


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): | JHON SEBASTIAN |  |
| Apellido (s): | PAEZ RIVERA | |
| Código: | 20171375028 | |
| E-mail: | sepa1031@gmail.com | |
| Teléfono fijo: | 9029391 | |
| Celular: | 3022560794 | |

Ejecutor 2

| | | |
|----------------|--|---|
| Nombre (s): | WILMER FELIPE |  |
| Apellido (s): | JIMENEZ FONTALVO | |
| Código: | 20171375004 | |
| E-mail: | Jimenez.wilmer@hotmail.com | |
| Teléfono fijo: | 7232928 | |
| Celular: | 3193060186 | |

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

| | | |
|---|---|-------------------------------------|
| Título del Proyecto: | Influencia en el cambio de las propiedades de impacto y dureza en un acero con contenido de Mn superior al 1%, sometido a temperaturas intercríticas. | |
| Duración (estimada): | 6 meses | |
| Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x") | Innovación y Desarrollo Tecnológico | <input type="checkbox"/> |
| | Prestación y Servicios Tecnológicos | <input type="checkbox"/> |
| | Otro | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Modalidad del Trabajo de Grado: | Monografía | |
| Línea de Investigación de la Facultad*: | Optimización de procesos industriales | |
| Línea de Investigación del Proyecto Curricular**: | Materiales y procesos de manufactura | |
| Grupo de Investigación: | | |
| Proyecto de Investigación: | | |
| Áreas del conocimiento que involucra: | Metalografía, materiales, química de materiales, procesos de manufactura | |

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.) | |

Tabla de Contenido

| | |
|--|-----------|
| 0. Introducción..... | 5 |
| 1. Planteamiento del problema..... | 6 |
| 1.1 Estado del Arte..... | 7 |
| 1.2 Justificación..... | 8 |
| 2. Objetivos..... | 9 |
| 2.1 Objetivo general..... | 9 |
| 2.2 Objetivo general..... | 9 |
| 3. Marco Teórico..... | 10 |
| 4. Metodología..... | 11 |
| 5. Cronograma..... | 12 |
| 6. Presupuesto y fuentes de financiación..... | 13 |
| 7. Bibliografía..... | 14 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 cronograma de actividades | 12 |
| Tabla 2 Presupuestos y fuentes de financiación | 13 |

Resumen:

En este trabajo observaremos como es el cambio de las propiedades de un acero con un contenido de manganeso superior al 1%, cuando este es sometido a un tratamiento térmico a temperaturas intercríticas, además, cuál es la influencia de los tiempos de duración del tratamiento en la transformación microestructural del material y como se relaciona con el cambio de las propiedades.

0. Introducción

En este proyecto se buscará evidenciar como es el comportamiento microestructural de un acero A-572, y como los elementos que lo componen, sometidos a una serie de tratamientos térmicos, hacen que las curvas isotérmicas varíen y por ende afectan las propiedades del material.

Así mismo, observaremos como es el comportamiento de las fases, durante el proceso de transformación y como este se ve afectado dependiendo del tiempo del tratamiento térmico al que se somete el material.

1. Planteamiento del problema:

En el sector metal-mecánico, es de gran importancia poder contar con materiales que posean buenas propiedades mecánicas, en especial la resistencia y la tenacidad. Sin embargo, encontrar materiales que en estado “bruto” cuenten con este tipo de propiedades es muy difícil. Aunque los aceros y las aleaciones, son capaces de tomar las propiedades individuales de cada elemento y obtener un nuevo material que posea mejores características.

No obstante, obtener un material con propiedades específicas es muy complicado y demanda muchos recursos. Debido a ello, una gran solución para mejorar algunas características, sin tener que elaborar un material para una aplicación específica, es someter a los materiales que se encuentran comúnmente en el mercado a diverso tratamientos térmicos que permitan transformar la microestructura del material y por ende modificar las propiedades del mismo.

