

Análisis de las propiedades mecánicas a la tensión del acero AISI SAE 5160H utilizado en la fabricación de muelles semielípticas

Francisco Cayetano, Pedro Iglesias y Rafael Gonzalez

F. Cayetano, P. Iglesias y R. Gonzalez
Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz – Av. Universidad Tecnológica, Lote Grande #1,
S/Colonia, Nanchital de Lazaro Cardenas del Rio, Veracruz, Mexico, CP. 96360.
fr_cayetanop@hotmail.com.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

Results of a study on the tensile properties of AISI SAE 5160H steel used in the manufacturing of semielliptical wharves are presented. Test results from specimens with and without heat treatment were compared for analysis on the improvement of mechanical properties. The characterization of steel was done via traction and hardness tests. The microstructure of the steel was analyzed to determine grain size and percentage of phases. It was concluded that the mechanical properties of the specimens tested showed a significant improvement, based on their grain size and change of metallographic structure, when undergoing heat treatment.

4 Introducción

En una gran cantidad de maquinaria y en muchas otras aplicaciones, la presencia de fuerzas generan esfuerzos y deformaciones, los cuales son generalmente la consecuencia de las fallas provocadas en los materiales que conforman las estructuras de los elementos mecánicos, por lo tanto, es necesario que esos esfuerzos y deformaciones sean absorbidos y que esta energía asimilada no afecte el material ni el desempeño de esta maquinaria. Para ello existen las muelles que son elementos mecánicos capaces de soportar altos esfuerzos y con una gran capacidad de deformación elástica que almacenan energía y se desprenden de ella sin sufrir deformaciones permanentes cuando cesa el esfuerzo al que se le somete, sosteniendo el peso del vehículo, los impactos que sufren las ruedas al chocar sobre los baches y las irregularidades del terreno [1].

Las muelles son fabricadas en diferentes dimensiones, distintas formas y composición química, es importante mencionar, que uno de los materiales de mayor utilización en los muelles es el acero aleado por su gran templabilidad y trabajo en caliente [2].

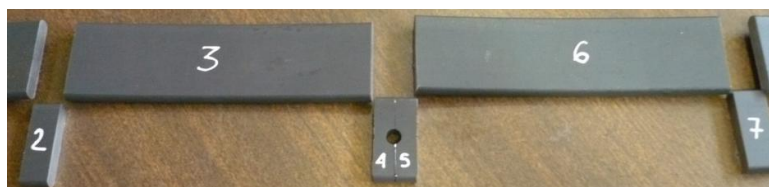
Este estudio se realiza en dos partes: la primera es una caracterización metalográfica del acero AISI SAE 5160H usado en la fabricación de las muelles semielípticas analizadas en este proyecto. En la segunda parte se realizan ensayos mecánicos a la tensión utilizando una maquina servo-hidráulica MTS 810 y una máquina universal GALBADINI, así como también, pruebas de dureza utilizando un durómetro Rockwell digital. Este trabajo tiene como objetivo analizar las propiedades mecánicas a la tensión, dureza y estructura metalográfica del acero AISI SAE 5160H, el cual es utilizado en la fabricación de muelles semielípticas, las cuales son utilizadas por el transporte automotriz y con ello mejorar el desempeño de estos elementos mecánicos durante su tiempo de servicio y cumplir así la garantía que el fabricante otorga.

4.1 Metodo

El maquinado de las probetas de tensión, se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM A 370 – 68, Standard Rectangular Tension Test Specimens, el material utilizado fue un acero AISI SAE 5160H utilizado en la fabricación de muelles semielípticas, tres sin tratamiento térmico y tres con tratamiento térmico.

