


UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN: _____


INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Sender Nicolás	
Apellido (s):	Moreno Sánchez	
Código:	20151375023	
E-mail:	nilazz@hotmail.com	
Teléfono fijo:	2357740	

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Uriel Alejandro	
Apellido (s):	Español Marroquin	
Código:	20152375004	
E-mail:	uaemud@hotmail.com	
Teléfono fijo:	3880207	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	Comparación microestructuras de los aceros AISI 1020, 1045 y 8620 templados desde temperaturas intercríticas y revenidos	
Duración (estimada):	5 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Materiales y procesos de manufactura	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Metalografía, Tratamientos térmicos	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. Carlos Arturo Bohórquez Ávila
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

COMPARACIÓN MICROESTRUCTURAL DE LOS ACEROS AISI 1020, 1045 Y 8620

TEMPLADOS DESDE TEMPERATURAS INTERCRITICAS Y REVENIDOS



URIEL ALEJANDRO ESPAÑOL MARROQUIN

COD: 20152375004

SENDER NICOLAS MORENO SANCHEZ

COD: 20151375023

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLOGICA

PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGIA E INGENIERIA MECANICA

BOGOTA D.C.

2018

**COMPARACIÓN MICROESTRUCTURAL DE LOS ACEROS 1020, 1045 Y 8620
TEMPLADOS DESDE TEMPERATURAS INTERCRITICAS Y REVENIDOS**

URIEL ALEJANDRO ESPAÑOL MARROQUIN

COD: 20152375004

SENDER NICOLAS MORENO SANCHEZ

COD: 20151375023

ANTEPROYECTO

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLOGICA

PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGIA E INGENIERIA MECANICA

BOGOTA D.C.

2018

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 ESTADO DEL ARTE.....	5
1.2 JUSTIFICACION.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
3. MARCO TEORICO.....	9
DIAGRAMA HIERRO CARBONO.....	9
CLASIFICACION DE LOS ACEROS.....	11
COMPONENTES MICROSCOPICOS DE LOS ACEROS.....	13
FERRITA.....	14
CEMENTITA.....	15
PERLITA.....	15
AUSTENITA.....	16
MARTENSITA.....	17
TEMPLE.....	17
TEMPLES A TEMPERTURAS INTERCRITICAS.....	18
TRANSFORMACIONES DE FASE.....	20
4. METODOLOGIA.....	26
5. CRONOGRAMA.....	28
6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACION.....	29
7. BIBLIOGRAFIA.....	30

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los distintos materiales que se utilizan en la industria entre ellos los metales muchas veces necesitan ser sometidos a diferentes procesos con la intención de mejorar sus propiedades mecánicas para un determinado fin.

Una manera muy utilizada para modificar los valores de propiedades de los metales y más comúnmente de los aceros consiste en someterlos a tratamientos térmicos como temple, revenidos, recocidos, entre otros, los cuales generan cambios en la estructura cristalina de los mismos generando a la vez un cambio en sus propiedades mecánicas. Esta variación depende del tipo de tratamiento térmico así como del rango de temperaturas y tiempos a las que vaya a ser expuesto el material durante dicho proceso.

Los aceros AISI 1020, 1045 y 8620, difieren entre si principalmente del porcentaje de carbono presente en su composición química, así como de los diferentes elementos aleantes presentes en ellos. La principal característica que estos tres aceros tienen en común es el uso que tienen en la industria. Son utilizados en gran medida para la fabricación de partes de maquinaria como engranajes, cigüeñales, ejes, pasadores para cadenas, bujes, entre otros. Teniendo en cuenta la información anterior, el cuestionamiento que se genera en esta investigación se resume en las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las distintas fases presentes en la microestructura de los aceros AISI 1020, 1045 y 8620 al ser templados y revenidos desde temperaturas intercríticas, y como varían con respecto al material base? ¿Cómo influyen las fases microestructurales presentes en las muestras templadas a distintas temperaturas intercríticas y revenidas en distintos periodos de tiempo y temperaturas en la dureza general de los aceros? ¿Cuál es el porcentaje de

carbono presente en cada una de las fases generadas después de tratar térmicamente los materiales?

Para obtener respuestas a los anteriores cuestionamientos, en este proyecto se someterán los aceros AISI 1020, 1045 y 8620 a tratamientos térmicos (temple y revenido) llevando estos materiales a diferentes temperaturas intercríticas, basadas en la temperaturas de austenización parcial y total, propias de cada material (basados en la composición química de cada material), para realizar el temple y paso seguido el revenido. Posteriormente se llevara a cabo un análisis metalográfico de cada probeta identificando las fases presentes mediante microscopia electrónica de barrido y ensayos de microdureza.

