Metallographic Analysis of Thermal Treatment of Steel SAE 1040

Integrantes: Ayala García Jhon Alexis (jayalag@uni.pe), Osorio Sánchez Jean Franco (jeanfrancoosoriosanchez@gmail.com), Paredes Fernández Richard Orlando(richardparedesfernadez@gmail.com), Urrutia Urrutia Gonzalo Adolfo(gonzalo9428@gmail.com)

Asignatura: Ingeniería y Ciencias de los Materiales

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Universidad Nacional de Ingeniería

Resumen

El proyecto consiste en mejorar las propiedades mecánicas del acero SAE 1040. Teniendo en cuenta que el acero sin temple tiene una dureza de 28HRC y resistencia a la tracción de 63kg/mm^2 y después de hacerle el temple tiene una dureza de 58HRC y una resistencia a la tracción de 95 kg/mm^2.

Por otro lado también se observara la metalografía que es la disciplina que estudia microscópicamente las características estructurales de un metal. Entonces es posible determinar el tamaño de grano, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen gran efecto sobre las propiedades mecánicas del metal. La microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal y, bajo un conjunto de condiciones dadas, se podrá predecirse su comportamiento esperado de dicho acero SAE 1040.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es un trabajo que forma parte de la formación de futuros ingenieros metalurgitas, ya que se debe conocer la metalografía de los aceros, así como también el proceso para mejorar sus propiedades mecánicas como la dureza.

En este caso el procedimiento que utilizamos para mejorar la dureza, se realizaron dos tipos de tratamiento térmico: el temple en diferentes medios tanto en agua como en aceite y el revenido. El resultado de ambos procesos podremos ver que la dureza aumento con respecto a el acero inicial.

Los tratamientos térmicos consiste en el cambio o modificación de las propiedades de un material con calentamiento y enfriamiento controlado se denomina tratamiento térmico y es un término genérico que incluye los procesos de reblandecimiento, endurecimiento y tratamiento de superficies. El endurecimiento abarca procesos como templado de martensita, templado de austenita y endurecimiento.

Estos procesos se efectúan para aumentar la resistencia y dureza, mejorar la ductilidad, cambiar el tamaño de granos y composición química, mejorar la facilidad de trabajo, liberar esfuerzos, endurecer herramientas y modificar las propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales. Como todos estos procesos implican cambios o modificaciones en la estructura del material, se necesitan conocimientos de metalurgia o de físico-química para conocerlos a fondo. Por tanto, solo se describirán los aspectos sencillos de estos procesos.

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Muchas veces el acero SAE 1040 o fierro de construcción, una vez que es utilizado por varios años

como soporte de alguna construcción civil y luego esta es demolida este acero pasa a formar parte de la chatarra. Pero noso-tros podemos darle un uso, como sabemos por el tiempo en uso este ya perdió algunas de sus propiedades debido a muchos factores por ejemplo los inicios de la corrosión que genera la perdida de la dureza.

Entonces podemos mejorar sus propiedades mecánicas haciéndole un tratamiento térmico. Para esto se realizamos pruebas en acero SAE 1040 usado de donde tomamos pequeñas muestras (probetas) para su estudio y proceder al templado y revenido y así obtener una dureza mayor a la inicial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Mejorar las propiedades mecánicas del acero SAE 1040. Teniendo en cuenta que el acero sin temple tiene una dureza promedio de 25HRC
- Preparación de una muestra para el estudio de su microestructura

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar los pasos que se deben seguir para realizar un análisis metalográfico.
- Identificar mediante una observación microscópica la microestructura de aleaciones reconociendo así las fases presentes y los tratamientos térmicos que hasta el momento había sufrido la muestra.
- Relacionar las características estructurales de un metal o aleación con sus propiedades físicas o mecánicas.
- Conocer el funcionamiento general de un microscopio metalográfico, con el fin de utilizarlo en el análisis de muestras.
- Determinar los factores de los cuales depende el tamaño de grano de un material y conocer su influencia sobre las propiedades mecánicas de este.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

El procedimiento que seguimos fue el siguiente:

Preparación de la probeta metalográfica

La metalografía estudia la estructura microscópica de los metales y sus aleaciones. Antes de observar un metal al microscopio, es necesario acondicionar la muestra de manera que quede plana y pulida. **Plana**, porque los sistemas ópticos del microscopio tienen muy poca profundidad de campo y **pulida** porque así observaremos la estructura del metal y no las marcas originadas durante el corte u otros procesos previos.