El tratamiento térmico de templado y revenido a las probetas para los ensayos de tensión del acero AISI SAE 5160H, se realizó en una empresa de la región, utilizando un horno para el templado y otro horno para el revenido. Los ensayos de tensión para el acero AISI SAE 5160H, con probetas sin tratamiento térmico fueron realizados utilizando una máquina servo-hidráulica MTS 810 y capacidad de 100KN. Los ensayos de tensión para el acero AISI SAE 5160H, con probetas tratadas térmicamente, fueron realizados utilizando una máquina universal GALBADINI con capacidad de 500 KN, siendo la escala utilizada de 250 KN para realizar los ensayos y a una velocidad constante de la carga de 1.5mm/min. Los ensayos de dureza se realizaron con acero AISI SAE 5160H tratado térmicamente con temple y revenido y sin tratamiento térmico. Estos ensayos se tomaron en sentido longitudinal y transversal de acuerdo a la norma ASTM E 18 - 98 “Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Material” [19]. Las dimensiones de la muelle a examinar, en este caso, la cuarta hoja del juego de muelles tratada térmicamente, fueron las siguientes: 12mm de espesor, 64mm de ancho y 610mm de largo, de la cual se obtuvieron las probetas para realizar los ensayos de dureza. La figura 4 muestra la muelle seccionada.

Figura 4 Muelle seccionada (cuarta hoja)



Para la preparación de las muestras metalográficas se siguió el método descrito en la norma ASTM E 3 – 98 [20] “Preparation of Metallographic Specimens”. Las muestras fueron cortadas, montadas en resina fenólica, desbastadas y pulidas siguiendo las directrices allí indicadas. El ataque se realizó por inmersión en el reactivo Nital para las observaciones microscópicas [6,7].

Las observaciones microscópicas se realizaron en dos etapas, en la primera se analizaron los defectos superficiales que se formaron durante el proceso de fabricación de la muelle, así también, se observaron cada una de las probetas durante su proceso de desbaste y pulido para cerciorarse que éste fuese realizado de manera uniforme y sin ralladuras profundas. Esto se logró con el microscopio estereoscópico. En la segunda etapa, ya con las probetas atacadas químicamente, se utilizó para el análisis metalográfico un Microscopio Analizador de Imágenes marca NIKON, modelo ECLIPSE L150 y un software OMNIMET ENTREPRISE VERSION 5.0. De acuerdo a la norma ASTM E 112 – 98 [21] “*Estimating the average grain size of metals*”. Este software reveló características metalográficas tales como: inclusiones no metálicas, tamaño de grano y porcentaje de fases. El software mediante rutinas encuentra un patrón que coincida con la muestra en estudio y entonces designa el tamaño de grano del metal por el número correspondiente al número índice del patrón coincidente. Las microfotografías obtenidas fueron a 50, 100, 200 y 500 aumentos.

4.2 Resultados y discusión

La comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de tracción para el acero AISI SAE 5160H con y sin tratamiento térmico se analizan en la tabla siguiente.

Tabla 4 comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de tracción del acero aisi sae 5160h con y sin tratamiento térmico

CARACTERÍSTICAS	ACERO AISI SAE 5160H SIN TRATAMIENTO TÉRMICO				ACERO AISI SAE 5160H CON TRATAMIENTO TÉRMICO			
	No. 1	No. 2	No. 3	Promedio	No. 1	No. 2	No. 3	Promedio
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	558.99	538.57	556.99	551.52	1035	1050	1035	1040
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	910.35	888.67	905.57	901.53	1115	1135	1170	1140
% DE ELONGACION	5.13	4.99	5.2	5.1	9.2	9.5	9.6	9.43
% DE REDUCCION DE AREA	30.01	29.6	29.68	29.76	32.78	33.84	34.12	33.58

El esfuerzo de fluencia encontrado para el acero AISI SAE 5160H sin tratamiento térmico fue de 551.52 MPa y con tratamiento térmico fue de 1040 MPa. El cambio significativo de este valor se debe al tratamiento térmico, logrando en el material una importante mejora en sus propiedades mecánicas. El porcentaje de alargamiento para el acero AISI SAE 5160H sin tratamiento térmico fue de 5.1 y con tratamiento térmico de 9.43. El porcentaje de reducción de área para el acero AISI SAE 5160H sin tratamiento térmico fue de 29.76 y con tratamiento térmico de 33.58. Con el aumento en el porcentaje de alargamiento y reducción de área, le permiten al material que trabaje a cargas mayores debido al aumento de su propiedad mecánica llamada Resiliencia. Los valores promedio encontrados en las mediciones de dureza para las secciones de la muelle en sentido longitudinal y transversal se muestran en la tabla 4.3 La tabla 4.2 muestra los valores promedio y la comparación de estos valores con respecto a la norma ASTM.