1.1. Estado del Arte:

En el año 2012 V. M. Schastlivtsev y otros analizaron las propiedades de la estructura de bainita de un acero de bajo carbono, se hizo para un material laminado en caliente de 16 milímetros de espesor. El experimento paso por dos fases donde el tratamiento térmico tuvo un rango de temperatura de 350-1200°C, donde se disponía de un dilatómetro para enfriar las probetas a 70 K/s. Los mejores resultados para las propiedades se obtuvieron en rango de 550 a 500°C. [1]

Para el año 2013 Shi Lei y otros analizaron el crecimiento de bandas de ferrita y bainita en un acero microaleado (donde prevalece el manganeso) laminado. La composición del material, %en peso, es: 0.14C, 0.96Mn, 0.44Si, 0.32Mo, 0.02Nb, 1.14Ni, 0.26Cr, 0.62Cu, 0.006P y 0.003S. Se uso un dilatómetro para tener diferentes velocidades, controladas, de enfriamiento del acero, las muestras fueron sometidas desde 5 a 200 c°/min, y se hace énfasis en el cambio de la microestructura a través de este rango de temperaturas. [2]

Para el año 2014 A. Yu. Kaletin, A. G. Ryzhkov, and Yu. V. Kaletina analizaron las propiedades de aceros con bainita libre de carburo, los cuales se obtuvieron con un contenido de carbono de 0.10-0.15%, teniendo compuestos de silice, níquel, manganeso y algunos de aluminio; además el enfriamiento de las probetas se hizo a 5 K/min. Esta composición y tratamiento térmico del acero proporciona buena resistencia a las grietas y mejora en su dureza. [3]

En China para el año 2015 HU Haijiang y otros, estudiaron la transformación de bainita en un acero compuesto de 0.40 C, 2.81 Mn, 2.02 Si. En el experimento primero se llevaron las probetas hasta temperaturas de austenización (1000-1050°C), posteriormente con la ayuda de un software se estimó una temperatura de 330 a la que se sometió el material por una hora con el fin de la obtención de bainita. Se concluye que una temperatura de austenización alta promueve el crecimiento de hojas de bainita más largas. [4]

S. A. Miab, B. Avishan, S. Yazdani en el año 2016, estudiaron aceros bainíticos estructurales que en la ingeniería presentan un comportamiento un buen comportamiento tribológico que los hacen poseedores de una amplia gama de aplicaciones. El desgaste fue medido en los aceros, variando su composición a través de la cantidad de elementos estabilizadores, principalmente el Mn y Ni. De los resultados se concluyó que la dureza y la austenita son factores claves que condicionan una buena resistencia al desgaste. [5]

Wang Min y otros en el año 2017 estudiaron dos metales de bajo carbono, y con un contenido similar de Mn, estos se obtuvieron mediante un proceso de laminado en caliente, sometiendo los materiales por encima de 850 °C, con el fin de obtener una microestructura donde predominara la bainita, posteriormente se hicieron ensayos de tensión, encontrando diferentes resultados para los dos metales, resaltando su resistencia última a tensión, donde es muy apreciables sus diferencias. [6]

1.2. **Justificación:**

Debido a que todas las aplicaciones mecánicas o industriales no son necesariamente iguales y por consiguiente no necesitan estrictamente de las mismas propiedades, en algunos casos son totalmente diferentes entre sí, se necesitan materiales con características independientes que satisfagan las restricciones o requerimientos, ya sean de diseño, operación, etc.

Sin embargo, no es muy factible elaborar un material nuevo, cada vez que se necesite cumplir con una especificación; debido a que los procesos para obtener aleaciones, fundiciones o cualquier otro tipo de material, demandan de bastantes recursos, en términos de infraestructura, energía para la transformación del material y la disponibilidad de los elementos que formaran el nuevo material; este consumo de recursos no siempre es rentable en relación a la aplicación a realizar.

Aunque en tratamiento térmico, también demanda una gran cantidad de energía y de equipos para poder someter a un material a altas temperaturas, en cierto modo es más sencillo tomar un material que se encuentra comercialmente en la industria y mediante una serie de procesos térmicos modificar su microestructura, para obtener mejores propiedades en el material.

2. Objetivos:

2.1. Objetivo general

Determinar la transformación microestructural y el cambio en las propiedades de un material con un contenido de Mn superior al 1%, sometiéndolo a temperaturas intercríticas.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la secuencia de tiempos y temperaturas para el tratamiento térmico a partir de la composición química del material.
- Realizar las pruebas de impacto según la norma ASTM E23 y la prueba de dureza según la norma ASTM E18
- Observar los cambios microestructurales, en base a los tratamientos térmicos a los que se va a someter el material.
- Establecer la influencia de los tiempos y las temperaturas, en las propiedades de impacto y dureza en un material con un contenido de Mn superior al 1%

3. Marco Teórico:

Para la temperatura adecuada donde se forma bainita, se debe tener presente que se esta se encuentra entre la formación de ferrita proeutectoide y perlita, aunque esta varía dependiendo de otros componentes agregados al material. Las subunidades que se forman de bainita son separadas por pequeñas placas de austenita, además se si desea obtener una muy buena mejora de las propiedades, después del tratamiento térmico la estructura debería ser libre de carburos.

