

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):	JOAN FERNANDO
Apellido (s):	CHAVES OLMOS
Código:	20162375040
E-mail:	joan-chaves@hotmail.com
Teléfono fijo:	
Celular:	3222200140
Ejecutor 2	
Nombre (s):	KEVIN SANTIAGO
Apellido (s):	AVILA PRADO
Código:	20161375028
E-mail:	ksap2011@hotmail.com
Teléfono fijo:	
Celular:	3046627866
INFORMACIÓN DEL PROYECTO	
Título del Proyecto:	CARACTERIZACION MICROESTRUCTURAL DE UN ACERO SAE 1045 CON UN TRATAMIENTO TERMOMECANICO

Duración (estimada):	16 semanas	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	x
	Prestación y Servicios Tecnológicos	
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad:	Apoyo tecnológico empresarial	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular:	Materiales y procesos de manufactura	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Área de metalografía, tratamientos térmicos y resistencia de materiales.	
INFORMACIÓN PASANTÍA		
Nombre de la empresa:		
Dirección:		
Teléfonos:		
Correo electrónico:		
Página Web:		
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)		
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)		
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

CARACTERIZACION MICROESTRUCTURAL DE UN ACERO SAE 1045 CON UN
TRATAMIENTO TERMOMECANICO

JOAN FERNANDO CHAVES OLMOS
KEVIN SANTIAGO AVILA PRADO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD TECNOLOGICA

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3. ESTADO DEL ARTE	8
4. JUSTIFICACION	9
5. OBJETIVOS	10
5.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
6. MARCO TEORICO	12
7. METODOLOGIA	19
8. CRONOGRAMA	20
9. PRESUPUESTO	21
BIBLIOGRAFIA	22

1. INTRODUCCION

En la actualidad el desarrollo de los nuevos materiales y en especial de los Aceros de Alta Resistencia, Baja Aleación (High Strength Low Alloy, HSLA), han tenido un impacto positivo en cualquier nivel de la industria en especial a automotriz ya que con estos nuevos materiales de alta tecnología pueden mejorar condiciones de los vehículos tales como el peso, economía en el combustible e impacto ambiental, estos factores son muy importantes a la hora del diseño de un vehículo, uno de los propósitos de la industria automotriz es desarrollar aceros livianos y que puedan absorber grandes cantidades de energía, por si se llega a presentar algún accidente el acero podrá deformarse más que los aceros convencionales y de esta manera proteger la integridad de los pasajeros del vehículo.

Los aceros más utilizados para esta aplicación son los **ACEROS TRIP** (Transformation Induced Plasticity –transformación inducida por plasticidad). Aceros desarrollados en 1967 por Zackay, V. F, en la actualidad el profesor Harry Bhadeshia, de la Universidad de Cambridge ha ido desarrollando investigaciones en el área de los materiales y en especial de los aceros superbainíticos que poseen unas propiedades mecánicas de alta tenacidad y alta resistencia, los **ACEROS TRIP** están constituidos por una matriz de ferrita, fases de alta dureza como bainita y las martensita en cantidades variable y un 5% de austenita retenida como se muestra en la figura 1.

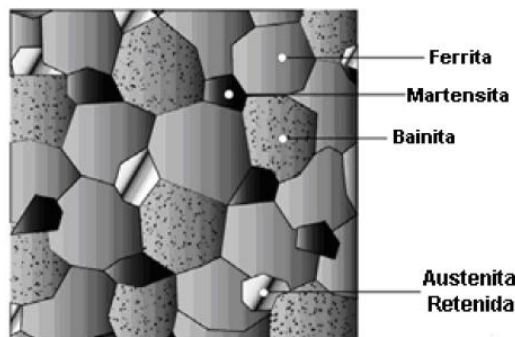


Figura 1. Representación esquemática de la microestructura de un acero TRIP [9]