Las fases de preparación de la probeta metalográfica son las siguientes:

1. Corte de la muestra
2. Montaje (opcional)
3. Desbaste
4. Pulido
5. Ataque químico o electrolítico.

I. Corte de la muestra

El corte es un proceso en el que se produce calor, por fricción, y se raya el metal.

Si el corte es muy agresivo, no veremos el metal que queremos estudiar sino la estructura resultante de la transformación sufrida por el mismo. Para reducir estos efectos al mínimo, hay que tener en cuenta las

siguientes variables: lubricación, corte a bajas revoluciones y poca presión de la probeta sobre la sierra de corte.

Las cortadoras metalográficas están provistas de sistemas de refrigeración, regulación de la velocidad de corte de la sierra y de la presión de corte.

II. Desbaste

Durante el proceso de desbaste se eliminan gran parte de las rayas producidas en el corte.

Se realiza en una pulidora empleando discos abrasivos de distintos diámetros de partícula, cada vez más finos.

Cada vez que se cambia de disco, es muy importante limpiar muy bien la probeta con agua abundante para eliminar los posibles restos de partículas del disco anterior, así evitamos que se produzcan rayas por partículas que hayan podido quedar del disco anterior cuando estamos trabajando con un disco de grano más fino.

III. Pulido

Se realiza con paños especiales, similar a los usados en los tapices.

Como abrasivo, se puede utilizar polvo de diamante o alúmina. El primero se aplica con un aceite especial, para lubricar y extender la pasta de diamante y el segundo en solución con agua.

En el pulido apenas hay arranque de material y lo que se pretende es eliminar todas las rayas producidas en procesos anteriores. El pulido finaliza cuando la probeta es un espejo perfecto.

IV. Ataque químico

En este punto la probeta es plana y está pulida, es un espejo.

El ataque químico pondrá de manifiesto la estructura del metal ya que atacará los bordes de los granos y afectará de manera diferente a las distintas fases presentes en el metal.

Para cada metal y aleación se utiliza un reactivo de ataque diferente. En el caso del acero el más utilizado es el NITAL, que se prepara disolviendo ácido nítrico en etanol. Cuando el acero es inoxidable se suele realizar un ataque electroquímico.

En la fotografía aparece la probeta antes de ser tratada con Nital-5 (nítrico en etanol al 5%). Después del ataque perderá su brillo.

V. Microscopio metalográfico

El microscopio metalográfico se diferencia del ordinario, fundamentalmente, en su sistema de iluminación. La luz no puede atravesar el metal y por tanto la luz entra en el objetivo después de ser reflejada en la probeta metálica.

Los microscopios metalográficos suelen llevar un acoplador para montar una cámara fotográfica o de video ya que, para poder estudiar mejor la estructura del metal, se obtienen microfotografía-fías.

En la imagen puede verse la probeta sobre la pletina del microscopio, debajo están los objetivos y a la derecha la fuente de luz.

VI. Medición de la dureza

La dureza se define ingeniería metalúrgica como la resistencia a la penetración. Esta resistencia es la

función de las propiedades mecánicas del material, sobre todo de su límite elástico y, en menor grado, de su tendencia al endurecimiento de trabajo, y del módulo de elasticidad. Si se tiene un material de composición dada, y se conoce su historial, se puede relacionar el límite elástico con la resistencia a la tensión, la ductilidad y la tenacidad. Por tanto, las pruebas de dureza pueden proporcionar datos de los que se pueden derivar muchas propiedades mecánicas importantes, puesto que las pruebas de dureza se pueden llevar a cabo de una manera fácil y rápida, se usan ampliamente y se emplean para controlar procesos, así como para inspeccionar y determinar la aceptación de materiales y componentes.

VII. Templado

Para este tratamiento térmico

- Primero calentamos las muestras en un horno de una temperatura de 830º a 850º con la finalidad de darle un enfriamiento brusco y aumentarle la dureza a este acero.

- En segundo lugar, realizamos el cambio brusco de temperatura en agua y en aceite.

