

Análisis de Prueba Mecánica de Tensión de aluminio 6061 bajo diferentes condiciones de método, tratamiento térmico y acabado superficial

Paola Quintanilla Ortiz, Yazmín Rivera Peña¹, Arely Yazmín Muñoz Martínez, Teresa Ivonne Castillo Diego.

Resumen- En este artículo se presentan los resultados que se obtuvieron al analizar el comportamiento del aluminio 6061, cuando es sometido a pruebas de tensión y tratamientos físicos bajo normas de calidad, en lo cual se aplicaron 3 diferentes tipos de tratamientos físicos (acabado burdo, acabado fino y tratamiento térmico), todo esto partiendo de la hipótesis de que si se hace un tratamiento superficial bajo condiciones controladas, las propiedades mecánicas del material se mejorarán. Los factores que deben considerarse son la naturaleza de la carga aplicada, su duración, compresión y magnitud, que puede ser constante con el tiempo. Por lo tanto al llevar a cabo estas pruebas en el material a ensayar, analizaremos la resistencia a la ruptura, basando nuestros estudios en el diagrama carga-deformación, midiendo de esta manera: límite elástico, límite de fluencia o, esfuerzo máximo y el porcentaje de elongación.

Palabras claves- Tratamiento térmico, Prueba de tensión, probeta, propiedades mecánicas

Introducción

Hoy en día existen muchas fallas en los materiales con que se diseñan los equipos de trabajo y aún más en sus piezas mecánicas, debido a que en algunos casos estos no son predecibles y suelen ocasionar gastos innecesarios. Con la finalidad de tener una mayor seguridad y fiabilidad en cuanto a la resistencia de un material y su grado de deformación cuando se aplica cierta carga sobre él, es que se lleva a cabo este estudio.

El uso de materiales que se aplican en ingeniería, está basado en mayor medida en la capacidad que posee un metal para satisfacer los requerimientos tanto de diseño como de servicio y para ser fabricados a las dimensiones adecuadas. Esta capacidad es determinada por las propiedades mecánicas y físicas del metal.

En la formación de un Ingeniero, es muy importante el conocimiento de la Ciencia de los Materiales, como una herramienta básica para entender de manera general cómo se comporta un material, lo cual es necesario cuando deseamos desarrollar adecuadamente diseño de partes, componentes, sistemas y procesos que sean útiles, pero sobre todo confiables y económicos para nuestra sociedad.

Muchos materiales cuando son utilizados, están sometidos a fuerzas o cargas. En tales situaciones es necesario conocer a profundidad sus características y de esta forma diseñar la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca el fallo del material.

Esta investigación se realiza con el fin de analizar el comportamiento del aluminio 6061 respecto a sus propiedades mecánicas, como lo es la ductilidad, rigidez y resistencia, cuando se somete a una fuerza de tensión ejercida gradualmente por una máquina de ensayos universal llamada Autograph AG-IS 100KN, basándonos en condiciones de método, tratamiento térmico y acabado superficial.

Una prueba de tensión se define, como un ensayo que permite conocer las características de un material cuando se somete a esfuerzos de tracción. Por lo cual una prueba mecánica, es una prueba destructiva en las que los materiales de estudio son sometidos a esfuerzos mediante la aplicación de una fuerza externa hasta su deformación y/o ruptura. Por lo tanto este comportamiento mecánico refleja la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta que posee el material (es decir su deformación). Esto da como resultado determinar dichas propiedades con ensayos cuidadosos que reproducen las condiciones de servicio hasta donde sea posible.

Descripción del Método

Uno de los ensayos mecánicos esfuerzo-deformación más comunes es el de tensión. Tal y como se mencionó anteriormente, este puede ser utilizado para determinar varias propiedades de los materiales que son importantes para el diseño. Normalmente se deforma una probeta hasta la rotura, con una carga de tracción que se aumenta gradualmente y que es aplicada uniaxialmente a lo largo del eje de la probeta.

¹ Ing. Yazmín Rivera Peña es Técnico Académico del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana, Zona Xalapa. yazmin.rivera14@hotmail.com, yarivera@uv.mx

La parte fundamental de este artículo consiste en comparar las características mecánicas de dos probetas, con diferentes tratamientos y acabados; para ello se fabricaron 8 probetas sin tratamiento térmico, ni acabado superficial y 8 probetas con tratamiento y acabado. Las 16 probetas tienen las mismas dimensiones y son del mismo material.