Los **ACEROS TRIP** requieren un tratamiento isotérmico a temperaturas intercríticas lo cual genera algunos bosques bainita, también el contenido de silicio y carbono generan aproximadamente el 5% de austenita retenida, durante la deformación plástica de los **ACEROS TRIP** ocurren dos hechos que son de vital importancia para que se dé un cambio en sus propiedades mecánicas el primero es que al deformarse plásticamente el material la dispersión de la austenita y la bainita crea una alta velocidad de endurecimiento por deformación,

DURANTE LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO INTERCCION DE LA DIFUSION DEL CARBONO EL CUAL la en la formación de las matrices de las microestructuras el porcentaje de carbono cambia aumentando o disminuyendo propiedades mecánicas de fase, la segunda y tal vez la más importante es que al deformarse plásticamente los ACEROS TRIP , la austenita retenida se transforma progresivamente en martensita dependiendo de la cantidad de carbono en la aleación aumentando de esta manera la velocidad de endurecimiento por deformación, en consecuencia de esto se lleva al acero a un nivel de resistencia superior.

PALABRAS CLAVE: bainita, bosques, austenita retenida, transformación inducida por plasticidad, difusión del carbono.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Los aceros TRIP ofrecen una solución a problemas planteados desde el enfoque de un material capaz de soportar cargas considerables y además ofrecer capacidad de deformación alta, debido a lo anterior esta clase de aceros se convierten en un tema importante en la investigación, mejoramiento y búsqueda de materiales para las necesidades de la ingeniería actual. Estas investigaciones se basan en la caracterización de las propiedades del material teniendo como punto de partida la variación de los tiempos de tratamiento térmico, la deformación previa y la cantidad de carbono en cada fase; midiendo como variables la dureza en cada fase, composición química del material y el tipo de proceso térmico. Desde allí se permitirían conocer las características y propiedades mecánicas en la transformación de aceros 1045.

3. ESTADO DEL ARTE

La investigación para el conocimiento y obtención de nuevos materiales específicamente en la transformación inducida por plasticidad en aceros tiene como principal investigador al profesor, investigador y PhD de la universidad de Cambridge Harry Bhadeshia en sus trabajos de transformación de fase y teoría de transformaciones de fase en estado sólido. A nivel nacional la facultad de ingeniería de la universidad de Antioquia ha propuesto artículos como “aceros avanzados” en donde la investigación en materiales ha sido una fuente constante de búsqueda para la obtención de materiales para la ingeniería moderna que pueda satisfacer las demandas específicas de propiedades mecánicas para procesos de manufactura y estructuración.

En trabajos investigativos como el de “Pressure induced martensite transformation in plain carbon Steel” presentado por M. Shaban Ghazani and B. Eghbali. Se plantea la manera de reducir los tiempos de transformación austeníticos en materiales, y para ello se investiga la influencia de cargas de compresión en la manera como se lleva a cabo la transformación de fase. Donde se encontraron resultados de reducción de tasas de velocidad de enfriamiento a partir de la transformación austenítica.

Del “Estudio de la conformabilidad en aceros AHSS y aceros de embutición” tuvo como objetivo el estudio de la de la conformabilidad de chapas de acero TRIP (Transformation Induced Plasticity), en comparación con un acero de embutición. Para ello se han utilizado los diagramas FLD (Forming Limit Diagram) los cuales podemos indicar las deformaciones existentes tanto en diferentes condiciones de tensión y/o deformación, desde un estado de tensión uniáxica a un estado de deformación biaxial.

En “Stress-phase transformation interactions - basic principles, modelling, and calculation of internal stresses” basa su estudio en Los dos efectos principales de los esfuerzos sobre la transformación de fase y modificación por plasticidad, y por otro lado el análisis mecánico de los esfuerzos en la fase de transformación. Estos resultados se utilizan para producir un modelo para un estado de tensión en un programa de elementos finitos, además se establece que el cálculo de las tensiones internas afecta el progreso de la transformación por plasticidad.

Estudios realizados por la universidad tecnológica de Pereira en la “transformación bainítica en aceros sometidos a condiciones de enfriamiento continuo” Se notaron que las variaciones microestructurales aumentaban a medida que se variaba distancia desde el borde de la probeta, además se observó la presencia de bainita inferior y bainita superior con tendencia laminar notándose además una clara disminución en la dureza superficial del material.