1.1 ESTADO DEL ARTE

Durante los últimos años el trabajo de investigación enfocado al desarrollo en la calidad de los aceros basado en el perfeccionamiento de las propiedades mecánicas de los materiales ha tenido bastante actividad.

El procedimiento seguido para obtener las fuentes fue principalmente examinar bibliotecas de distintas universidades como la de la Universidad Distrital y la Universidad Nacional con el fin de hallar investigaciones (tesis de grado) relacionadas con el tema que aquí se trata. También se citan algunos artículos científicos obtenidos de internet.

Los documentos que se mencionan a continuación fueron todos desarrollados en un periodo de tiempo cuyo rango varía entre 1993 y la actualidad. Algunos de ellos fueron desarrollados fuera de Colombia en países como México (Universidad Autónoma de Nuevo León)

En Colombia universidades como la Universidad Nacional tienen registros de trabajos de investigación sobre:

“Estudio de las propiedades del acero 1045 con microestructura de ferrita y martensita revenida (Dual Phase)” por Raúl Enrique Riveros Trujillo. La finalidad de este trabajo es el estudio de la influencia de un tipo de tratamiento termomecánico, sobre la variación de las propiedades mecánicas del acero AISI 1045. El tratamiento realizado fue la deformación del material antes de la transformación austenítica, por un proceso normal de trabajo en caliente. Con relación al proyecto que se realizara tiene en común uno de los materiales que aquí se trabajaran como lo es el acero AISI 1045. También que el fin último con el que se realiza tiene que ver en parte con las propiedades mecánicas del material. También se identifica claramente

que los análisis fueron realizados para un material sometido a un tratamiento termomecánico, diferente de un tratamiento temple-revenido.

“Efecto de la temperatura y el tiempo de austenización sobre la microestructura y dureza de los aceros templados y revenidos” por Naira Esperanza Alfonso Cortés, Adriana Alexandra Molina Ramírez. Este trabajo de grado relaciona los tiempos y las temperaturas a las cuales se someten los aceros AISI 1140, 1020, y 1040 en tratamientos térmicos de temple y revenido.

En la Universidad Autónoma de Nuevo León, facultad de ingeniería mecánica y eléctrica, existe la tesis “Obtención del módulo de elasticidad y relación de Poisson en diferentes grados de acero al manganeso” del año 2000 del autor Moisés Espinoza Esquivel. En el capítulo 2 de esta tesis se muestran análisis metalográficos y de microestructura para diferentes grados de acero al manganeso. Lo anterior tiene que ver con el presente proyecto en cuanto a los procedimientos para obtener imágenes de microestructura de un acero, con la diferencia de que los aceros utilizados en dichos análisis contienen elementos de aleación distintos a los que se utilizaran como objeto de estudio en esta investigación.

En el artículo “El efecto del tamaño de partícula de martensita en la fractura a la tracción de la superficie carburizada del acero AISI 8620 con microestructura de doble núcleo fase” de los autores Mehmet Erdogan y Suleyman Tekeli del año 2002; muestra el estudio de la producción de la microestructura de fase dual en el núcleo de la superficie carburizada del acero 8620 cementado y el efecto del tamaño de partícula de martensita a una fracción de volumen de martensita constante sobre fractura a la tracción. Los resultados mostraron que las muestras con microestructura de fase dual en el núcleo exhibieron valores ligeramente menores de resistencia a la tracción y de resistencia a la fluencia, pero ductilidad superior sin sacrificar la dureza de la

superficie que un espécimen con microestructura martensítica casi totalmente en el núcleo producidos por tratamiento térmico convencional que implica enfriamiento rápido desde los 900 grados Celsius aproximadamente. Con respecto a este proyecto ayudan ciertas nociones en cambios de propiedades mecánicas para un acero 8620. Lo que genera cierta incertidumbre respecto a los resultados es el hecho del que el acero 8620 sea cementado.

En la tesis de grado “Comparación microestructural de los aceros 1020, 1045 y 8620 templados desde temperaturas intercríticas” de los autores Sender Nicolás Moreno Sánchez y Henry Alexander Vargas Toledo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá; se hace un estudio de la microestructura obtenida después de temprar los aceros AISI 1020, 1045 y 8620 templados desde temperaturas intercríticas mediante microscopía óptica y ensayos de microdureza, además de ensayos de dureza para cada muestra de cada material.