Diseño de la probeta

Generalmente la selección de la probeta es circular. Durante el ensayo, la deformación está confinada en la región más estrecha del centro de la probeta, por lo que su diseño será con una sección uniforme a lo largo de su longitud, debido a que serán maquinadas con una curva de transición entre los agarres de las mordazas y la longitud paralela, como se muestra en la Figura 1.

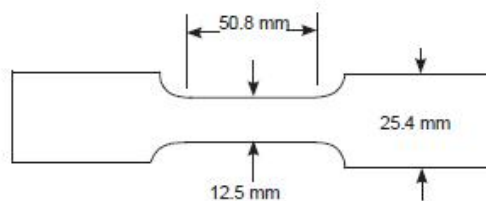


Figura 1. Medidas de probeta de aluminio

Por su parte los extremos de agarre pueden ser de cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina (para esta investigación cilíndrica). La longitud libre de estas, siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada, debido a que se ajusten convenientemente con las manos, para cuando se lleve la probeta entre perfectamente. Hay que asegurarse que la probeta está alineada y a su vez es recomendable que al realizar la medida de la longitud y el diámetro de la probeta a utilizar, sea con la ayuda de un calibrador Vernier.

Para la elaboración de las pruebas de tensión es necesario que las probetas cumplan con los requisitos indicados por normas relacionadas para tales ensayos como la ASTM, DIN, ASME, entre otras.

Uno de los principales puntos que hay que cuidar es precisamente la longitud que va a servir de referencia en la deformación de las probetas en el momento del ensayo, esta longitud será como se muestra en la figura 1, sin embargo todo dependerá del sistema de medición a utilizar.

Para llevar a cabo estos estudios la probeta se realizará en un taller de máquinas-herramientas convencional, dificultando realizar las marcas de calibración a las medidas ya citadas para que cumpla todos los requisitos solicitados por las normas, esto debido a su cuerpo cilíndrico de la probeta.

Características del Material

Se trabajará con aluminio 6061, donde sus principales componentes son: aluminio, magnesio y silicio; dentro de sus características se encuentra que posee muy buenas propiedades mecánicas y su uso se da principalmente en componentes de chapa conformada y/o soldada, piezas mecánicas, industria del plástico, camiones, torres, canoas, vagones, muebles, cañerías y otras aplicaciones estructurales donde se requiera soldabilidad y resistencia a la corrosión y mecánica.

Es una de las aleaciones de aluminio más comunes para uso general. Se emplea comúnmente en formas pre templadas como el 6061-O y las templadas como el 6061-T6 y 6061-T651.

Equipo de trabajo

Estas pruebas se realizarán en una máquina de ensayos llamada Autograph AG-IS 100KN, que con ayuda del software llamado Trapezium 2 se genera la rutina de trabajo para cada prueba en específico. Una vez se cuenten con todos los datos experimentales, se procederá a realizar los cálculos pertinentes y de esta manera realizar el análisis de los resultados obtenidos en la práctica. Los valores que se utilizaron para llevar a cabo las rutinas de trabajo se especifican en la Figura 2 y figura 3.