En “Caracterización de la transformación inducida por deformación plástica en aceros 0,23% C-1,11% Mn-0,23% Ni-0,68% Cr” se plantea la manera de obtener aceros de transformación inducida en análisis microestructurales detallados, además la influencia de ensayos de doblado, esfuerzo-deformación y fractura en dicha transformación. En este artículo se encuentra evidencia de que el endurecimiento se ve afectado por el contenido de carbono, y que las zonas de transformación se ven orientadas en la misma dirección que en los esfuerzos aplicados.

En “Estructura y Propiedades de las Aleaciones” de la Facultad de Ingeniería-UNLP el capítulo 4 está dedicado a la transformación bainita, donde se establece que la bainita es un producto de la austenita a transformación intermedia, ofrece algunas fórmulas para determinar las temperaturas de inicio de transformación, explica las características de los tipos de bainita, tanto superior como inferior. Además, establece los mecanismos de formación de la bainita y explica la característica de las propiedades mecánicas alcanzadas durante esta fase.

En el año 1855 el médico y filósofo alemán Adolf Fick derivó la ecuación diferencial que describe el proceso matemático de la difusión del carbono planteando dos leyes para esto y tomando como base dos planos de referencia, la primera muestra la penetración o paso de gases a través de un sólido en otras palabras la densidad de flujo en el primer plano y la segunda ecuación muestra la densidad de flujo en el segundo plano teniendo en cuenta el flujo presentado en el primer plano.

En el estudio realizado en la universidad autónoma de nuevo león “endurecimiento superficial del acero por difusión de carbono en hierro gamma” por el mgs jose enesto bernal avalos profundiza en los diferentes mecanismos de difusión en el acero mecanismos de vacancia y mecanismos de átomos intersticiales, mecanismo de intercambio de red aumentando la amplitud de las vibraciones con aumento de la temperatura, debido a la energía térmica que poseen los átomos en cada etapa del tratamiento térmico,” los átomos están

constantemente vibrando alrededor de su posición de equilibrio” cuando el átomo alcanza cierta cantidad de energía debido a las vibraciones térmicas y en condiciones adecuadas puede saltar abandonando su red original.

4. JUSTIFICACIÓN

Debido a que los retos de nivel de ingeniería avanzan día tras día, el desarrollo de materiales capaces de ofrecer soluciones a estos nuevos retos es un área en donde la investigación, y la constante necesidad de buscar soluciones permiten que la transformación inducida por plasticidad sea un área de estudio de mucha importancia para la obtención de nuevos materiales más acordes a las necesidades actuales, nuestra investigación se basa en obtener mayores deformaciones y mayor ductilidad aplicables a cargas soportables del acero 1045 en lo que se traduce en la capacidad de absorber mayor cantidad de energía, ya sea en el caso de la industria automotriz para diseñar materiales que se deformen considerablemente ante un choque, o en algunos procesos de manufacturación como el laminado y materiales como las chapas.

Además de sumar el hecho de que nuestra investigación permita obtener aceros de características mejoradas desde la perspectiva del punto de vista económico, debido a que la obtención de aceros trip en nuestro país es más costosa, y parte de nuestro proyecto se basa en obtener propiedades características del acero 1045 a un costo mucho menor al que se podría conseguir en la industria.

Los aceros trip son aceros que pertenecen a la familia de aceros AHSS aceros avanzados de alta resistencia, la microestructura de estos aceros está constituida por ferrita, bainita y austenita retenida debido a esto este tipo de materiales ofrece propiedades mecánicas como ductilidad y dureza; la austenita retenida en cambio ofrece al material la propiedad de endurecimiento por deformación. [1]

De las grandes ventajas que obtienen al poder llegar a este tipo de materiales es que a causa del endurecimiento por deformación; permite un aumento en la capacidad de esfuerzo del material en lo que se traduce una reducción de geometría del mismo las mismas cargas aplicadas. La resistencia a la fatiga en estos materiales es un factor determinante lo que hace que de estos materiales durabilidad de componentes. Y la mayor tenacidad en lo que se traduce al tema de absorción de energía. [2]