En la tesis de grado “Análisis de la influencia del tratamiento térmico de temple desde temperaturas intercríticas y revenido en un acero AISI SAE 8620” de los autores Santiago Piñeros Torres y William Porras Moreno de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá; se analiza el comportamiento del acero AISI 8620 sometido a esfuerzos de tensión después tratado térmicamente mediante el temple a dos temperaturas intercríticas y revenido a una sola temperatura en 4 intervalos de tiempo distintos

1.2 JUSTIFICACION

Los artículos e investigaciones consultados previamente al planteamiento formal de este proyecto, aunque están relacionados con los materiales en cuestión y con los tratamientos térmicos que se quieren emplear, no tienen el alcance que al que este proyecto pretende llegar por las razones que se exponen a continuación:

- La realización del presente proyecto pretende lograr un análisis comparativo a partir del cambio que sufren los aceros en su estructura cristalina y en su dureza al verse sometidos a tratamientos térmicos (temple y revenido).

- Partiendo de templar y de revenir los aceros AISI 1020, 1045 y 8620 se pretende hacer una caracterización metalográfica de las fases presentes en cada muestra a través de microscopia electrónica de barrido y de ensayos de microdureza, además de determinar el porcentaje de carbono presente en cada una de las fases. También se hará un estudio del cambio en los valores de dureza de cada material después de ser tratados térmicamente.

- Posteriormente se pretende comparar los estudios metalográficos realizados para cada probeta con respecto al material en estado de entrega, así como establecer las principales diferencias que presentan entre si los tres aceros después de ser templados y revenidos.

- Finalmente se espera llegar a determinar el comportamiento y establecer las principales diferencias que presentan en los aceros AISI 1020, 1045 y 8620 a nivel microestructural y de valores de dureza al ser templados y revenidos desde temperaturas intercríticas de manera que permitan al lector tener un panorama de las características que presentan los 3 aceros.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar mediante microscopia electrónica de barrido y ensayos de microdureza la microestructura de los aceros AISI 1020, 1045 y 8620 templados desde temperaturas intercríticas y posteriormente revenidos

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Establecer el número de probetas de acuerdo a los tratamientos térmicos a realizar y constatar la composición química de los aceros 1020, 1045 y 8620 mediante espectrometría.

Realizar temple a 2 temperaturas intercríticas teniendo el agua como medio de enfriamiento, luego realizar revenidos a temperatura cercana a Ms.

Realizar análisis metalográfico de las probetas mediante microscopia electrónica de barrido y ensayos de microdureza para determinar las microestructuras presentes en cada muestra.

Llevar a cabo ensayos de dureza para cada muestra, comparar los resultados obtenidos para cada caso y realizar las conclusiones respectivas.

3. MARCO TEORICO

A continuación se dará una introducción a los temas que se trataran en este proyecto de investigación mediante la consulta bibliográfica de información relacionada.

DIAGRAMA HIERRO CARBONO

Los aceros que se emplean en la industria, son aleaciones y no metales puros como el oro, la plata, el estaño, etc. De algunos de sus numerosos componentes, el hierro es el elemento que entra en mayor cantidad o proporción, y el carbono es el que ejerce influencia más decisiva a la hora de analizar sus propiedades, características y tratamientos. El contenido en carbono de los aceros varía desde 0.035% a 1.7%, llegando en algunos aceros casos excepcionales a 2.2%.

Como para un estudio preliminar, la influencia del manganeso, silicio, fosforo, azufre, cromo, níquel, molibdeno, wolframio, vanadio y otros elementos que contienen los aceros, podemos considerarlos en una segunda posición o caso especial, y principalmente nos basaremos en la aleación de el hierro-carbono.¹

“Las aleaciones ferrosas, que se basan en aleaciones de hierro carbono, incluyen los aceros al bajo carbono, los aceros aleados y de herramientas, los aceros inoxidables y los hierros fundidos. Los aceros típicamente se producen de dos formas: refinado el mineral de hierro reciclando chatarra de acero”. (Barreiro, 2010)

¹José Apraiz Barrero, Tratamientos Térmicos De Los Aceros, Décima Edición, Bilbao España, Cie Inversiones Editoriales Dossat 200 S.L., Pagina 2.

CLASIFICACION DE LOS ACEROS

El punto en el que se podría dividir los aceros y los hierros fundidos es de 2.11% c. punto en que hacemos posible la reacción eutéctica. Para poder dar claridad del tema nos enfocaremos en el diagrama hierro carbono y así identificar dentro de estas líneas de solubilidad y la isoterma eutéctica. La línea A_3 muestra la temperatura a la cual empieza a formarse la ferrita al enfriarse; la línea A_{cm} muestra la temperatura a la cual se empieza a formar la cementita; la línea A_1 es la temperatura eutéctica.