La nucleación de la bainita se genera cuando una pequeña cantidad de ferrita tiene a sus alrededores una serie de dislocaciones, Bhadeshia afirma que el crecimiento es adifuncional [7], generado por una energía motriz ($\Delta G^{V \rightarrow \alpha}$). Es vital que las condiciones de crecimiento y nucleación se satisfagan simultáneamente a una misma temperatura, que se denomina Bs. Steven y Haynes [8] para 1956 establecieron una ecuación empírica donde se tienen en cuenta elementos aleantes, esta aplica para aceros de baja aleación con contenidos 0,1 a 0,55%:

$$BS(^{\circ}C) = 830 - 270(\%C) - 90(\%Mn) - 37(\%Ni) - 70(\%Cr) - 83(\%Mo)$$

Una buena estructura cristalina que a su vez mejora las propiedades del material debe tener en cuenta dos aspectos claves: cuando se genera bainita también aparecen partículas de cementita que no contribuyen a mejoras para el material, pero aleando el acero con una cantidad aproximada de 1,5% de silicio se evitara la precipitación de la austenita [9-10]. También se debe minimizar la fracción volumétrica de austenita en forma de bloques, pues las láminas delgadas de esta fase intercaladas entre las subunidades de ferrita bainítica se caracterizan por ser estables térmica y mecánicamente, pues están muy sobresaturadas en carbono y su Ms (temperatura de comienzo de la transformación martensítica) está muy por debajo de la temperatura ambiente [11-12].

Las pruebas de impacto según la norma ASTM 23 se harán para probetas metálicas entalladas, en este caso para un acero con un contenido superior al 1% de Mn, con el fin de medir la energía absorbida por este. Un ensayo Charpy requiere que la muestra de metal entallada esté soportada por ambos extremos (de manera horizontal) y se rompa por el impacto del martillo en la parte contraria a la entalla [13].

La prueba de dureza Rockwell es una prueba de dureza de penetración empírica que puede proporcionar información útil sobre los materiales metálicos. Esta información puede correlacionar a la tensión de fuerza, resistencia al desgaste, la ductilidad, y otras características físicas de los materiales metálicos, y puede ser útil en el control de calidad y la selección de materiales [14].

4. Metodología:

Para la realización de este proyecto, primero se determinará el material que va sujeto de estudio y la composición química del mismo, con la cual se determinaran las temperaturas críticas de transformación microestructural del material y así mismo las temperaturas a las cuales se va a someter el material en el tratamiento térmico.

Para la realización del tratamiento térmico se hará uso de los hornos eléctricos ubicados en el laboratorio de tratamientos térmicos de la Universidad Distrital, ubicados en los bloques once y doce, de la Facultad Tecnológica. Sometiendo al material a una temperatura específica, durante un tiempo determinado, y posteriormente se llevará al material a una temperatura menor durante diferentes lapsos de tiempo, para concluir con un temple en aceite.

La elaboración de las probetas se llevará a cabo según la norma ASTM E23, el método de ensayo a realizar es el del péndulo de Charpy. Además, se realizará el ensayo de dureza según la norma ASTM E18 "métodos de prueba estándar para la dureza de Rockwell".

Las imágenes microestructurales del material a analizar, se obtendrán con el microscopio Axio Observer D1m y mediante la Microscopia Electrónica de Barrido (SEM por sus siglas en inglés).