5. OBJETIVOS

General:

- Establecer la secuencia de tiempos, temperaturas y cargas

Específicos:

- Realizar el tratamiento termomecánico
- Determinar la influencia de la deformación previa y el tratamiento isotérmico en la microestructura de un acero SAE 1045

6. MARCO TEÓRICO

DIFUSION DEL CARBONO

La difusión es un fenómeno en el cual los átomos pasan de lugares de mayor concentración a menor concentración; esto a que las composiciones siempre intentan ser homogéneas. Los átomos se pueden difundir a lo largo de los límites de grano y las superficies del material esto debido a que hay más espacios vacíos en los límites de grano, se puede calcular las velocidades y la energía necesaria para que exista este fenómeno por medio de las leyes de Fick en las cuales asocia un coeficiente de difusión para los materiales, en donde se describe cuanta energía necesita un átomo para cambiar de posición

$$D = D_0 e^{\left(\frac{-Q}{RT}\right)}$$

Donde

Q= La energía de activación de la difusión, energía necesaria para hacer pasar a un átomo de una posición reticular de equilibrio a otra [Cal/mol]

R= Constante gas ideal =1.987 Cal/mol °C

T = Temperatura [°K]

D0 = Constante parámetro de red [cm²/s]

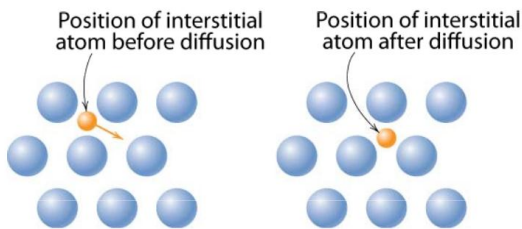
PAR DE DIFUSIÓN	Q (cal/mol)	D ₀ (cm ² /s)
Carbono en Fe (FCC)	32900	0.23
Carbono en Fe (BCC)	20900	0.011
Nitrógeno en Fe (FCC)	34600	0.0034
Nitrógeno en Fe (BCC)	18300	0.0047
Hidrogeno en Fe (FCC)	10300	0.0063
Hidrogeno en Fe (BCC)	3600	0.0012
Níquel en Cu	57900	2.3
Cobre en Ni	61500	0.65
Zinc en Cu	43900	0.78
Níquel en Fe (FCC)	64000	4.1
Plata en Au	40200	0.072

Grafica 1: Constante parámetro de

La velocidad de difusión depende de la velocidad de enfriamiento de un material durante el tratamiento térmico y la variación porcentual de cantidad de carbono en el límite de grano de una fase determina la característica de las propiedades mecánicas como por ejemplo la dureza.

Existen dos tipos de difusión; la difusión sustitucional que se puede explicar cómo el movimiento de los átomos a través de la red cristalina desde una posición a otra; se relaciona con la vibración de los átomos asociada al cambio de temperatura y según el aumento de la temperatura se producirán más vacantes por lo que la difusión se presentará como un fenómeno de mayor relación. La diferencia entre los tamaños de los átomos y la energía de enlace pueden afectar la velocidad de la difusión.

Otro mecanismo es el de difusión intersticial, el cual sucede cuando uno de los átomos de un intersticio pasa a otro intersticio sin desplazar ninguno de los átomos en la red, esta característica de difusión se da cuando el tamaño del átomo es relativamente pequeño en relación a los átomos de la red cristalina, este mecanismo es el más común entre los átomos de carbono a través del hierro.



