

ADQUISICIÓN DE VARIABLES DE OPERACIÓN EN PRENSA DE 100 TONELADAS

González Martínez Víctor (1), Plascencia Mora Héctor Dr. (2)

¹ [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | [v.gonzalezmartinez@ugto.mx]

² [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] [hplascencia@ugto.mx]

Resumen

En este trabajo se realizaron pruebas de compresión en probetas de acero comercial de alta resistencia a altas temperaturas usando una prensa hidráulica de 100 toneladas, con el objetivo de obtener las curvas de esfuerzo de flujo plástico experimentales no corregidas. La prensa hidráulica se encuentra instrumentada con un sensor laser para la adquisición de la posición y una celda de carga para compresión con un rango de 15000 a 200000 lb para la adquisición de la fuerza aplicada. Se realizaron las pruebas de compresión a 900, 1000 y 1100 °C, en las cuales se obtuvieron las variables de fuerza aplicada y posición por medio de un programa en el software LabVIEW, para posteriormente obtener las curvas de esfuerzo de flujo plástico para cada temperatura. Se realizó un análisis estadístico para confirmar la repetitividad de resultados y se estableció un procedimiento de prueba estandarizado.

Abstract

In this work compression tests were performed on commercial high strength steel specimens at high temperatures using a 100-ton hydraulic press, with the objective of obtaining uncorrected experimental plastic flow stress curves. The hydraulic press is instrumented with a laser sensor for acquiring the position and a load cell for compression with a range of 15000 to 200000 lb for the acquisition of the applied force. Compression tests were performed at 900, 1000 and 1100 °C, in which the variables of applied force and position were obtained by a program in the software LabVIEW, to later obtain the plastic flow stress curves for each temperature. A statistical analysis was performed to confirm the repeatability of results and a standardized test procedure was established.

Palabras Clave

Prensa hidráulica; Curvas de esfuerzo de flujo plástico; Instrumentación; Variables de operación; Proceso de conformado.

INTRODUCCIÓN

A medida que se van desarrollando nuevos materiales de propiedades mejoradas y de igual manera con materiales tradicionales, aumenta la necesidad del control de los procesos de deformación, de modo que es imprescindible definir a priori su comportamiento a la deformación [1].

El propósito de aplicar la teoría de plasticidad en los procesos de conformado de metales es investigar la mecánica de deformación plástica. Cada investigación permite el análisis y la predicción de: el flujo de metal (velocidades, deformaciones, tasas de deformaciones), temperaturas y transferencia de calor, variación del esfuerzo de flujo, cargas, presión y energía. De este modo la mecánica de deformación proporciona los medios para determinar cómo fluye el metal, cómo obtener la geometría deseada y cuáles son las propiedades mecánicas esperadas de la pieza en el proceso de conformado [2].

En aleaciones de aluminio la deformación en caliente es ampliamente utilizada en la industria aeronáutica y en la industria automotriz. Ha sido investigada por varios científicos e investigadores [3]. Un conocimiento preciso del comportamiento de los metales en condiciones de deformación en caliente tiene una gran importancia para los que diseñan los procesos de conformado, ya que influyen significativamente en la respuesta mecánica final de la aleación [4]. En componentes estructurales, los aceros austeníticos son ampliamente usados debido a sus propiedades mecánicas. Estas propiedades dependen de su historial termomecánico, por lo tanto, se pueden lograr optimizaciones y mejoras mediante la comprensión completa del proceso de conformado y de las variables que afectan las propiedades en las operaciones de deformación a altas temperaturas [5]. El control de sus propiedades y la obtención de la geometría final deseada son de las principales preocupaciones durante el proceso de deformación en caliente [6]. Las tecnologías modernas de conformado de metales permiten controlar la forma, acabados superficiales, tolerancias, la deformación plástica y la microestructura final en una amplia gama, esto

tiene una alta importancia en el campo de conformado de metales [7].