Tabla 4.1 Valores promedios de dureza de varias secciones

Espécimen	Valor promedio de dureza Rockwell "C"
Sin tratamiento térmico	HRC 25.75
Con tratamiento térmico	HRC 41.17
Referencia consultada ASTM	HRC 40-45

Tabla 4.2 Resultados de los ensayos de dureza

# SECCION	TRANSVERS	LONGITUDINA
2	39.33	39.66
7	37.73	41.93
5	43.06	41.84
SUPERFICIE DEL BARRENO	xxxx	44.64

Los valores de la dureza promedio para el acero en material sin tratamiento térmico fue de 25.75 HRC, mientras que para el acero tratado térmicamente fue de 41.17 HRC, que al comparar este último resultado con lo que marca la norma ASM, encontramos que el acero tratado térmicamente sí cumple con las especificaciones requeridas.

El aumento de dureza en acero tratado térmicamente se debe al cambio de estructura metalográfica de ferrita y perlita a martensita, tal como se muestra en la figura 4.1 Lo anterior tiene influencia en el aumento del comportamiento elástico lineal de la muelle.

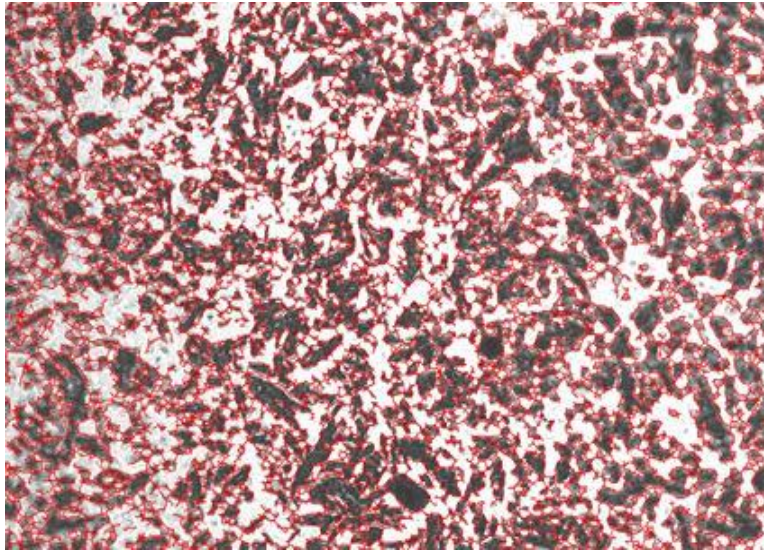
Figura 4.1 Microfotografía que muestra las estructuras metalograficas de ferrita, perlita y martensita del acero 5160H con tratamiento térmico (50X)



El tamaño de grano se determinó utilizando el software OMNIMET ENTERPRISE versión 5.0 por medio de la subrutina 2 (Tamaño de Grano).

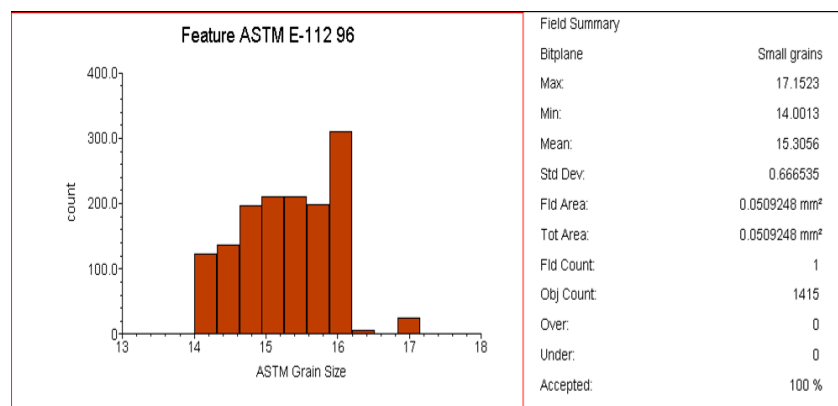
El programa grabó la imagen y delineó los límites de grano y proporcionó el tamaño de grano en base a la norma ASTM 112 -98 “Estimating the average grain size of metals”, (ver figura 4.2).

