléctrico.

El sistema de control de temperatura del horno es de tipo PID, (Proporcional, Integral, Derivativo). La acción proporcional modula la respuesta del sistema, la integral corrige la caída o el aumento de la temperatura, y la derivativa previene que haya carga o sobrecarga en el sistema. Este tipo de control, regula la temperatura de forma tal que a medida que se acerca a la medida deseada, hay un comportamiento sinusoidal cerca al valor requerido. Para el manejo del controlador, se debe oprimir la tecla On/Off, posteriormente elevar o disminuir la temperatura mediante las teclas con símbolos \uparrow “ ó \downarrow “. Para programar dicha temperatura, es indispensable tener en cuenta las curvas de temperatura programables para el horno, recordando que al acercarse al valor deseado, la temperatura se comporta en forma sinusoidal alrededor de la temperatura programada. (Ver Figura No. 9)

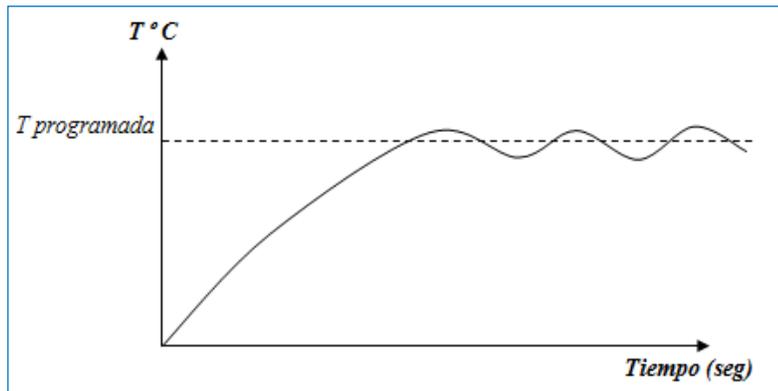


Figura 9. Curva de temperatura programada

6 ENSAYO JOMINY

Jominy es un ensayo estándar que mide cuantitativamente el endurecimiento de los aceros. Fue adoptado por la American Society for Testing and Materials (ASTM) como Método A255 y por la Society of Automotice Egeineers (SAE).

Para realizar esta prueba se debe tener en cuenta la estandarización de la probeta de ensayo (Ver Figura No. 10) y del dispositivo de temple (Ver la Figura No.11), con el fin de garantizar la repetibilidad del ensayo.