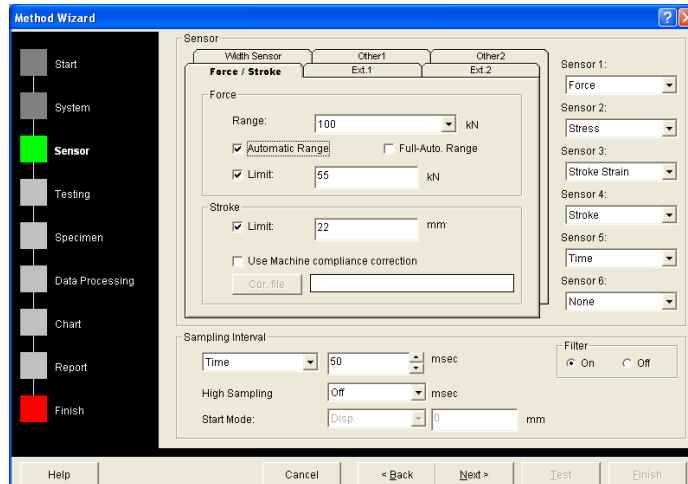


Figura 2. Datos para rutina de trabajo

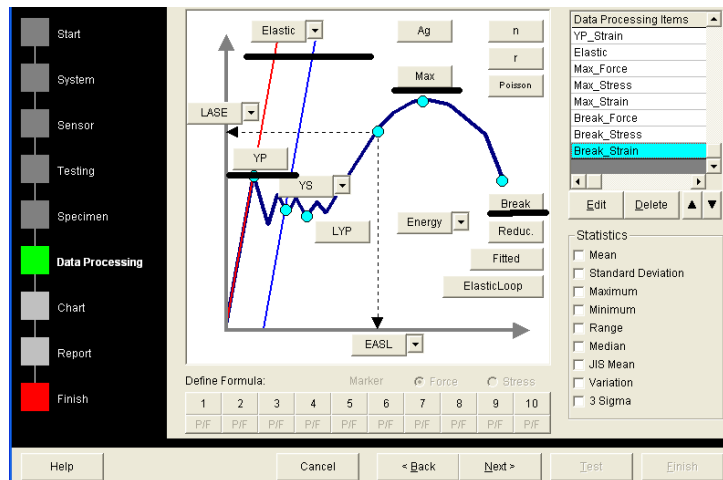


Figura 3. Variables a analizar

Seguridad para Realizar la prueba

Para evitar lesiones y/o fallas en la máquina e implementos de apoyo, causadas durante la realización de la prueba, es necesario que se tenga en cuenta algunos requisitos de seguridad: guantes de cuero, bata y gafas de seguridad, tener un buen conocimiento sobre la prueba, y todo lo relacionado con esta; otros factores muy importantes es el manejo que se debe tener con la máquina de ensayos, probeta, utilización de las mordazas del equipo, manejo de materiales y utilización de estos. Seguir precisamente las instrucciones del software, antes de la realización de la prueba es elemental para un proceso exitoso.

Procedimiento

El proceso que se realizará será medir la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Esta prueba consiste en alargar la probeta de ensayo por fuerza de tensión, ejercida gradualmente.

Sabiendo que los resultados del ensayo para un material dado son aplicables a todo tamaño y formas de muestra, se ha establecido una prueba en la cual se aplica una fuerza de tensión sobre una probeta de forma cilíndrica y tamaño normalizado como se mencionó anteriormente, que se maneja universalmente entre los ingenieros. Este ensayo se lleva a cabo a temperatura ambiente entre 10°C y 35°C.

Considerando las medidas tomadas anteriormente, se calcula la sección inicial usando para ello el diámetro de la probeta ya medido. Una vez hecho esto se monta la probeta en la máquina de ensayos y se comprueba que exista carga nula sobre la probeta y de la misma forma la máquina de ensayos da una medida de carga nula también.

Es en este momento cuando se puede iniciar el ensayo. Es conveniente, que la máquina no esté fría al iniciar el ensayo y para ello debe llevar en funcionamiento al menos treinta minutos antes de iniciar el ensayo. En la figura 4 podemos observar la rotura de la probeta.

UNIDADES /PRUEBA	ELONGACIÓN/ mm	% ELONGACIÓN	kN FUERZA MÁXIMA	N/mm ² ESFUERZO MÁXIMO	kN FUERZA DE RUPTURA	1kN- 25kN ELASTICIDAD	kN FUERZA YP	N/mm ² ESFUERZO YP
------------------	-------------------	-----------------	------------------------	---	-------------------------------	--------------------------	--------------------	-------------------------------------



Figura. 4 Rotura de Probeta al realizar prueba de tensión

Para realizar los nuevos experimentos, las probetas empleadas para los ensayos, son pulidas antes de ser ensayadas y la rugosidad superficial es medida. Esto es necesario debido a que la rugosidad superficial afecta significativamente a la vida a fatiga. Además, antes de ser ensayada se debe observar las probetas comprobando la ausencia de ralladuras o marcas que puedan afectar al resultado del ensayo. En caso de observarse tales irregularidades en la superficie la probeta debe ser rechazada.