Figura 4.2 Micrografía del acero 5160H con ataque químico, con aplicación de la subrutina para determinar el tamaño de grano. (100 X)



El valor promedio del tamaño de grano encontrado para el acero AISI SAE 5160H con tratamiento térmico fue de 15.3056, (ver figura 4.3).

Figura 4.3 Gráfica ASTM, que nos indica el tamaño de grano para el acero 5160H



El tamaño de grano sí cumple con las especificaciones establecidas, así como también la ficha técnica de certificado de calidad del fabricante del acero AISI SAE 5160H de acuerdo a la norma ASTM 112-98 “ESTIMATING THE AVERAGE GRAIN SIZE OF METALS. El porcentaje de fases se obtuvo a través del software OMNIMET ENTERPRISE versión 5.0, por medio de la subrutina 3 (porcentaje de fases). El programa grabó las imágenes y determinó las fases de acuerdo con las microfotografías tomadas. Los valores de los porcentajes de fases encontrados para el acero AISI SAE 5160H tratado térmicamente revelaron un valor promedio de 36.6316% de ferrita y 63.3684% de perlita. En la figura 4.5 se observa la microfotografía del acero 5160H con tratamiento térmico al aplicarle la subrutina para determinar el porcentaje de fases presentes y en la figura 4.5 se muestra la gráfica que nos indica el porcentaje de fases presentes.

Figura 4.5 Micrografía del acero 5160H, con aplicación de la subrutina para determinar el porcentaje de fases, Ferrita (azul claro). Perlita (azul oscuro) (500X)

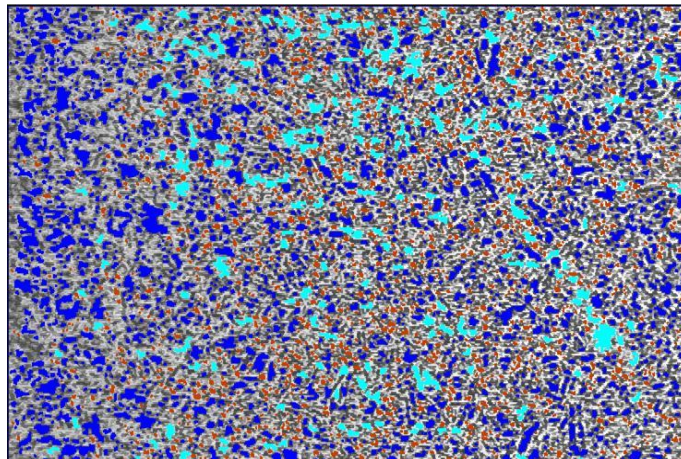
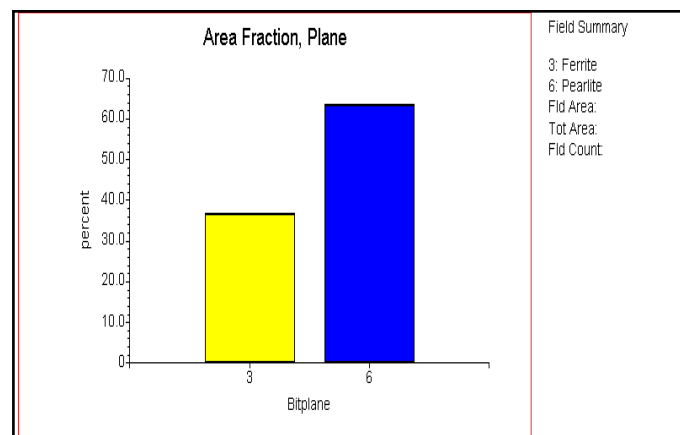


Figura 4.6 Gráfica que nos indica los porcentajes de fases presentes



En la gráfica podemos notar que el porcentaje de perlita es más elevado que el porcentaje de ferrita, dando como resultado una mayor transformación de martensita en el proceso de templado y mejorando las propiedades mecánicas del acero.