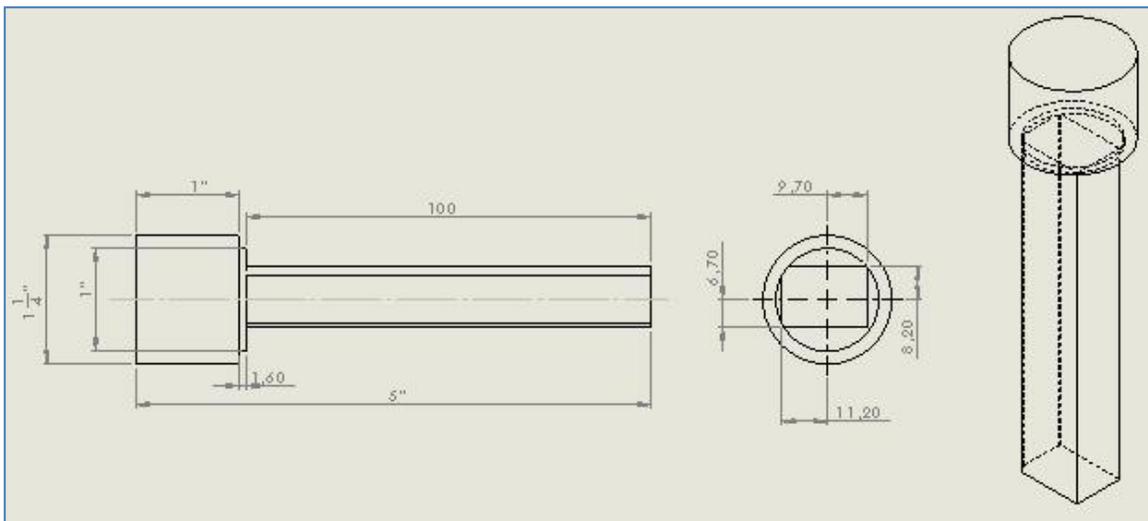


Figura 10. Probeta de Ensayo

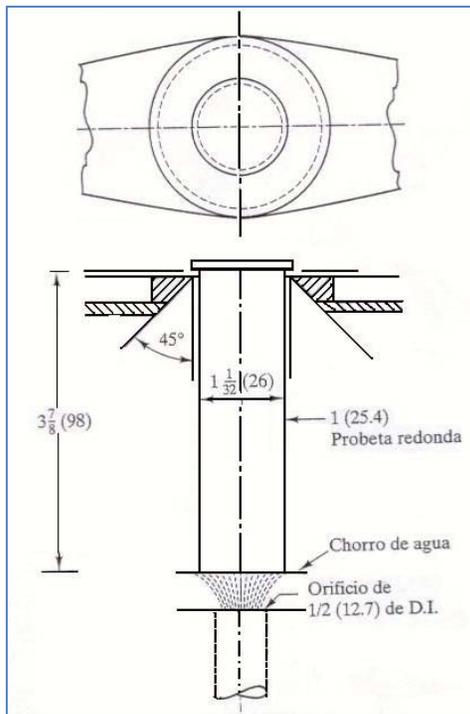


Figura 11. Probeta de Ensayo

Se procede a la austenitización de la probeta y cuando esta termina, el espécimen es ubicado en el dispositivo de temple y se enfría con un chorro de agua en uno de sus extremos. Posteriormente se crean dos superficies planas, a 180° o diametralmente opuestas una de otra, a lo largo de la barra, esmerilando muy levemente la superficie, hasta una profundidad definida, para conocer la reacción al temple, a diferentes profundidades.

Finalmente se aplican ensayos de dureza a las superficie planas cada 1.6 mm, a partir del extremo templado a lo largo de la primera pulgada. La distancia entre las pruebas de dureza para el resto de la longitud de la barra queda a criterio de quien efectúe la prueba.

Los datos obtenidos de dureza vs distancia se grafican (Ver Figura 12), teniendo como referencia el extremo enfriando por inmersión. A la curva resultante se le conoce como la curva de endurecimiento Jominy del acero.

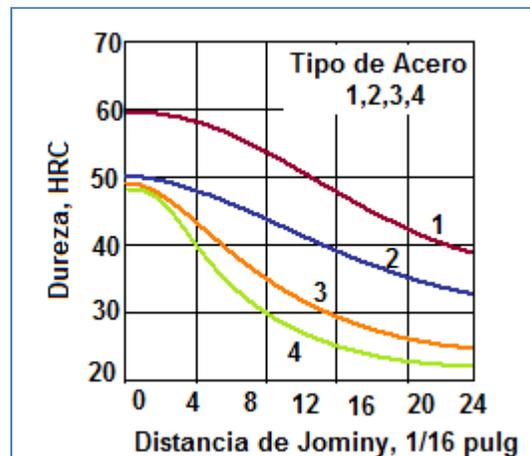


Figura 12. Ejemplo de una curva Jominy para diferentes aceros.

La curva de Jominy tiene un uso muy importante con el tratamiento de piezas reales. Los puntos reales de ubicación del componente o pieza adquieren la misma dureza que se indica en la curva de Jominy con la misma velocidad de enfriamiento equivalente. Por lo que la probeta utilizada en Jominy debe haber sido tratada del mismo modo que la pieza.