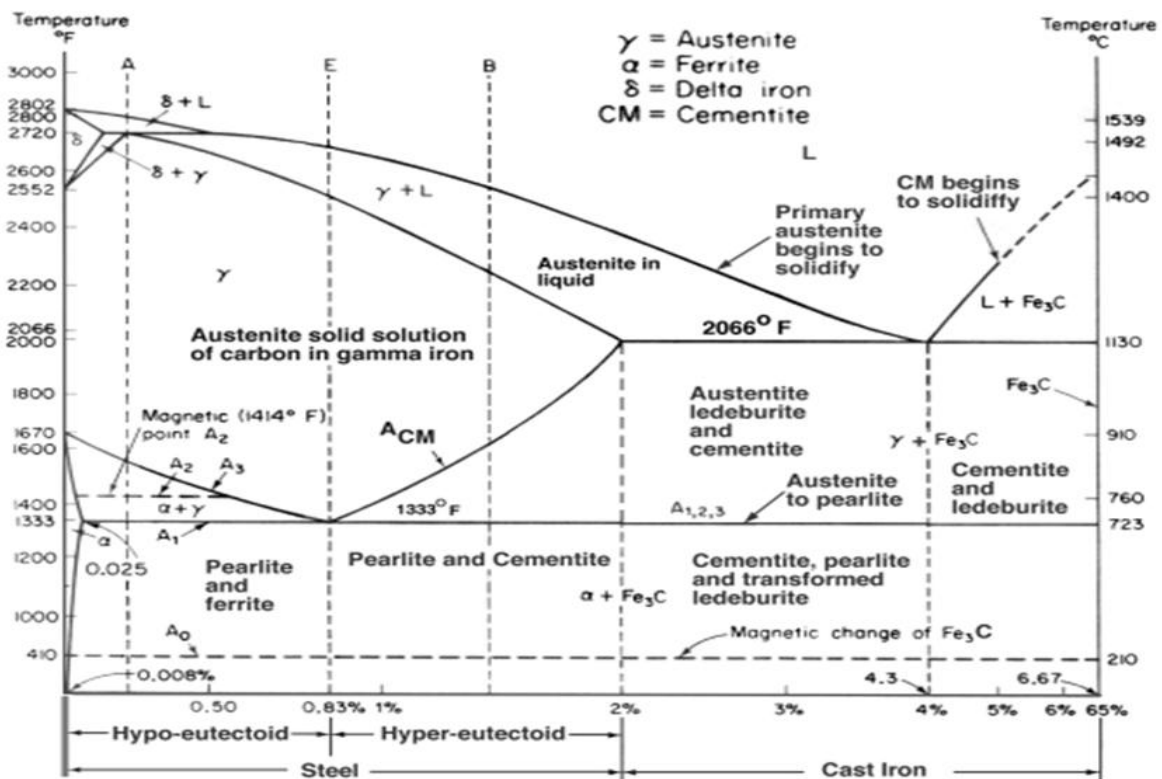


Imagen tomada de: Donald R. Askeland, *Ciencia E Ingeniería De Los Materiales*, Cuarta Edición, 2004, Editorial Thomson.

Casi que todos los tratamientos térmicos del acero tienen como finalidad la producción de una mezcla entre ferrita y cementita que se diría que es la combinación correcta de propiedades

CONSTITUYENTES MICROSCÓPICOS DE LOS ACEROS

Al hablarse de temple estamos refiriéndonos a una serie de cambios en el micro estructura de un acero por medio de la adición de energía. Este proceso genera una serie de fases que se presentan en los aceros.

FERRITA

La ferrita es hierro alfa, es decir, hierro casi puro, que puede contener en solución pequeñas cantidades de silicio, fósforo y otras impurezas. En los aceros aleados, suelen formar soluciones sólidas con la ferrita o el hierro alfa, el níquel, manganeso, cobre, silicio, aluminio, etc. Cristaliza como se ha explicado anteriormente en el sistema cúbico, de cuerpo centrado, estando el cubo elemental formado por 8 átomos, situados en los vértices y uno en el centro. Tiene aproximadamente una resistencia de 28kg/mm^2 , 35% de alargamiento y una dureza de 90 unidades Brinell. Es el más blando de todos los constituyentes del acero, muy dúctil y maleable. Magnética y de pequeña fuerza coercitiva.

En los aceros puede presentarse de maneras muy diversas, como elementos que acompañan a la perlita en este caso se presenta en forma de cristales mezclados con la perlita, en los aceros con menos de 0.55% de carbono aproximadamente, en otra forma que se podría presentar sería en los aceros de 0.55% a 0.85% de carbono aproximadamente en forma de maya que demarca la

separación de granos de perlita, y como en una tercera y última forma se presentan en una forma de agujas enfocadas hacia en dirección de los planos cristalográficos de la austenita.

Esta también aparece como elemento eutectoide de la perlita generando unas láminas paralelas separadas por otras láminas de cementita.