El presente trabajo consistió en la obtención de las curvas de esfuerzo de flujo plástico experimentales de compresión no corregidas de aceros a altas temperaturas. Se comprimiron probetas cilíndricas de acero comercial de alta resistencia usado en la fabricación de componentes de automóviles a 900, 1000 y 1100 °C en una prensa hidráulica de 100 toneladas, la cual se encuentra instrumentada con sensores para la obtención de las variables de operación que son: posición del ariete móvil de la prensa y fuerza aplicada. Con los datos obtenidos se trazaron las curvas de esfuerzo de flujo plástico para cada temperatura, se realizó un análisis estadístico para confirmar la repetitividad de resultados y después se estableció un procedimiento de prueba estandarizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados fueron:

- 9 probetas de acero comercial de alta resistencia de 10 mm de diámetro x 18 mm de altura.
- Pirómetro EXTECH Instruments, modelo VIR50, con un rango de (50-2200 °C).
- Horno Carbolite Gero con un rango de (30-1300 °C).
- Sensor laser marca Banner LT3 de largo alcance con tecnología de recorrido, clase 2.
- Celda de carga Honeywell modelo TH para compresión con un rango de 15000 lb (66723 N) a 200000 lb (889644 N).
- Módulos NI-9205 y NI PS-15.
- Puente de Wheatstone NI 9237.
- Chasis NI cRIO-9075/9076.

Procedimiento de prueba.

El procedimiento de prueba propuesto se muestra en la IMAGEN 1.

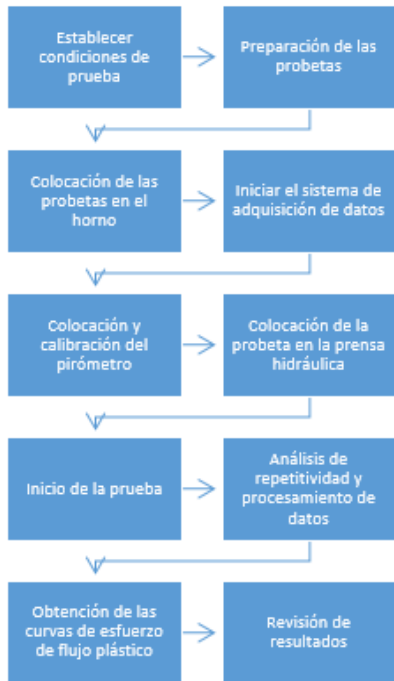


IMAGEN 1: Procedimiento de prueba.

Condiciones de prueba

A partir de las probetas maquinadas de acero comercial de alta resistencia se continuó con su colocación dentro del horno, como se muestra en la IMAGEN 2, con el objetivo de realizar pruebas a 900, 1000 y 1100 °C.

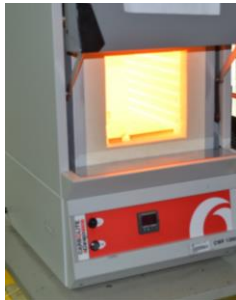


IMAGEN 2: Colocación de las probetas en el horno.

Para la medición de la temperatura de las probetas durante la prueba, se utilizó un pirómetro, el cual se instaló y se calibró respecto al material de las probetas. Por último, se dio inicio al sistema de adquisición de datos, como se puede observar en la IMAGEN 3, para adquirir las variables de operación durante las pruebas.



IMAGEN 3: Sistema de adquisición de variables.

Una vez alcanzadas las temperaturas deseadas de las probetas, se procedió a realizar las pruebas, se colocó la probeta en el herramental y se dio inicio a la prueba como se muestra en la IMAGEN 4.

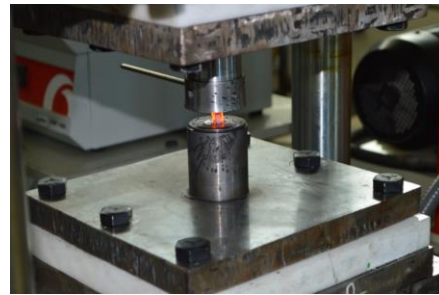


IMAGEN 4: Inicio de la prueba.

Al inicio de la prueba, de igual manera comienza la adquisición de las variables de operación, que son la fuerza aplicada y la posición del ariete móvil, esto con el objetivo de obtener las curvas de esfuerzo de flujo para cada temperatura. El estado final de las probetas al término de las pruebas se puede observar en la IMAGEN 5.