7 DESARROLLO DE PRÁCTICA

7.1 Practica I

A continuación se explicará de manera detallada el procedimiento para la práctica:

Procedimiento

1. Conocer el tipo de tratamiento que se va a llevar a cabo en la práctica.
2. Conocer e identificar las propiedades más importantes del material al cual se le va a realizar el tratamiento térmico.
3. Determinar la temperatura que exige el tratamiento térmico de acuerdo al material escogido, para realizar con éxito la prueba y verificar que el horno eléctrico esté a la temperatura exigida por la prueba.
4. Configurar el Durómetro de acuerdo con el material seleccionado, la escala adecuada (explicado en este protocolo), para llevar a cabo la práctica.
5. Para determinar la dureza inicial de la probeta, se escoge el tipo de prueba a realizar, en el menú del visualizador. Si es de tipo Rockwell se debe escoger el tipo de carga e indentador de 120° # 8096. Si la prueba es de tipo Vickers, la carga puede ser solamente de 30 Kg. ó 100 Kg. con el indentador de 136°. Como no esta estandarizada la prueba de tipo vickers, se procede a medir la huella con el microcopio asignado y comparar el valor obtenido con las tablas del laboratorio. El monitor es quién debe colocar el indentador con la cara plana al lado del prisionero.
6. Se debe acercar el tornillo al indentador girándolo lentamente hasta que haga contacto con la probeta. Cuando haga contacto, la máquina sugiere acercar mucho más la probeta de forma tal que se imprima la huella. Esperar de 6 a 8 segundos y se observa el resultado.
7. Realizar el procedimiento tres veces, ya que el cuarto resultado ya es confiable.
8. Una vez se tengan los datos de dureza inicial, se debe introducir la probeta al horno por un tiempo mayor o igual a 15 minutos. En esta actividad es fundamental el uso de los elementos de protección personal establecidos pues las temperaturas de trabajo son altas.
9. Luego de dejar la pieza en el horno eléctrico el tiempo necesario para realizar con éxito la práctica, se procede a sacarla con la ayuda de unas pinzas e inmediatamente se coloca en el elemento escogido para enfriarla según el tratamiento y el material que se esté trabajando. Si se utiliza aceite para

enfriarla, es muy importante que se tenga mucho cuidado con las salpicaduras de éste.

10. Luego de dejar enfriar la pieza durante el tiempo necesario, se procede a sacarla de la sustancia o medio de enfriamiento utilizado (se debe cerciorar primero que ésta se encuentre a una temperatura que no cause quemaduras). Posteriormente la pieza se pule con una lija muy fina para eliminar las partículas de oxido originadas por el tratamiento térmico (escoria). Luego se limpia.
11. Con la probeta debidamente lijada, limpia y sin escoria, se procede a hacer la toma de datos o mediciones de dureza final, para esto se siguen los numerales 4, 5, 6 y 7 de este procedimiento.
12. Una vez terminada la prueba, se deben colocar todos los elementos utilizados en su respectivo sitio, y se debe dejar el lugar limpio y en orden.

7.2 Practica II

7.2.1 Objetivo:

- Determinar las características de durabilidad del acero XXX, con graficas de dureza vs profundidad, y de dureza vs. radio.

7.2.2 Procedimiento:

1. Medir la dureza con el durómetro en la parte inferior de barra de acero.
2. Colocar la barra de acero en el horno para su austenización a una temperatura de XXX°C por 30 minutos.
3. Sacar cuidadosamente la barra de acero del horno y colocarla rápidamente en el montaje (Ver Figura No.12). Este procedimiento no debe tardar más de 1 min.



Figura 12. Montaje Jominy

4. Someter la barra de acero al enfriamiento con agua. Hasta la media indicada por el monitor.
5. Esperar que se enfríe el material
6. Desbastar la sección de la superficie de la barra. (Por razones de tiempo, usted tendrá una barra preparada y este paso no se realizara).
7. Medir la dureza a lo largo de la sección desbastada de la barra, iniciando en el extremo templado. Tenga en cuenta que a partir de su medición de origen debe aumentar 1,6 mm y medir la dureza así hasta que llegue a 25.4 mm. (Ver Tabla No.)