El tratamiento térmico por su parte en su mejor sentido, se refiere a cualquier operación de calentamiento o enfriamiento, lo cual se imparte ante la necesidad de cambiar las propiedades mecánicas, microestructura o esfuerzos residuales de un producto metálico. Al someter las probetas de aluminio, su uso frecuentemente es restringido a operaciones específicas empleadas para incrementar la resistencia y la dureza de aleaciones trabajadas y fundidas endurecibles por precipitación. Estas usualmente son referidas como aleaciones tratables térmicamente para distinguir aquellas aleaciones que se les puede dar un significativo incremento en la resistencia por calentamiento o enfriamiento.

Examinando los tratamientos térmicos usados en aleaciones no ferrosas se encuentra una amplia variedad de procesos utilizados. Por ejemplo el recocido después del trabajo en frío, es un tratamiento térmico muy importante para aleaciones no ferrosas ya que ayuda al proceso de precipitación. También es importante el proceso de difusión ya que es el mecanismo por el cual se acelera el movimiento de las vacancias al incrementarse la temperatura.

Una vez la probeta está lista para ser ensayada se pone a cero la máquina y se coloca la probeta entre los útiles de sujeción. Se pone a cero el contador del número de ciclos y se establecen los parámetros necesarios en el programa de adquisición y de control de la máquina. En este caso hay que indicar cada cuantos ciclos se desea registrar los datos, así como los canales que se van a emplear en la adquisición y las cargas máxima y mínima para que los puntos que caigan excesivamente alejados de los valores teóricos del ensayo sean registrados en archivos aparte. El ensayo se realiza en control por carga y se comprueba que los niveles de carga sean adecuados mediante el programa de adquisición. El ensayo finaliza con la rotura de la probeta. Una vez finalizado el ensayo se anota el número de ciclos de duración del mismo.

Resultados

Probetas sin tratamiento térmico y acabado superficial.

Los principales parámetros que se analizaron son: Elongación y porcentaje, Fuerza máxima, Esfuerzo máximo, Fuerza de Ruptura, Límite Elástico y Límite de Fluencia.

Una vez finalizado el ensayo se anotan la carga de rotura, la medida de G tras la rotura de la probeta y el diámetro mínimo de la zona de rotura. Además se debe comprobar que la probeta haya roto dentro de la zona entre las dos marcas de G. Si la rotura se produce fuera de esta zona o a menos del 25% de la distancia G tras la rotura, la elongación puede ser anormalmente baja y no representativa e igualmente ocurre con la reducción de área. Se realizaron 8 ensayos con probetas sin acabado superficial adecuado, presentando la información más relevante en el cuadro 1.

ENSAYO 1	17.83	35.11	43.14	351.56	36.24	1981.66	33.42	272.34
ENSAYO 2	16.06	31.61	40.56	320.20	30.42	2051.82	35.86	283.10
ENSAYO 3	18.09	35.62	43.46	342.12	38.14	2091.83	33.61	265.34
ENSAYO 4	12.83	25.07	42.26	333.67	37.40	5303.54	37.56	296.54
ENSAYO 5	15.62	30.52	40.37	318.70	30.81	2285.63	35.27	278.46
ENSAYO 6	16.12	31.48	43.83	346.00	35.98	2366.07	38.44	303.50
ENSAYO 7	14.04	27.65	42.13	332.61	36.99	2180.16	37.91	299.33
ENSAYO 8	13.51	26.60	42.61	336.43	33.93	2585.70	39.006	307.91
PROMEDIO	15.51	30.46	42.29	335.16	34.991	2605.80	36.38	288.31

Cuadro 1. Resultados de la prueba de Tensión sin tratamiento térmico y método de trabajo.

Como podemos observar los resultados del Cuadro 1, las propiedades mecánicas de las pruebas muestran variaciones significativas entre cada uno de los ensayos, por ejemplo la elasticidad varía entre valores de 2585.63 y 1981.66 lo cual para un material de trabajo podría representar una incertidumbre considerada; esto se puede deber a factores como la mala calidad en la producción del metal o en la fabricación del cuerpo donde se moldeó la probeta. Es por ello que se plantea la hipótesis de si se hacen tratamientos térmicos y acabados superficiales, se podrán mejorar u homogenizar las propiedades mecánicas del material.

Probetas con tratamiento térmico y acabado superficial.