4.3 Conclusiones

- 1.- La dureza encontrada para el acero AISI SAE 5160H sin tratamiento térmico fue de 25.75 HRC y con tratamiento térmico fue de 41.17 HRC. Este aumento de dureza mejora las propiedades mecánicas y cumple con la norma ASTM.
- 2.- Se observa una mejora significativa en la dureza, esto indica que se logra un mayor porcentaje de transformación de perlita en martensita y además, se incremento su comportamiento lineal elástico.
- 3.- El tamaño de grano encontrado es de 15.3056 cumpliendo con la norma ASTM E 112-98, favoreciendo esto su propiedad mecánica a la tracción.
- 4.- El mejoramiento de las propiedades mecánicas del acero AISI SAE 5160H después del tratamiento térmico mejoraron significativamente en función de su tamaño de grano y cambio de su estructura metalográfica.
- 5.- Con el aumento en el porcentaje de alargamiento y reducción de área, le permiten al material que trabaje a cargas mayores debido al aumento de su propiedad mecánica a la resiliencia.
- 6.- El esfuerzo de fluencia encontrado para el acero AISI SAE 5160H sin tratamiento térmico fue de 551.52 MPa y con tratamiento térmico fue de 1040 MPa. Este incremento del valor del esfuerzo de cedencia mejora el comportamiento lineal elástico.
- 7.- En vista de los resultados obtenidos, se concluye que las propiedades mecánicas determinadas con la caracterización del acero AISI SAE 5160H, se obtienen resultados aceptables en función al comportamiento de las muelles semielípticas en servicio, proporcionando seguridad, eficiencia y garantía para los usuarios de la industria automotriz.

4.4 Referencias

Carrión, F.J. del Valle, A. y Terán, J., (1996), “Efecto de la Rugosidad de las Carreteras en el daño a Vehículos”; Publicación técnica no. 139; Sanfandilla, Qro 2000.

José Apraiz Barreiro, “Aceros Especiales y Otras Aleaciones”, Editorial Dossat, Quinta Edición. A. Malishev, G. Nokolaiev y Shuvalov, “Tecnología de los Metales”, Editorial Mir Moscú.

Scientia et Technica Año X, No 24, Mayo 2004. UTP. ISSN 0122-1701 – “La Importancia del Método en la Selección de Materiales”.

Donald R. Askeland & Pradeep P. Phulé, “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Editorial Thompson.

Carl A. Keyser, “Técnicas de Laboratorio para Pruebas de Materiales”, Editorial Limusa – Wiley, Primera Edición.

James F. Shackelford, “Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros”, Editorial Pearson, Sexta Edición.

José de Jesús Mayagoitia Barragán, “Tecnología e Ingeniería de Materiales”, Mc Graw Hill, 2004.

SID-SGC-GO-ED-001 REV.0 – “Procedimiento de Ensayos de Dureza”.

Adrián Inchaurre Zabala, “Aceros Inoxidables y Aceros Resistentes al Calor”, Editorial Limusa. Primera Edición.

J.C. Anderson, K.D. Leaver, R.D. Rawlings y J.M. Alexander, “Ciencia de los Materiales”, Editorial Limusa, Segunda Edición.

A Herrero Palomo, JM Cabrera Marrero, A Mateo García, “Tecnología de Materiales Teoría”, Publicacions d’Abast S.L.L., 2002.

A. P. Guliáev, “Metalografía tomo 1”, Editorial Mir Moscú.

A. P. Guliáev, “Metalografía tomo 2”, Editorial Mir Moscú.

ASM HANDBOOK VOLUMEN 1 “Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys”; 1993.

ASM HANDBOOK VOLUMEN 8 “Mechanical Testing”; 1992.

ASM HANDBOOK VOLUMEN 9 “Metallographic and Microstructures”; 1992.

ASM HANDBOOK VOLUMEN 10 “Materials Characterization”; 1992.

Norma ASTM E 18 - 98 “Methods of Test for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials”.