8 EJEMPLO

Este ejemplo muestra la realización de una prueba de Tratamiento Térmico para una pieza de acero K – 460. La dureza máxima de recocido para éste material según la tabla teórica, es 250 HB y en estado de temple es de 63 HRC - 65 HRC.

Material: Acero K - 460.

Pieza en Estado de: Recocido.

Unidad de Dureza : HB

Dato No	Dureza (HB)
1	176
2	189
3	171
4	178
5	182
6	180
Promedio	179,333

Tabla No 1. Medidas de dureza en probeta en estado recocido

El tratamiento Térmico que se va realizar a la probeta es un **temple**. Luego de hacer las mediciones anteriores y de compararlas con tablas confiables, se procede a introducir la pieza en el horno eléctrico a una temperatura de 815 °C. Ésta temperatura debe ser superior a la de recristalización o crítica, aproximadamente equivale al 40% de la temperatura de fusión del metal.

Se deja la pieza en el horno durante 15 minutos o mas. Posteriormente, se saca con la ayuda de pinzas y se coloca en aceite; el volumen de éste debe cubrir totalmente la pieza. Luego de limpiar la pieza, se obtuvieron los siguientes datos de dureza:

Material: Acero K - 460.
Pieza en Estado de: Templado.
Unidad de Dureza: HRC.

Dato No	Dureza (HRC)
1	42,3
2	62,9
3	62
4	59,1
5	58,5
6	68,4
Promedio	58,867

Tabla No 2. Medidas de dureza en probeta en estado de temple

9 BIBLIOGRAFÍA

- ASKELAND, Donal R., “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Thomson Editores. México, 1998.
- Anderson, J.C. y otros, “Ciencia de los Materiales”, Limusa Editores, México, 1998.
- Flim, R.A, y otro, “Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones”, Mc Graw - Hill, México, 1979.
- Budinsky, K. y otro, “Engineering Materials”, Prentice – Hall, U.S.A., 1999.

10 CONTENIDO DEL INFORME

1. Introducción.
2. Objetivos. (Generales y Específicos).
3. Marco Teórico.
 - ¿Qué es Tratamiento Térmico?
 - ¿Para qué se realizan los tratamientos térmicos?
 - ¿Qué tipos de tratamientos térmicos existen?
 - ¿Qué es un durómetro?
 - ¿Qué tipos de durómetros existen en la actualidad?
 - Aplicaciones de los tratamientos térmicos en la industria.
 - Características de los materiales utilizados en la práctica.
 - Tipos de ensayos de dureza y sus características.
4. Descripción del aparato.
5. Descripción del Procedimiento.
6. Estudio de Campo.
 - Tabla con las mediciones realizadas.
 - Comparación de los datos obtenidos **vs** datos reales (tablas).
 - Cálculo del error obtenido.
 - Análisis de los resultados.
7. Conclusiones de la práctica.
8. Recomendaciones.
9. Bibliografía.

11 FORMATOS

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE PRODUCCIÓN.

MONITORÍA DE MATERIALES PRÁCTICA DETRATAMIENTOS TÉRMICOS.

INTEGRANTES : _____

Material : _____
Pieza en Estado de : _____
Unidad de Dureza : _____

Temperatura exigida por el tratamiento: _____
Dureza alcanzada (por tablas) : _____

No. De Datos	Dureza
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

No. De Datos	Dureza
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

Material : _____
Pieza en Estado de : _____
Unidad de Dureza : _____

Temperatura exigida por el tratamiento: _____
Dureza alcanzada (por tablas) : _____

No. De Datos	Dureza
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

No. De Datos	Dureza
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	