Es más rápida que la difusión por vacancias

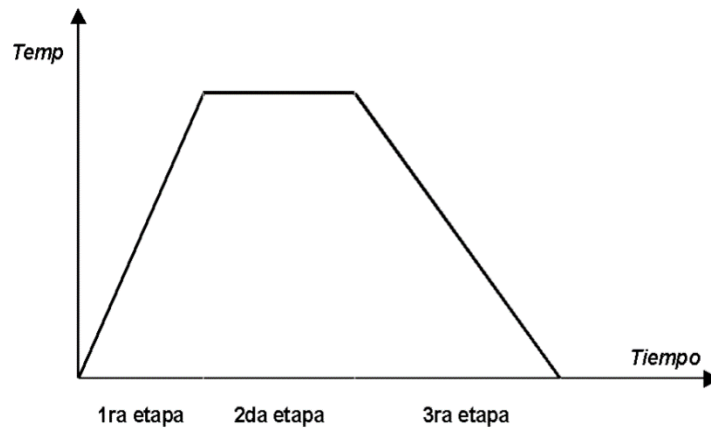
Grafica 2: Difusión

TRATAMIENTOS TERMICOS

Se le denomina tratamientos térmicos a diferentes procesos, por lo cuales se pueden obtener diferentes propiedades de un material que dependerán directamente de la microestructura y tipo de material, existen dos factores que nos ayudaran a conseguir estas propiedades deseadas la primera es la temperatura y la segunda es la velocidad de enfriamiento del material. [6]

Durante un tratamiento térmico existen tres etapas de vital importancia, para lograr un objetivo deseado y son las siguientes;

- I. Calentamiento
- II. Mantenimiento a temperatura
- III. Enfriamiento



TIEMPO DE LA SEGUNTA ETAPA (Manteniendo de la temperatura)

Se debe tener cuidado al escoger la temperatura de austenización de nuestro acero, una vez que toda la pieza alcance esta temperatura se da comienzo al verdadero tiempo que tardaremos en preparar toda la estructura, este tiempo dependerá de la disolución de carburos que se desee también dependerá del tipo de acero, para secciones pequeñas la temperatura de sostenimiento de 20 minutos, para espesores mayores la temperatura dependerá de la siguiente ecuación. [5]

$$t(\text{min}) = 20 + D/2 \text{ (mm)}$$

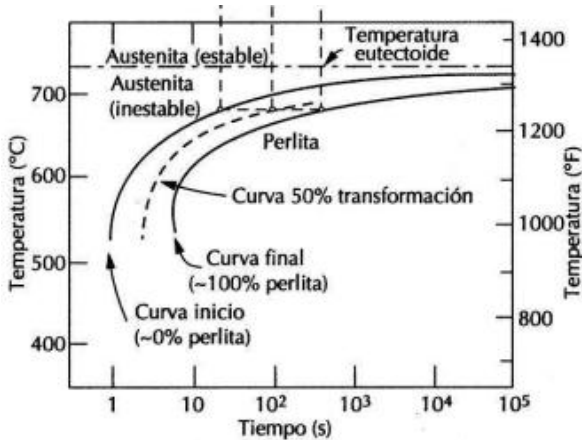
TRANSFORMACIONES DE FASE

CINETICA DE LAS TRANSFORMACIONES DE FASE DEL ACERO

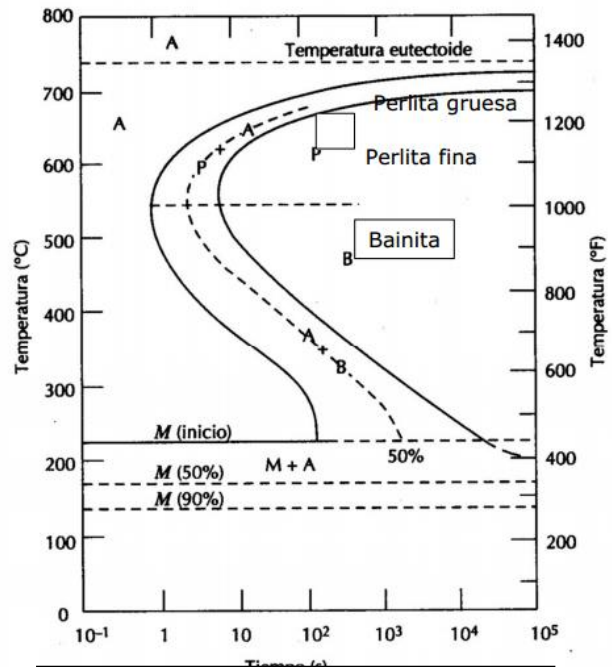
Realizamos un tratamiento térmico (temperatura – tiempo) a un ACERO para lograr una estructura cristalina deseada, la cinética por su parte son las transformaciones de fase (velocidades de transformación), uno de los factores tiempo es que Micro estructuralmente, estas transformaciones conllevan una etapa de nucleación seguida de una etapa de crecimiento, la cinética de transformación dependen de la siguiente grafica 1.