CEMENTITA

La cementita es el carburo de hierro contiene 6.67% de carbono y 93.33% de hierro. Es la constituyente más dura y frágil de los aceros al carbón su dureza puede llegar a superar los 68 Rockwell-c.

No es coloreada por los reactivos usados corrientemente apareciendo de un color blanco brillante por su gran dureza queda en relieve después del pulido. Aunque con un poco de experiencia se distingue de la ferrita ya que estas dos quedan del mismo color después del ataque. Para diferenciarlas se pueden atacar con picrato sódico en caliente que colorea de oscuro la cementita.

Es magnética a su temperatura ordinaria pero esto se pierde después de someterla a una temperatura de 218°C.

PERLITA

Es un constituyente eutectoide formado por capas alteradas de hierro alfa y carburo de hierro o lo que es igual a ferrita y cementita, esta contiene aproximadamente seis partes de hierro y una

de carburo, que corresponde 13.5% de CFe_3 y 86.5% de Fe y a 0.9% de carbono y 99.1% de hierro. Tiene una resistencia de 80km/mm^2 y un alargamiento de 15% aproximadamente.

Esta aparece en el enfriamiento lento de la austenita o por transformación esotérica de la austenita en la zona de los 650° a 725° .

La ferrita y la cementita que componen la perlita aparecen formando laminas paralelas y alternadas que tienen reflejos nacarados, por lo que en 1864 se le dio el nombre de constituyente perlítico

Dependiendo de la velocidad de enfriamiento esas laminillas aparecen más o menos separadas pero a medida que se va acercando a su enfriamiento estas se juntan de tal forma que en el microscopio por más de mucho aumentos no se pueden distinguir muy fácil.

Esta se puede clasificar como perlita gruesa, fina o normal, la perlita gruesa se obtiene al enfriarla muy lentamente en el horno, está más o menos tiene una dureza de 200 brinell. La perlita normal tiene una dureza de 220 brinell, la perlita fina se obtiene al enfriar muy rápidamente ya sea en el horno o en el aire y su dureza es de 300 brinell

Al usar el microscopio se puede decir que lo que se observa no es más la sombra entre la cementita y la ferrita ya que como estas dos no son coloridas a la hora de ser atacadas simplemente es la sombra de la cementita por su relieve ya que sobresale alta dureza en la hora de pulirse.

Cada grupo laminar entre cementita y ferrita constituye a un cristal de perlita.

AUSTENITA

La austenita es una forma de ordenamiento distinta de los átomos de hierro y carbono. En el caso del hierro puro, es estable a temperaturas que oscilan entre los 900 y 1400° C.

La estructura de la austenita es de tipo cúbica centrada en las caras, donde se diluyen en solución sólida los átomos de carbono en los intersticios. Sin embargo esta dilución no carece de límites, sino que llega a un máximo, como se puede apreciar en cualquier diagrama Fe-C. Ateniéndonos a dicho diagrama, la solubilidad máxima de la austenita es de aproximadamente el 2.0%. La estructura de la austenita permite una mejor difusión con el carbono, acelerando los procesos de carburación del acero. Por definición, los aceros contienen menos del 2.0% de carbono y pueden tener disuelto el carbono completamente a altas temperaturas. La austenita deja de ser estable a temperatura ambiente, excepto en aceros fuertemente aleados como algunos inoxidable.

MARTENSITA

La martensita es una solución sólida sobresaturada de carbono en hierro alfa. Se obtiene por enfriamiento muy rápido de los aceros, una vez elevada su temperatura lo suficiente para conseguir su constitución austenítica.

La martensita se presenta en forma de agujas y cristaliza en la red tetragonal en lugar de cristalizar en la red cúbica centrada, que es la del hierro alfa, debido a la deformación que produce en su red cristalina la inserción de los átomos de carbono.

La dureza de la martensita puede atribuirse precisamente a la tensión que produce en sus cristales esta deformación de la misma manera que los metales deformados en frío deben a los granos deformados y en tensión el aumento de dureza que experimentan. Después de la cementita es el constituyente más duro de los aceros.²

TEMPLE

Consiste en el calentamiento del acero hasta una temperatura de austenización (la cual depende de la composición química), seguido de un tiempo de sostenimiento a dicha temperatura

Para que ocurra la transformación de la estructura que posee el acero a temperatura ambiente, y luego se somete a enfriamiento a una velocidad crítica proporcionada por el medio de enfriamiento que se vaya a utilizar. El objetivo principal del temple es endurecer el acero.³

TEMPLE A TEMPERATURAS INTERCRITICAS

Tratamiento térmico intercrítico es un nuevo enfoque para desarrollar un acero de doble fase con combinaciones de alta resistencia y ductilidad en bajo contenido de carbono (menos de 0,2% de carbono) y aceros de baja aleación. El término "doble fase" se refiere a la presencia de las fases de ferrita-martensita, aunque algunas pequeñas cantidades de bainita, perlita y austenita retenida pueden también estar presentes. Una forma de lograr estas microestructuras es por

²José Apraiz Barrero, Tratamientos Térmicos De Los Aceros, Décima Edición, Bilbao España, Cie Inversiones Editoriales Dossat 200 S.L., Pagina 2.