- Una vez templado el metal pasamos a observar su microestructura y posteriormente a medir su dureza, después del templado

VIII. Revenido

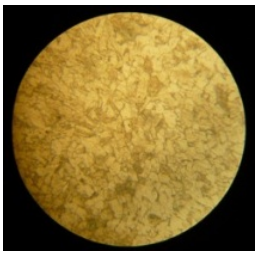
Este tratamiento térmico será aplicado a un grupo de las muestras que necesariamente ya se le haya aplicado el temple.

- Luego de haber enfriado el acero templado hasta unos 45 °C o hasta una temperatura a la cual se puede sostener la herramienta en la mano, se procede a calentar. En la superficie del acero se forma una película de óxido cuyo color varía con la temperatura desde amarillo pajizo 220°C a gris oscuro 400° durante una hora aproximadamente a diferencia del temple lo que se busca en el revenido es reducir tensiones internas del material templado sin reducir la dureza.

- Luego de mantenerlo entre estas temperaturas se retira del horno y se enfría lentamente con aire.

- Una vez templado el metal pasamos a observar su microestructura y posteriormente a medir su dureza, después del revenido.

RESULTADOS



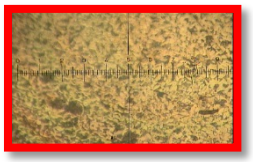
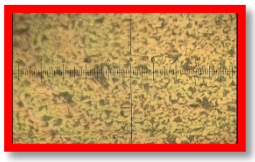
Estas microfotografías están tomadas a 400 aumentos. En ellas se puede observar la probeta antes y después del ataque con ácido nítrico.

La observación directa, sin ataque químico, permite observar la presencia de nódulos de grafito, grietas e irregularidades. Además, en la parte superior se observa una raya no eliminada durante el proceso de pulido.

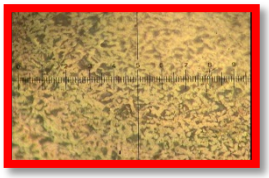
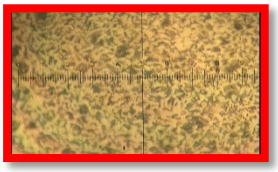
Después del ataque, aparecen visibles los límites de grano y las distintas fases de la estructura del acero.

A continuación vistas de algunas muestras:

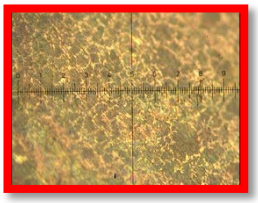
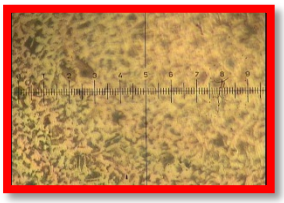
- probeta I

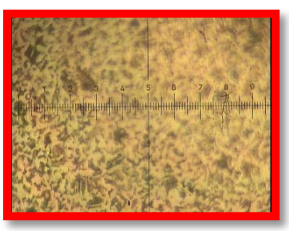
- probeta II

- Probeta III

- Probeta IV



Estos resultados son de la primera parte del acero SAE1040 con un tiempo de ataque químico de 3 – 5 segundos, antes de realizar el templado.

Una vez realizado el templado la dureza como ya era de esperar aumento en casi el doble, aquí los resultados:

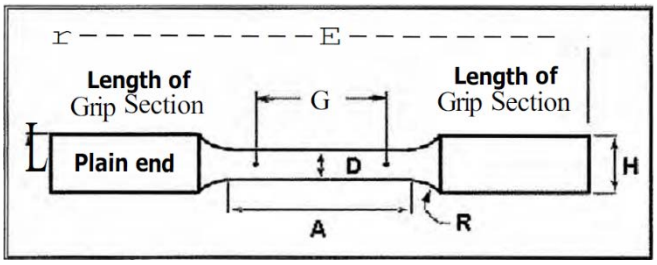
N° Muestra	Trat. Térmico		Dureza (HRC) Inicial	Dureza (HRC) Final
1	Temple	Aceite	27.0	50.5
2		Aceite	26.0	51.6
3		Aceite	28.7	52.2
4		Agua	25.0	40.0
5		Aceite	24.2	48.2
6		Agua	25.5	40.0
7		Agua	25.5	42.5
8		Aceite	29.0	56.0
9		Agua	25.8	39.5
10		Agua	28.3	37.0
11		Agua	22.0	41.7
12	Revenido	Aire	28.0	37.0
13		Aire	25.2	32.5
14		Aire	28.5	35.0
15		Aire	25.0	36.4
16		Aire	25.5	35.8
17		Aire	22.0	30.0