DIAGRAMAS TTT (TEMPERATURA – TIEMPO – TRANSFORMACION)

Estos diagramas son creados a partir de las curvas de transformación isotérmicas, representando los puntos de inicio, 50% y fin de transformación, para las diferentes temperaturas, los siguientes diagramas TTT es de un acero eutectoide (0.77% en peso de C). [5] (MarcadorDePosición2)



Grafica 4: curva de transformación

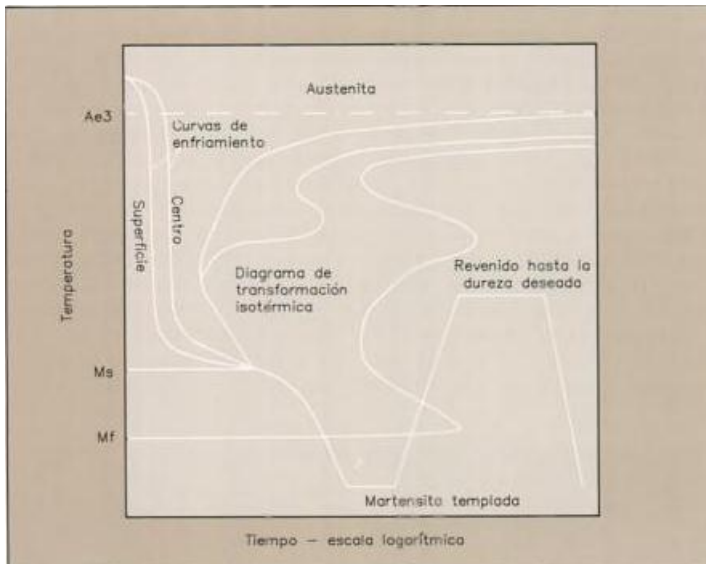


Grafica 5: curva "S" de transformación

TRATAMIENTOS ISOTÉRMICOS

Un tratamiento isotérmico, es un proceso en el que se busca obtener propiedades deseadas en un material, mediante la utilización de procesos de calor a temperaturas de ligeramente superior a la crítica (750°) y enfriamientos lo más rápidos posibles a temperaturas ligeramente inferiores a B_s (600°). Dichas propiedades son posibles de obtener mediante la transformación de fase inducida por calor la que consiste en mantener el material a las temperaturas dichas por el tiempo necesario para que se verifique la transformación. Estos tratamientos permiten tener resultados mucho más rápidos en las propiedades mecánicas debido a que los tiempos de transformación se reducen considerablemente, aparte del hecho que gracias a estos tratamientos se corrigen problemas como el de las tensiones residuales y la variación de volumen entre el exterior y el interior del

materia debido a que estas partes se enfrían a deltas de temperaturas menos traumáticas para la pieza mecánica.



Grafica 6: esquema de transformación isotérmica

TRATAMIENTO AUSTEMPERADO

Es uno de los tratamientos isotérmicos que existen en la actualidad, y consiste en llevar a una temperatura de austenización nuestro acero y después de hacerlo dejado un tiempo en aquella temperatura, después enfriarlo rápidamente a una temperatura levemente superior de que Ms en un baño de sal, este baño mantiene la temperatura de la pieza constante, la reacción de nuestro acero a esta temperatura es que obtenemos una estructura totalmente bainítica (superior o inferior). [6]

FASES DE LOS ACEROS EN UN TRATAMIENTO TERMICO

Nombre de la microestructura	Descripción
Ferrita	Solución sólida intersticial de carbono en hierro (BCC)
Austenita, (F)	Solución sólida intersticial de carbono en hierro (CFC)
Ferrita α , (Fe)	Solución sólida intersticial de carbono en hierro (BCC)
Perlita P, (+Fe ₃ C)	Eutectoide de ferrita y cementita con microestructura laminar de placas alternas de Fe y cementita
Bainita B	Eutectoide de ferrita y cementita. La ferrita