³ Investigación a través de <http://www.tratar.com.co/descargas/tratamientos.pdf> mayo 16 de 2013

calentamiento de los aceros en la región intercrítica, que está entre las temperaturas críticas A1 y A3 y aplicar un enfriamiento rápido sin revenido posterior.

Aceros de doble fase pueden exhibir tanto la resistencia a la tracción y buena capacidad de formación a través del tratamiento térmico intercrítico (IHT). La matriz de ferrita proporciona la ductilidad mientras que las partículas de martensita proporcionan resistencia. Además de estas propiedades, las demás favorabilidades de estos aceros es la baja resistencia a la fluencia, el comportamiento es un rendimiento continuo, alto y uniforme al alargamiento total. Los aceros de doble fase se están convirtiendo lo más importante en la industria del automóvil, donde la alta resistencia y ductilidad de reducción de peso de alta permitividad sin sacrificar la capacidad de formación, mientras que baja en carbono y con baja aleación de minimizar el costo.

Los aceros de fase dual se caracterizan por una microestructura que consiste en una dispersión de partículas duras en martensita una matriz de ferrita blanda y dúctil. Esta morfología presenta una combinación de propiedades únicas (a veces llamado propiedades doble fase propiedades), una fuerza de fluencia desplazada bajo 0,2%, una alta resistencia a la tracción fuerza, una alta velocidad de endurecimiento de trabajo, alta tenacidad y sin fuerte punto de fluencia. Mecanismo responsable de la forma de la continua tensión-deformación a baja tensión es la transformación austenita a martensita.

La transformación martensítica genera una abundancia de nuevas dislocaciones libres en la matriz de ferrita en la sala de temperatura. Movimiento del número suficiente de obstrucciones dislocaciones hace que el flujo de plástico a ocurrir fácilmente en cepas de plástico bajos. Dado que el flujo de plástico comienza simultáneamente en muchos sitios a lo

largo de la muestra, con un rendimiento discontinuo se suprime y los resultados en la ausencia de punto de fluencia elongación y la baja tensión de fluencia observado.⁴

TRANSFORMACIONES DE FASE

TRANSFORMACIONES EN ESTADO SÓLIDO DIFUSIONALES

La mayoría de las transformaciones de fase que se producen en estado sólido tienen lugar por movimientos atómicos activados térmicamente. Estas transformaciones se inducen por un cambio de temperatura en una aleación que tiene una composición fija. La mayoría de las ocasiones son transformaciones desde una región monofásica de un diagrama binario de fases a una región donde una o más fases son estables. Los tipos de transformaciones de fases que son posibles se pueden clasificar en cinco grupos: Reacciones de precipitación, transformación eutectoide, Reacciones de ordenación, Transformaciones masivas, cambios polifórmicos.

La microestructura que se obtiene es función del tamaño de grano y de la velocidad de enfriamiento. Si la velocidad de enfriamiento es muy elevada, no se forman núcleos hasta que el subenfriamiento es muy alto. En estas condiciones, grandes zonas del límite de grano se llenan de núcleos. Por otra parte cuando el tamaño de grano es pequeño hay gran cantidad de bordes, esquinas y límites de grano que favorecen una elevada nucleación. Al contrario, cuando el tamaño de grano es grande, la nucleación está más impedida.

⁴ Department of Mechanical and Materials Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia, Comportamiento Del Tratamiento Térmico A Temperaturas Intercriticas, página 482

REACCIONES DE PRECIPITACIÓN

Las reacciones de precipitación generalmente se producen en sistemas de aleaciones cuando una fase se transforma en una fase mixta como resultado del enfriamiento desde altas temperaturas. La reacción de estado sólido resulta en una mezcla de la fase de matriz y precipitados que nuclean. La matriz puede compartir una estructura cristalina similar a la fase inicial, pero tiene a menudo un parámetro de red diferente.

TRANSFORMACIÓN EUTECTOIDE

La reacción eutectoide es un equilibrio trifásico en el que una fase sólida se desdobra en otras dos fases sólidas a temperatura constante. Tanto la precipitación como la reacción eutectoide forman fases con distinta composición de la matriz, lo que supone difusión de largo alcance. Los otros tipos de transformaciones se pueden producir sin cambio de composición o difusión de largo alcance.