IX. Ensayo tracción

Después del temple y revenido, a las probetas se les midió la resistencia a la tracción, siendo el principal objetivo conocer el coeficiente entre la fuerza máxima aplicada sobre la probeta y la sección de la misma y así

poder calcular la máxima resistencia a la tracción. Para iniciar el ensayo se sujeta la probeta en ambos extremos con las mordazas del equipo de ensayo a la tracción, un extremo de la probeta está sujeto al cabezal móvil y la otra al cabezal fijo, luego se pone en funcionamiento la máquina de ensayo, el cabezal móvil alarga a la probeta, deformándola y el equipo simultáneamente nos va indicando la fuerza aplicada.

PROBETA PARA EL ENSAYO DE TRACCION
DIMENCIONES



Las dimensiones de la probeta según la norma ASTM E8 (Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials) son:

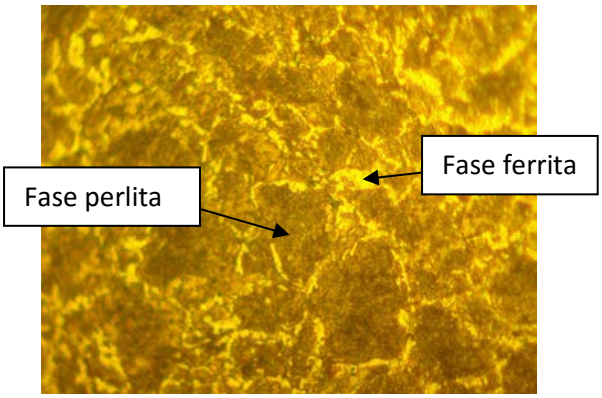
Diámetro calibrado (D) o diámetro de la probeta, zona donde se mide la deformación

D = 0.16 ± 0.003 pulgadas = 4.1 mm.
G = Longitud calibrada
G = 0.64 ± 0.005 pulgadas = 16.2 mm.
A = Longitud total en la zona calibrada
A = ¾ pulgada = 19.1 mm.
R = Radio del filete.
R = 5/32 pulgadas = 3.9 mm.
E = Longitud total de la probeta.
E = 60 mm.
H = 9.0 mm, de diámetro en la zona de agarre de las mordazas.

CONCLUSIONES

- En la figura del tiempo de 5 segundos podemos ver que aún se ven los defectos de la etapa de pulido de la probeta ya que el tiempo de contacto de la superficie con el reactivo no es suficiente para borrar estos mientras se va aumentando el tiempo de contacto de la probeta con el reactivo podemos observar que las fases son más notorias perlita y ferrita, zona oscura y clara respectivamente. Si nos excedemos en el tiempo la probeta por acción del ácido tiende a corroerse y dañar la superficie de la probeta.

En la figura mostraremos las fases presentes



- Se conoció y aprendió a utilizar una máquina de dureza Rockwell.
- Se logró determinar la dureza Rockwell en las escalas B y C, en los materiales entregados en laboratorio.
- Por la rapidez y sencillez de los ensayos se pueden efectuar numerosos en muy poco tiempo y así verificar la autenticidad de los resultados.
- Se pudo mejorar las propiedades mecánicas del acero SAE-1040. Teniendo en cuenta que el acero sin temple tiene una dureza 25 HRC aproximadamente y resistencia a la tracción de

63kg/mm^2 y después de hacerle el temple tiene una dureza de 52 - 56HRC en aceite y de 39 - 40HRC en agua y una resistencia a la tracción de 95 kg/mm^2.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Y. Lajtin, *metalografía y tratamiento térmico de los metales*, Ed. Mir-Moscu, 1983.

[2] J. Apraiz. *Tratamiento térmico de los aceros*, décima edición, ed. Dossat-España, 2000.

[3] Avner S. (1998) "*introducción a la metalurgia fisca"* McGraw-Hill, ed. Interamericana, México.

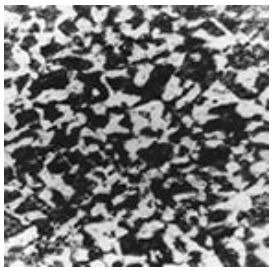
[4] Askeland Donald (1985) "*la ciencia e ingeniería de los materiales"* ed. Iberoamericana, México.