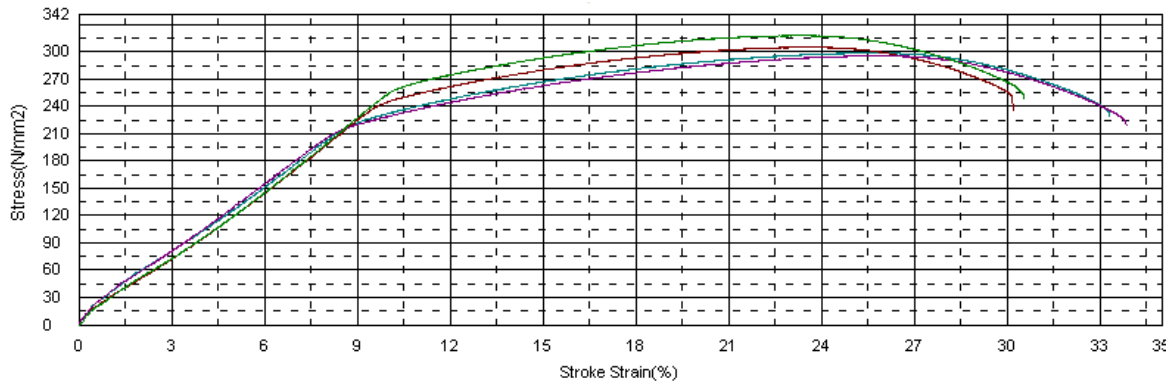
Se presenta los resultados obtenidos en el cuadro 2, en donde al perfeccionar el método de trabajo y elaborar las probetas con un pulido axial, se puede observar que solo se reportan 5 ensayos ya que 3 probetas mostraron valores similares a los de otros ensayos lo cuales fueron marcados con un *.

UNIDADES/ PRUEBA	ELONGACIÓN/ mm	% ELONGACIÓ N	Kn FUERZA MÁXIMA	N/mm ² ESFUERZO MÁXIMO	kN FUERZA DE RUPTURA	1kN- 25kN ELASTICIDAD	kN FUERZA YP	N/mm ² ESFUERZO YP
ENSAYO 1	16.93	33.34	36.87	300.45	28.39	2312.85	29.05	236.79
ENSAYO 2	15.35	30.21	37.65	306.87	29.09	2290.78	31.78	258.97
ENSAYO 3	17.21	33.89	36.50	297.42	27.22	2382.09	27.49	224.01
ENSAYO 4	15.53	30.57	39.22	319.63	30.67	2303.51	32.35	263.63
ENSAYO 5	18.79	36.99	37.29	303.92	27.22	2221.47	27.76	226.22
PROMEDIO	16.76	33.00	37.51	305.66	28.52	2302.14	29.68	241.92

Cuadro 2. Resultados de prueba de Tensión con pulido axial y tratamiento térmico.

De los resultados mostrados en el Cuadro 2 se puede analizar, que los valores de las propiedades mecánicas del material son más homogéneos para cada una de los ensayos, y que además propiedades como la elongación mejoró en un 7%.

Como se puede observar en la Grafica 1, 6 de los 8 ensayos realizados tienen el límite elástico en el mismo punto, aproximadamente en un 9% y del mismo modo coinciden en el esfuerzo a la fractura en un valor del 33%, mientras que dos ensayos tienen a demostrar variaciones en su comportamiento con respecto a los demás.



Gráfica. 1 Curvas de esfuerzo-deformación.

Conclusiones

Todos los materiales actúan de manera diferente, cuando son sometidos a diversas pruebas; A través de los datos obtenidos en este trabajo, se determinó la resistencia a la rotura y las principales propiedades mecánicas del aluminio 6061, lo cual es indispensable, para establecer las condiciones a las cuales puede someterse este material, en que puede ser utilizado y bajo qué circunstancias de operación.

Como nos podemos dar cuenta los resultados son más homogéneos en las probetas tratadas, lo cual concluimos, que elaborar el instrumento de trabajo con el método adecuado, nos brindará resultados confiables de las mediciones a las que sometimos el material. Es importante destacar que se trabajó con una metodología para elaboración de las probetas.

Referencias:

ASKELAND, Donal R., "Ciencia e Ingeniería de los Materiales", Thomson Editores. México, 1998.

GROOVER, Mikell P., "Fundamentos de Manufactura Moderna" Prentice Hall. México 1997. Capítulo 3 "Propiedades Mecánicas de los materiales"

CALLISTER, William. "Materials science and Engineering an introduction" John Wiley & Sons. Inc. México, 2007.