TRANSFORMACIÓN MASIVA

En este caso la fase original se descompone en una o más fases con la misma composición de la fase de partida, pero con diferente estructura cristalina. La nueva fase puede ser estable o metaestable.

TRANSFORMACIÓN POLIMÓRFICA

Se produce en sistemas de un único componente con diferentes estructuras cristalinas que son estables en diferentes intervalos de temperaturas. Caso del hierro que pasa de estructura cc a ccc.

Todas estas transformaciones se producen por nucleación y crecimiento controlados por la difusión.

En los tratamientos térmicos como el recocido o normalizado la transformación se produce durante el enfriamiento continuo. Si este es muy lento la ferrita nuclea a bajos subenfriamientos en bordes o esquinas de grano. Como hay tiempo la difusión hace que la austenita tenga una composición homogénea. Se alcanza la temperatura eutectoide y se forma perlita.

En la precipitación de la ferrita desde la austenita bajo condiciones en las que no hay fases de transición, los sitios de nucleación son los límites de grano y las superficies de las inclusiones. Bajo condiciones de equilibrio, la ferrita proeutectoide se formará en aleaciones Fe-C que contengan menos del 0,8%C. La reacción tiene lugar entre 723 y 910°C.

COMPORTAMIENTO DE LA FERRITA Y LA PERLITA EN LA DIFUSIÓN

En los tratamientos térmicos como el recocido o normalizado la transformación se produce durante el enfriamiento continuo. Si este es muy lento la ferrita nuclea a bajos subenfriamientos en bordes o esquinas de grano. Como hay tiempo la difusión hace que la austenita tenga una composición homogénea. Se alcanza la temperatura eutectoide y se forma perlita. La primera

etapa en la formación de la perlita es la nucleación de una de las fases ferrita o cementita en el límite de grano. La fase que nuclea depende de la estructura y composición del límite de grano.

Los nódulos de la perlita nuclean en los límites de grano de la austenita. Cuando el subenfriamiento es bajo, nuclean pocos nódulos y se desarrollan y crecen, como esferas o semiesferas sin interferencias de unos sobre otros. Si el subenfriamiento es elevado la velocidad de nucleación es mucho mayor y se produce la saturación de sitios, todos los límites se llenan rápidamente de núcleos que crecen juntos formando capas de perlita delineando los límites de grano de la austenita original.

Cuando el acero contiene un porcentaje de carbono diferente al eutectoide, la transformación perlítica va precedida por la formación de ferrita o cementita proeutectoide. Si el subenfriamiento es muy elevado, altas velocidades de enfriamiento, es posible que la austenita se transforme directamente en perlita.

DUREZA EN LOS PROCESOS CON DIFUSIÓN

Como ya se sabe, la máxima dureza obtenible en cualquier acero está asociada con una estructura totalmente martensítica. Esta microestructura puede obtenerse siempre que se supriman las transformaciones controladas por difusión de la austenita mediante enfriamientos suficientemente rápidos. Existen varios factores que afectan las velocidades de enfriamiento a través del material y la respuesta de un acero dado a esas velocidades de enfriamiento.

Dos factores importantes afectan la velocidad de enfriamiento o la velocidad a la cual el calor es removido de una parte de un acero dado. Uno es la capacidad del calor de difundir desde el interior hacia la superficie del acero y el otro es la capacidad del medio de temple de remover calor desde la superficie del mismo.

La capacidad de un acero de transferir calor está caracterizada por su difusividad térmica. La difusividad térmica de los productos de transformación austenítica aumenta con la disminución de la temperatura.⁵

Las bajas velocidades de enfriamiento dan más tiempo para que se desarrollen las transformaciones controladas por difusión que provocan menores valores de dureza. En la práctica, es casi imposible controlar las propiedades térmicas de los aceros y la manera principal de controlar la velocidad de enfriamiento es la que se realiza mediante una selección apropiada del medio de temple.

TRANSFORMACIONES EN ESTADO SÓLIDO NO DIFUSIONALES

Este tipo de transformación suponen un proceso tecnológicamente muy importante para endurecer los aceros. Templando lo suficientemente rápido, desde el campo austenítico, para evitar que la transformación eutectoide controlada por la difusión se produzca, el acero se transforma en martensita.

⁵ *Donald R. Askeland, Ciencia E Ingeniería De Los Materiales, Cuarta Edición, 2004, Editorial Thomson.*

La martensita describe al producto de la transformación sin difusión. Se llama martensita al producto de cualquier transformación en la que desde el comienzo hasta completarse los movimientos atómicos individuales son menores de un espaciado interatómico. Por la forma tan rápida en que cambian de posición los átomos en esta transformación se la denomina militar, en contraposición a las controladas por la difusión que se denominan civiles.