IMAGEN 5: Estado final de las probetas.

Procesamiento de datos

Posteriormente para el procesamiento de datos, se realizó un análisis estadístico en el cual se analizó la repetitividad de las mediciones de la fuerza aplicada y de la posición para las diferentes temperaturas. En la IMAGEN 6, 7 y 8 se muestran los análisis de repetitividad.

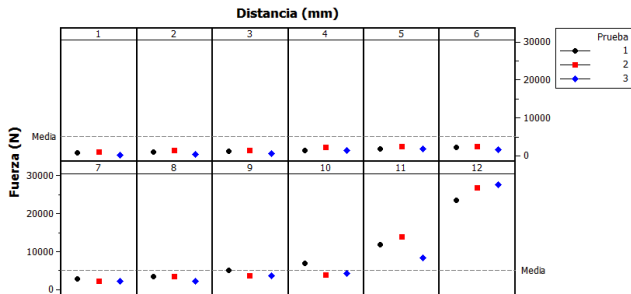


IMAGEN 6: Análisis para 900 °C.

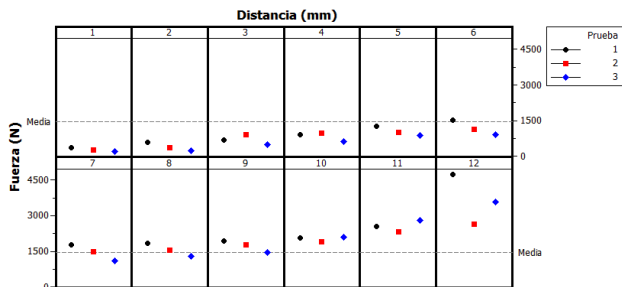


IMAGEN 7: Análisis para 1000 °C.

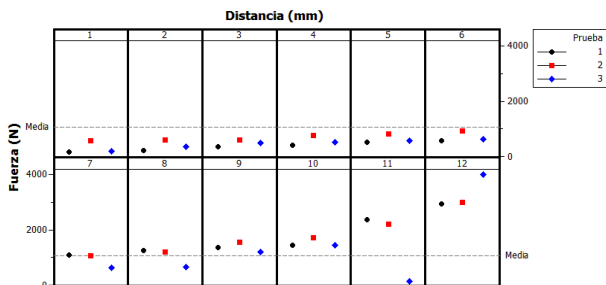


IMAGEN 8: Análisis para 1100 °C.

A partir de la teoría de plasticidad en procesos de conformado de metales y de las ecuaciones consultadas en [2], se pueden obtener las curvas de esfuerzo de flujo plástico de las probetas para cada temperatura por medio de las ecuaciones (1) y (2). Estas ecuaciones expresan el esfuerzo de

flujo real en función de la fuerza instantánea, la relación de las alturas de la probeta en el inicio y en cualquier instante de tiempo de la prueba y el radio inicial de la probeta. La deformación unitaria real se expresa en función de las alturas de la probeta.

$$\sigma = \frac{F_i}{\pi \cdot \frac{h_0}{h_i} \cdot r_0^2} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{h_i}{h_0}\right) \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a partir de las pruebas experimentales, para cada temperatura se realizaron tres pruebas, en la IMAGEN 9 se muestra la curva de esfuerzo de flujo a 900 °C.

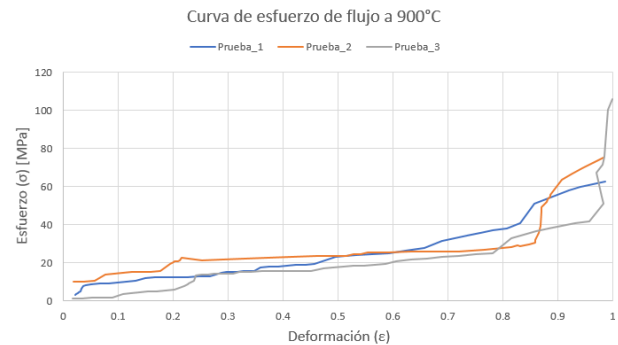


IMAGEN 9: Curva a 900 °C.

