

Determination of the Behavior of the Hardness as a function of the Traction Effort in an AISI 1005 Steel

Itzrel Dauhajre^a, Carlos Alfonzo^{*,b}, Argel Porrello^b, Carmelo Torres^b

^a*Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.*

^b*Centro de Investigaciones en Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.*

Abstract.-

The purpose of this investigation is to determine the behavior of the hardness of an AISI 1005 steel by subjecting it to different tensile stresses. For this purpose, steel specimens were manufactured according to the ASTM E8M standard and subjected to a series of tests grouped in three stages: The first stage chemical analysis of the material was carried out, verified according to the ASTM A29 standard. In the second stage the test specimens were subjected to tensile tests, the yield strength of the material was calculated through the Offset Method, a load range applicable to the specimen was created without crossing the limit of the elastic zone of the material. In stage number three, consisting of two tests: the first is the tensile test, by which the test piece was subjected to the action of a pre-established load and the test was stopped, then the hardness test was applied, measuring the hardness that experiences the material subjected to the action of a certain force value. This phase was repeated increasing the load applied at 1000N until reaching the calculated yield strength. During this stage it was observed that the material increases its hardness as it is being traded, then when it approaches the yield point this mechanical property begins to decrease until it reaches the value it originally had.

Keywords: Hardness; traction effort; AISI 1005.

Determinación del Comportamiento de la Dureza en función del Esfuerzo de Tracción en un Acero AISI 1005.

Resumen.-

El propósito de esta investigación es determinar el comportamiento de la dureza de un acero AISI 1005 al someterlo a diferentes esfuerzos de tracción. Para esto se fabricaron probetas de Acero de acuerdo a la norma ASTM E8M y se sometieron a una serie de ensayos agrupados en tres etapas: La primera etapa se realizaron análisis químicos del material, verificándose según la norma ASTM A29. En la segunda etapa se sometieron las probetas a ensayos de tracción, se calculó el límite de fluencia del material a través del Método Offset, se creó un rango de carga aplicable a la probeta sin cruzar el límite de la zona elástica del material. En la etapa número tres, constituida por dos ensayos: el primero es el ensayo de tracción, mediante el cual se sometió la probeta a la acción de una carga preestablecida y se detuvo el ensayo, posteriormente se aplicó el ensayo de dureza, midiendo la dureza que experimenta el material sometido a la acción de cierto valor de fuerza. Esta fase se repitió aumentando la carga aplicada en 1000N hasta llegar al límite de fluencia calculado. Durante esta etapa se observó que el material va incrementando su dureza a medida que se va traccionando, seguidamente cuando se acerca al límite de fluencia esta propiedad mecánica comienza a disminuir hasta llegar al valor que tenía originalmente.

Palabras clave: Dureza; esfuerzos de tracción; AISI 1005.

Recibido: noviembre 2017

Aceptado: diciembre 2017

*Autor para correspondencia

Correo-e: calfonzo@uc.edu.ve (Carlos Alfonzo)

1. Introducción

El acero AISI 1005 se utiliza en piezas de maquinaria o elementos donde su resistencia a la tracción sea de menor importancia o donde se requiere un severo doblado y buena soldabilidad, su principal uso es en la fabricación de hebillas, tornillos, remaches, cadenas, argollas, canastillas, estanterías, ganchos, loceros, núcleos (soldadura), parrillas, repisas de baño, repisas organizadoras, espárragos, pernos, pernos en U o grapas, tuercas, accesorios para motos, carros para autoservicios, elementos decorativos, exhibidores, bulones, pasadores, bujes, accesorios de lujo para el sector automotriz, etc., Como se indica en la norma ASTM A29 [1]. Debido a el amplio uso del acero AISI 1005, es de gran interés realizar un proceso evaluativo de la dureza de este al aplicársele esfuerzos de tracción para conocer el comportamiento de estas propiedades a la hora de ser requeridas en el diseño de un elemento mecánico.

Los esfuerzos residuales tanto en soldaduras como en acoples se calculan a través de diferentes métodos el más común es el método de “Hole Drilling”; estos métodos se consideran semi-destructivos porque se tiene que remover material de la pieza para hacer su estudio. Al establecer una relación entre el esfuerzo y la dureza de un material basta con colocar un durómetro en varios puntos, leer las durezas indicadas y entrar en la gráfica esfuerzo-dureza para leer los esfuerzos a los cuales está sometida una pieza o incluso el material en bruto [2].

El objetivo de este proyecto es identificar si existe una relación entre el esfuerzo de tracción que se aplica a una pieza y la dureza dentro de la zona elástica del material.