Cualquier material, metales, aleaciones, cerámicos y compuestos, si se les enfría suficientemente rápido, para evitar una transformación de difusión, pueden dar transformación martensítica.

4. METODOLOGIA

El primer paso para desarrollar esta investigación consiste en determinar el campo de acción sobre el cual se trabajara en este caso son los aceros y los tratamientos térmicos. Una vez hecho esto se procede al planteamiento un problema alrededor del cual se va a desarrollar la investigación y se proceder a proponer las acciones que se requieren para llegar a la posible solución del mismo como se muestra a continuación:

- Reconocimiento del campo de investigación y recopilación de información de antecedentes referentes al proyecto
- Justificación de la ejecución del proyecto y planteamiento de objetivos
- Obtención de los materiales y seguido del maquinado para obtener las probetas necesarias para realizar los tratamientos térmicos.
- Análisis de la composición química de los aceros mediante espectrometría
- Calculo de las temperaturas A_1 y A_3 y realización de los tratamientos térmicos
- A partir las temperaturas A_1 y A_3 determinar las temperaturas intercriticas a las cuales se realizaran los temple, y posteriormente la temperatura de revenido para cada material y ejecutarlos.
- Realizar la preparación metalográfica de las probetas para realizar análisis microestructural.
- Analizar mediante el uso del microscopio electrónico de barrido las probetas, identificar las microestructuras presentes, y analizar la difusión de carbono en las diferentes fases.
- Realizar ensayos de microdureza y de dureza

- Analizar y organizar de manera adecuada los resultados obtenidos en cada uno y desarrollar conclusiones acertadas con base a ellos.

5. CRONOGRAMA

El cronograma de actividades puede verse modificado a causas de imprevistos durante el desarrollo del proyecto, o por alguna situación fuera de lo común.

ACTIVIDADES	MES				
	1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
RECOPIACION DE INFORMACION					
SELECCIÓN DE MATERIAL DE APOYO Y ETAPA DE INVESTIGACION					
OBTENCION DE LOS MATERIALES Y PREPARACION DE LAS PROBETAS					
REALIZACION DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS					
PREPARACION DE LAS PROBETAS PARA ANALISIS METALOGRAFICO					
MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO, ENSAYOS DE DUREZA Y MICRODUREZA					
ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES					

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACION

El presente proyecto demanda una serie de recursos humanos, materiales, y económicos para poder ser llevado a cabo.

Las personas que participaran en el desarrollo del proyecto serán los estudiantes responsables del mismo bajo la guía del Ingeniero Carlos Arturo Bohórquez.

En cuanto a materiales y servicios técnicos la Universidad Distrital cuenta con los equipos necesarios para llevar a cabo las diferentes actividades que se proponen en este proyecto y que se encuentra a disposición de los estudiantes.

Para temprar los materiales la universidad cuenta con un laboratorio de tratamientos térmicos.

Para el análisis metalográfico, la universidad cuenta con dos microscopios ópticos: El microscopio óptico Olympus PME3 y el microscopio óptico Zeiss AX10.

Para llevar a cabo las pruebas de dureza existen dos equipos disponibles que de los e equipo de ultrasonido (USM 35X) ya que nuestro material se obtendrá previamente fundido ya que la universidad no cuenta con un laboratorio para la fundición.

La mayor parte de los gastos que se tendrán en el desarrollo del proyecto estará en la compra de los aceros 1020, 1045 y 8620. El dinero necesario para comprarlos correrá por cuenta de los estudiantes.

7. BILIOGRAFIA

JOSÉ APRAIZ BARRERO, Tratamientos Térmicos De Los Aceros, Décima Edición, Bilbao España, Cie Inversiones Editoriales Dossat 200 S.L.,

DONALD R. ASKELAND, Ciencia E Ingeniería De Los Materiales, Cuarta Edición, 2004, Editorial Thomson

Investigación a través de <http://www.tratar.com.co/descargas/tratamientos.pdf>, febrero 10 de 2017

DEPARTMENT OF MECHANICAL AND MATERIALS ENGINEERING, UNIVERSITY OF MALAYA, Kuala Lumpur, Malaysia, Comportamiento Del Tratamiento Térmico A Temperaturas Interpreticas, página 482.

P.O. O_ORA, C.C. DANIEL, B.A. OKORIE, Department of Metallurgical And Materials Engineering, University Of Nigeria, Nsukka, Nigeria,

S. J. CASARME), H-J. KESTENBACH(*) Y E. VALENCIA, Influencia de los tratamientos de revenidos intercríticos en la concentración de níquel correspondiente a partículas de austenita residual en un acero con 9 % Ni(-).

ASM METALS HANDBOOK, heat treating, volumen 4