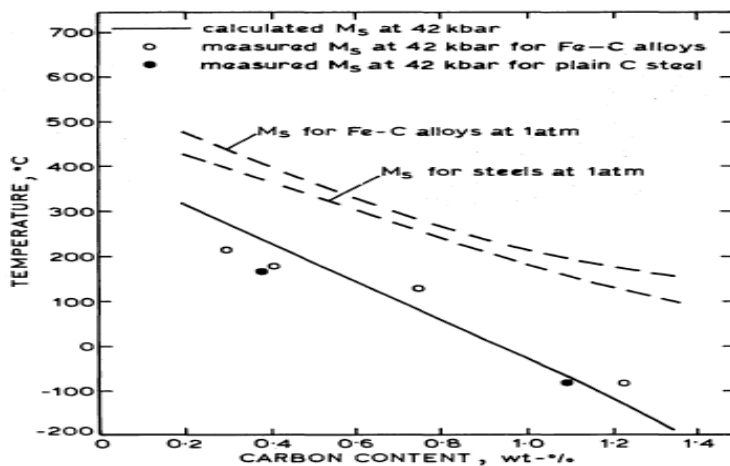
	<p>puede tener apariencia plumosa o de placas. Las partículas de carburo están entre regiones de ferrita.</p>
Ledeburita	<p>Eutéctico de austerita y cementita. De estructura laminar parecida con la perlita. Típicamente encontrada en fundiciones</p>
Esferoidita cementita globular	<p>Partículas esféricas de cementita en una matriz de ferrita</p>
Martensita	<p>Solución Sólida intersticial de carbono en estructura cristalina tetragonal centrada en el cuerpo (TCC) del hierro.</p>

Cuadro 1: fases de los aceros en los tratamientos térmicos [10]

INTERACCION DE LAS CARGAS EN LAS TRANSFORMACIONES DE FASE

En la transformación por plasticidad existe una relación que tiene lugar cuando las deformaciones se producen por tensiones menores a la capacidad de carga del material, en lo que se conoce como tensión hidrostática y tensión mono-axial.

La tensión hidrostática es un fenómeno en donde la transformación de fase se ve inhibida durante la descomposición de la austenita y los tiempos de transformación isotérmicos son más largos a temperaturas más bajas lo que obliga a la curva "S" a desplazarse, pero su microestructura varía según lo predicho en los diagramas de fase. [4]



1 Effect of pressure on martensite start temperature (M_s) for iron alloys (after Radcliffe and Schatz²⁸)

Gráfica 7: efecto de la presión en M_s [4]

Tensiones mono-axiales

Debido a que las transformaciones de fase también pueden ocurrir cuando se aplican cargas de tensión o compresión lo cual causa una mayor aceleración de la descomposición de la austenita lo cual acorta los tiempos de las curvas de temperatura-transformación, y estas cargas que, aunque mucho menores al límite de fluencia afectan la fase de nucleación del inicio de la martensita.

TRANSFORMACIÓN INDUCIDA POR PRESIÓN

Algunos de los problemas de la transformación austenítica por tratamiento isotérmico consisten en la capacidad de disminuir la velocidad de la temperatura de enfriamiento para la transformación del material, debido a que estas velocidades son muy altas y no pueden ser cubiertas por agua o por sales, una de las soluciones en transformación inducida por presión en la cual consiste en aplicar cargas de deformación al material de esta manera la velocidad de transformación se puede hacer más lenta y desde allí podemos partir para nuestro estudio de transformación de fase. [8]

7. METODOLOGIA

Para poder realizar nuestro proyecto y poder cumplir con los objetivos propuestos hemos dividido en una serie de actividades, las cuales tiene como fin una realización satisfactoria y organizada de cada una de las fases.

7.1 La recolección de documentos, artículos y teoría acerca de la realización del proyecto, para poder conocer sus limitaciones y dar forma a nuestra hipótesis de transformación inducida por plasticidad, a esta fase del proyecto le llamaremos documentación.