2. Metodología

Para el presente trabajo se utilizó un acero AISI 1005 suministrado en pletinas de 6 m de largo, con ancho de 25,4 mm y un espesor de 4,76 mm, de la cual se extrajeron 10 probetas con las dimensiones establecidas por la norma ASTM E8-M [3]. Se ensayaron dos (2) probetas a

tracción, tres (3) probetas para análisis de material con espectroscopia de emisión óptica (OES) y cinco (5) probetas para ensayo tracción-dureza. Teniéndose un total de diez (10) probetas, cuyas dimensiones se muestra en la Figura 1.

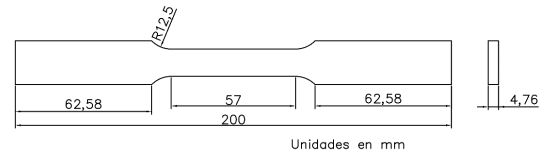


Figura 1: Dimensiones de probeta de acuerdo a la norma ASTM E8-M [1].

Ensayo de Tracción-Dureza

Los ensayos de tracción se realizaron utilizando la máquina de ensayos universales de materiales marca “Galdabini” modelo CTM-20, perteneciente al Laboratorio de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Este ensayo se hizo de acuerdo con las recomendaciones de la norma ASTM E8M [3]. Para realizar este ensayo se marcaron las probetas en la zona calibrada, midiendo su longitud inicial, ancho y espesor con un vernier, sujetando firmemente los extremos de la probeta a las mordazas de la máquina de tracción se aplicó la carga estirando la probeta hasta que ocurrió la fractura. Con la información obtenida de los ensayos se construyeron curvas de esfuerzo-deformación, a partir de estas curvas se obtuvo el esfuerzo de fluencia identificando el límite elástico del Acero. Para obtener este esfuerzo de fluencia (S_y) se utilizó el método offset como lo indica J. Shackelford [4].

Para determinar el comportamiento del acero, las probetas fueron sometidas a esfuerzos de tracción uniaxial, inferiores al esfuerzo de fluencia del material (zona elástica), y mientras se mantenía el esfuerzo, se tomaron cuatro medidas de dureza.

Para el ensayo de dureza se empleó un durómetro portátil Krautkramer MIC20 (ver Figura 2), perteneciente al Laboratorio de La Refinería El Palito (PDVSA), el cual permite el registro, gráfica y cálculo de media de tomas de dureza, utilizando El Método de Rebote para realizar el ensayo.

Tabla 1: Composiciones químicas del material estudiado y del acero ASTM A1005 [?].

Material	Fe (%)	C (%)	Mn (%)	P _{max} (%)	S _{max} (%)
Estudiado	99,53	0,0505	0,3337	0,003	0,002
ASTM 1005	----	0,06 max	0,35 max	0,04	0,05



Figura 2: Durómetro portátil Krautkramer MIC20.

Para llevar a cabo El Método de Rebote el equipo consta de un cuerpo de impacto, un dispositivo de impacto, y una unidad de visualización. El cuerpo de impacto tiene un carburo de tungsteno o bola de diamante en la punta, y un imán permanente para generar un impulso de tensión. El dispositivo tiene una unidad para la tensión y para acelerar el impacto del cuerpo, así como una bobina de inducción para detectar el imán en el cuerpo de impacto. A través de este método se midió la velocidad de variación debido a pinzamiento del cuerpo de impacto. Durante este proceso, el imán del cuerpo de impacto induce una señal de voltaje en la bobina cuya altura es proporcional a la velocidad de impacto (I_p). El impacto provoca una deformación plástica del material, y una indentación esférica permanente se produce en la superficie. La relación de velocidad se determina exactamente en el momento del impacto de rebote a través del procesamiento de la señal especial.

Con los resultados de este ensayo se obtuvieron los datos para generar las curvas esfuerzo-dureza de un acero AISI 1005.

El objetivo del análisis con espectroscopia de emisión óptica es determinar la composición química exacta de la pletina que se adquirió para la fabricación de las probetas

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis de material mediante espectroscopia de emisión óptica (OES) y el grado de designación equivalente de acuerdo a la norma ASTM A 29 [1] que corresponde al grado ASTM 1005. Sólo se reporta el promedio de los elementos Fe, Mn, P y S que son los establecidos por la norma. El análisis OES arrojó el porcentaje de otros elementos como: Si, Cr, Ni, Al, Co, Cu, Nb, Ti, V, W, Pb, Sn, B, Zr, As y Bi, para los cuales el contenido fue menor o igual a 0,037 %. En la Figura 3, se observan las marcas dejadas por el procedimiento de OES.



Figura 3: Curvas de esfuerzo y deformación unitarios del material estudiado.

3.1. Ensayo de tracción

A través de este ensayo se busca obtener un rango de valores dentro de la zona elástica del material, así como también conocer el comportamiento mecánico del este.

En la Figura 4 se muestran las curvas esfuerzo-deformación unitarios obtenidas del ensayo de tracción aplicado a las probetas de Acero AISI 1005.