5. Cronograma de actividades:

| ACTIVIDAD | INICIO | FIN | 19/03/2018 | 22/03/2018 | 25/03/2018 | 28/03/2018 | 31/03/2018 | 03/04/2018 | 06/04/2018 | 09/04/2018 | 12/04/2018 | 15/04/2018 | 18/04/2018 | 21/04/2018 | 24/04/2018 | 27/04/2018 | 30/04/2018 | 03/05/2018 | 06/05/2018 | 09/05/2018 | 12/05/2018 | 15/05/2018 | 18/05/2018 | 21/05/2018 | 24/05/2018 | 27/05/2018 | 30/05/2018 | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|
| Creación del material | 19/03/2018 | 25/03/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Determinación de la composición química del material | 19/03/2018 | 25/03/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Determinación de la temperatura crítica | 25/03/2018 | 25/03/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Determinación de la dirección del laminado | 25/03/2018 | 28/03/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de la prueba | 28/03/2018 | 12/04/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Realización de tratamiento térmico | 12/04/2018 | 27/04/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas de impacto | 27/04/2018 | 30/04/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de probetas metalográficas | 30/04/2018 | 09/05/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Captura de imágenes microestructurales | 09/05/2018 | 18/05/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de las pruebas de impacto e imágenes microestructurales | 18/05/2018 | 30/05/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 1 cronograma de actividades

6. Presupuesto y fuentes de financiación

| INSUMO O ITEM | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | FUENTES DE FINANCIACION |
|---------------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| PLACA DE ACERO A-572 | PLACA DE 300mm X300mm | \$ 36,000 | Recursos propios |
| PROBETAS DE IMPACTO | 15 UND | \$ 15,000 | Recursos propios |
| Microscopia Electrónica de Barrido | 2 HORAS | \$ 200,000 | Recursos propios |
| PRESUPUESTO GENERAL | | \$ 661,000 | Recursos propios |

Tabla 2 Presupuestos y fuentes de financiación

7. Bibliografía:

1. V. M. Schastlivtsev, T. I. Tabatshicova, I. L. Ykovleva, S. Yu. Klyueva, A. A. Kruglova, E. I. Khlusova, And V.V. Orlov, Effect of austenite-decomposition Temperature on bainite morphology and properties of low-carbon steel after thermomechanical treatment, institute of metal physics, Rusia, 2012
2. Lei Shi¹, Zesheng Yan¹, Yongchang Liu^{1,*}, Xu Yang¹, Zhixia Qiao², Baoqun Ning³, and Huijun Li, Development of Ferrite/Bainite Bands and Study of Bainite Transformation Retardation in HSLA Steel During Continuous Cooling, Tianjin University; Tianjin University of Commerce; Tianjin University of Technology, China, 2013
3. A. Yu. Kaletin, A. G. Ryzhkov, and Yu. V. Kaletina, Enhancement of Impact Toughness of Structural Steels upon Formation of Carbide-Free Bainite, Institute of Metal Physics; Yeltsin Ural Federal University, Russia, 2014.
4. HU Haijiang, XU Guang, ZHANG Yulong, XUE Zhengliang¹, ZHOU Mingxing, Dynamic Observation of Bainite Transformation in a Fe-C-Mn-Si Superbainite Steel, The State Key Laboratory of Refractories and Metallurgy; State Key Laboratory of Development and Application Technology of Automotive Steels, China, 2015
5. W. Min, X. Guang, W. Li, X. Yaowen, X. Zhengliang, Effects of Mn on Microstructures and Properties of Hot Rolled Low Carbon Bainitic Steels, The State Key Laboratory of Refractories and Metallurgy; State Key Laboratory of Development and Application Technology of Automotive Steels, China, 2017
6. S. A. Miab, B. Avishan, S. Yazdani, Wear Resistance of Two Nanostructural Bainitic Steels with Different Amounts of Mn and Ni, Faculty of Materials Engineering, Sahand University of Technology, Department of Materials Engineering, Azarbaijan Shahid Madani University, Iran, 2016
7. H.K.D.H. BHADESHIA, Bainite in steels, 2nd ed. Institute of Materials, London, 2001
8. W. Stevens and A.G. Haynes, The Temperature Formation of Martensite and Bainite in Low-alloy Steel, JISI, Vol 183, 1956, p 349-359.

9. S.J. Matas y R. F. Hehemann, Trans. Metall. Soc. AIME 221, 1961
10. V.T.T. Miihkinen y D.V. Edmonds, Mater. Sci. Technol, 1987, 441-449
11. C.A.N. LANZILLOTO Y F.B. PICKERING, Metal. Sci. 16 (1982) 371-382.
12. N.K. BALLINGER Y T. GLADMAN, Metal. Sci. 15 (1981) 95- 108.
13. ISTRON, Online: <http://www.instron.es/es-es/testing-solutions/by-material/metals/impact/astm-e23---sub-size>, 2018
14. CYPMA, Online <http://cypma.mx/mecanicas/astm-e18/>, 2018