ANEXOS

Constituyentes del acero:

1. **FERRITA (Fe_α)**

Es una solución sólida de carbono en hierro alfa.



Su solubilidad a la temperatura ambiente es del orden de 0.008% de carbono, por lo que se considera hierro puro. La máxima solubilidad de carbono en el hierro alfa es de 0.02% a 723°C.

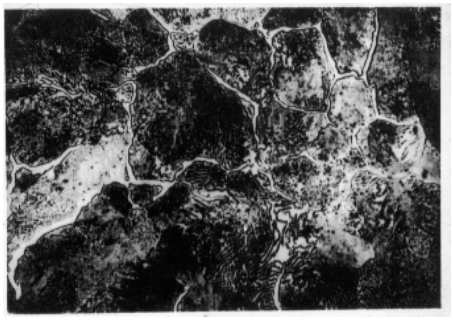
Al microscopio se observa como granos poligonales claros.

Fase ferrita

2. **CEMENTITA (Fe_3C)**

Es carburo de hierro Fe_3C y contiene 6.67% C.

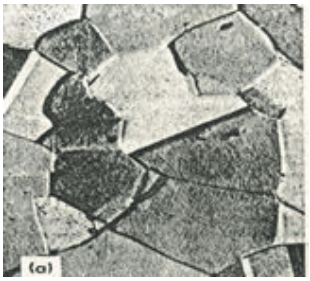
Es el microconstituyente **más duro y frágil** de los aceros, alcanzando una dureza Brinell de 700 (68 Rc) y cristaliza en la red ortorrómbica.



3. **PERLITA**

Es el microconstituyente **eutectoide** formado por capas alternadas de ferrita y cementita.

Compuesta por el 88 % de ferrita y 12 % de cementita, contiene el 0.8%C.

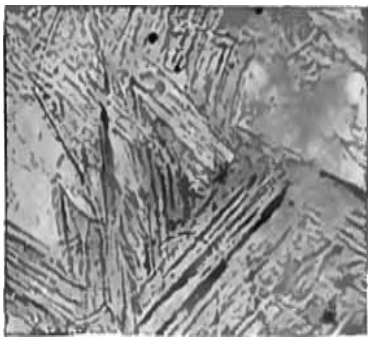


Tiene una dureza de 250 Brinell, resistencia a la tracción de 80 kg/mm^2 y un alargamiento del 15%.

La perlita aparece en general en el enfriamiento lento de la austenita y por la transformación isotérmica de la austenita en el rango de 650ºC a 723°C.
Su nombre se debe a las irisaciones que adquiere al iluminarla, parecidas a las perlas.

4. **AUSTENITA**

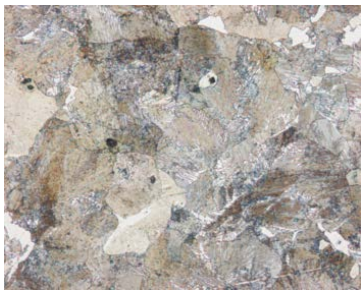
Es el constituyente **más denso** de los aceros y está formado por una solución sólida por inserción de carbono en hierro gamma.
La cantidad de carbono disuelto, varía de 0.8% al 2% C que es la máxima solubilidad a la temperatura de 1130°C. No es estable a la temperatura ambiente.
La austenita cristaliza en la red FCC, con una dureza de 300 Brinell, una resistencia a la tracción de 100 kg/mm^2 y un alargamiento del 30 %, no es magnética.



5. **MARTENSITA**

Es el constituyente de los **aceros templados**; está conformado por una solución sólida sobresaturada de carbono o carburo de hierro en ferrita y se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde su estado austenítico a altas temperaturas.

El contenido de carbono suele variar desde muy poco carbono hasta el 1% de carbono, sus propiedades físicas varían con su contenido en carbono hasta un máximo de 0.7%C.

La martensita tiene una dureza de 50 a 68 Rc, resistencia a la tracción de 170 a 250 kg/mm^2 y un alargamiento del 0.5% al 2.5%.

Es muy frágil y presenta un aspecto acicular formando grupos en zigzag con ángulos de 60 grados.