En la Figura 4, la primera parte de la curva es prácticamente una recta, que muestra la proporcionalidad entre la deformación con respecto al esfuerzo aplicado. Utilizando el Método "Offset", establecido en la norma ASTM E8-M [2], se determinó el límite de fluencia o límite aparente de elasticidad con un valor promedio de 210

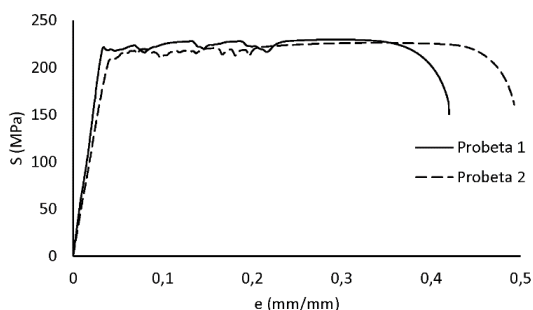


Figura 4: Curvas de esfuerzo y deformación unitarios del material estudiado.

MPa, mostrando una amplia zona de deformación plástica (entre 0,1 y 0,4 de deformación), lo cual indica que es un material bastante dúctil.

Con estos resultados se creó un rango de carga (2000N-7000N) para trabajar dentro de la zona elástica del Acero.

3.2. Ensayos tracción-Dureza

Se trabajo dentro de la zona elástica del material, utilizando un intervalo de carga de 2000 N a 7000 N. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2 y se muestran gráficamente en la Figura 5.

Se puede observar cómo cambia la dureza a medida que se tracciona la probeta al inicio del ensayo esta tiende a endurecerse, pero a medida que va aumentando el esfuerzo aplicado (tracción) su dureza va disminuyendo progresivamente hasta llegar a el valor de dureza que tenía en su condición original, esto ocurre al acercarse al límite de fluencia del Acero de estudio.

El comportamiento que se obtiene al relacionar valores de esfuerzo de tracción y dureza no describe ningún modelo matemático conocido, tal como lo indican Shen y Chawla en su estudio [3].

4. Conclusiones

Se comprobó por medio del análisis de espectrometría que el acero de estudio presento una composición química propia de un acero AISI 1005, así lo confirma la Norma ASTM A-29 [1].

A medida que la probeta de estudio se le aplica el ensayo de tracción su dureza tiende a regresar a la condición original, es decir el grado de dureza al aplicar el mínimo y máximo esfuerzo dentro de la

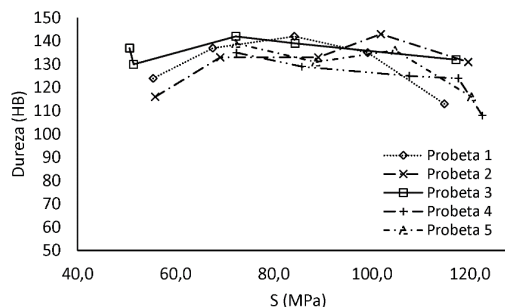


Figura 5: Grafica de valores obtenidos en ensayo tracción-dureza.

Tabla 2: Valores obtenidos de ensayo tracción-dureza.

Probeta	Carga (N)	S (Mpa)	Dureza (HB)
1	3296	55,4	124
	4020	67,6	137
	5010	84,2	142
	5900	99,2	135
	6830	114,8	113
2	3320	55,8	116
	4110	69,1	133
	5300	89,1	133
	6060	101,8	143
	7120	119,7	131
3	3010	50,6	137
	3060	51,4	130
	4300	72,3	142
	5020	84,4	139
	6970	117,1	132
4	4308	72,4	135
	5100	85,7	129
	6405	107,6	125
	7000	117,6	124
	7290	122,5	108
5	4300	72,3	139
	5270	88,6	131
	6230	104,7	136
	7160	120,3	116

zona elástica es prácticamente constante, este varía solo durante la aplicación de esfuerzos intermedios. No existe modelo matemático conocido que represente este tipo de comportamiento.

La dureza del material no mostró una tendencia definida al variar el esfuerzo de tracción en la zona elástica.

Recomendaciones

Con la finalidad de profundizar el estudio de la relación entre la dureza de un material y el esfuerzo que actúa sobre este se recomienda realizar el estudio para el mismo acero (AISI 1005)

aplicando esfuerzos de compresión.

Referencias

- [1] ASTM A29 / A29M-05(2005), Standard specification for steel bars, carbon and alloy, hot-wrought, general requirements for, 2005.
- [2] ASTM E8-04(2004), Standard test methods for tension testing of metallic materials, 2004.
- [3] Y. L. Shen and N. Chawla. On the correlation between hardness and tensile strength in particle reinforced metal matrix composites. *Materials Science and Engineering: A*, 297(1-2):44–47, 2001.
- [4] James F. Shackelford. *Ciencia de materiales para ingenieros*. Pearson Educación, sexta edición.