7.2 Conociendo las bases teóricas en cuanto a metalografía, tratamiento térmicos y resistencia de materiales, además de las limitaciones en cuanto a espacio y maquinaria plantearemos el análisis del problema y la manera más óptima de resolverlo.

7.3 Hecho lo anterior se procederá a comprar el acero SAE 1045 y se le harán pruebas de composición química, después de esto se procederá hacer las probetas.

7.4 Una vez realizados las probetas se procederá a utilizar la máquina de ensayo universal aplicando variar cargas de compresión buscando una deformación permanente, se medirán sus características física, y se procederá a realizar el tratamiento térmico de temple, ya demás se realizara el tratamiento isotérmico a 1800 y 900 segundos a determinadas probetas

7.5 Una vez realizadas todas las pruebas se procederán a hacer los estudios metalográficos para determinar la fase de transformación del material; usando herramientas como el micro durómetro y el microscopio electrónico de barrido y en base a esto se busca comprobar nuestra hipótesis del problema.

7.6 Una vez teniendo los resultados del análisis metalográfico se procederá a la construcción del documento final, en busca de resolver las cuestiones propuestas en la investigación, una vez hecho esto se procederá a la sustentación de nuestro proyecto de grado de ingeniería mecánica de la Universidad Distrital.

8. CRONOGRAMA

FASE	SEMANAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Documentación	■	■											
Análisis del problema			■	■									
Compra del material					■	■							
Elaboración y desarrollo del proyecto.						■	■	■					
análisis y conclusiones.									■	■	■		
Entrega del proyecto.												■	■

9. PRESUPUESTOS

Ítem	Unidad	Vr. Unitario	No. Unidades	Subtotal	Financiación
Impresión de documento final	Hoja	100	30	3000	Recursos Propios
Materiales	Acero 1045	10000	1 eje	10000	Recursos Propios
	Lijas de agua (80, 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1000,1200...)	1600	10	1600	Recursos Propios
Horno tratamientos termicos	Hora de tratamiento de temple y revenido	-	4 horas	-	Prestación de servicio universidad distrital
Uso del microscopio de barrido electrónico	Uso por hora	150000	2	300000	Recursos Propios
Servicios de terceros	Mecanización de probetas	-	2 horas	-	Prestación de servicio universidad distrital
Prueba de composición Química	Prueba	50000	1	50000	Recursos Propios
	Maquina universal de ensayos	-	2 horas	-	Prestación de servicio universidad distrital
Total		211600		363600	

Referencias

1. Zúñiga, A. F. N., Baracaldo, R. R., & Osorio, J. M. A. (2014). Caracterización de la transformación inducida por deformación plástica en aceros 0, 23% C-1, 11% Mn-0, 23% Ni-0, 68% Cr. ITECKNE, 10(2).
2. Gutiérrez Castillo, J. D. (2010). Estudio de la conformabilidad en aceros AHSS y aceros de embutición.
3. Estructura y Propiedades de las Aleaciones-Facultad de Ingeniería-UNLP Capítulo 4: Bainita
4. S. Denis, E. Gautier, A. Simon, G. Beck "Stress-phase transformation interactions -basic principles, modelling, and calculation of internal stresses"
5. M. Shaban Ghazani, B. Eghbali "Pressure induced martensite transformation in plain carbon Steel"
6. Barreiro, J. A. (1997). Tratamientos térmicos de los aceros. Dossat.
7. Callister, W. D. (2002). Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales (Vol. 1). Reverté.
8. García Mateo, C., García Caballero, F., & Bhadeshia, H. K. D. H. (2005). Superbainita. Una nueva microestructura bainítica de alta resistencia. Rev. Metal, 41, 186-193.
9. Felipe Días del Castillo Rodríguez (2009). Los nuevos aceros para la industria automotriz
10. Schaef er, Saxena, Antolovich, Sanders y Warner. Ciencia y Diseño de Materiales de ingeniería, Ed. CECOSA, México, 2000, 794 pág.