En la IMAGEN 10 se puede observar la curva de esfuerzo de flujo a 1000°C.

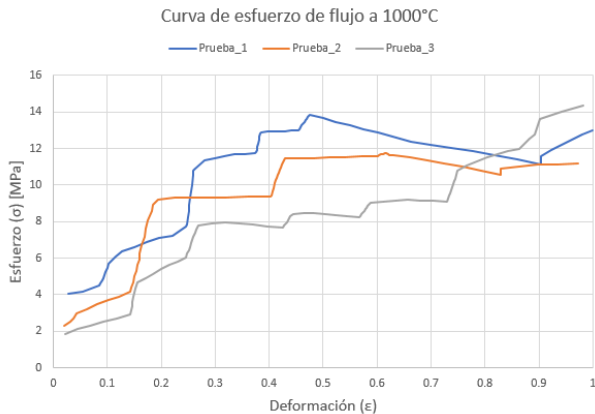


IMAGEN 10: Curva a 1000 °C.

En la IMAGEN 11 se muestra la curva de esfuerzo de flujo a 1100°C.

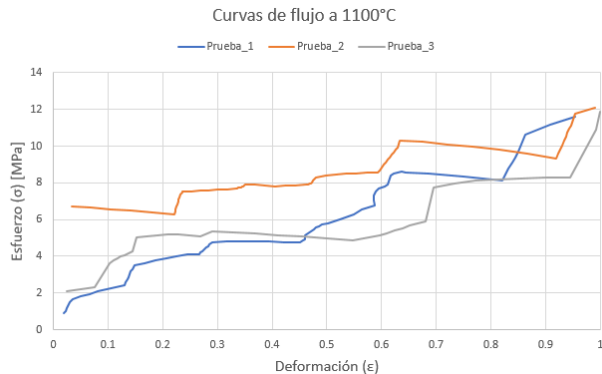


IMAGEN 11: Curva a 1100 °C.

Finalmente se observó que el comportamiento de las curvas para cada temperatura es similar en comparación a lo aportado en [2].

Para la realización de estudios futuros se contempla considerar correcciones por temperatura, fricción y velocidad de deformación. De igual manera se planteó una alternativa en la instrumentación para la adquisición de la posición, haciendo un cambio del sensor laser por un LVDT, debido a que ofrece una mayor exactitud en la lectura de la variable de posición, el diseño propuesto se muestra en la IMAGEN 12.

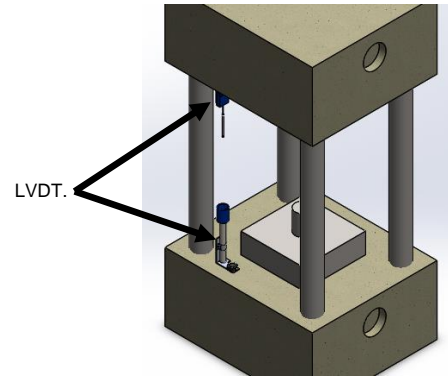


IMAGEN 12: Montaje del LVDT en la prensa hidráulica.

CONCLUSIONES

Se obtuvo las curvas de esfuerzo de flujo para un acero a diversas temperaturas las cuales son buenas aproximaciones, debido a que siguen el mismo comportamiento de las curvas en procesos de deformación en caliente, en el análisis de repetitividad se observa que existe una variación mínima entre cada prueba, esto es debido a que el rango de fuerza en el cual se realizaron las pruebas es muy bajo para el rango de funcionamiento de la celda de carga. El comportamiento podría ser más preciso si existiera una mayor repetitividad en los valores de las mediciones. El conocimiento del comportamiento del metal en estos procesos, permite obtener información respecto a cómo obtener una geometría final deseada, cómo fluye el metal a lo largo del proceso y cuáles son las propiedades mecánicas esperadas, todo ello, mediante la alimentación de modelos de elemento finito con los datos obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mi asesor el Dr. Héctor Plascencia Mora por su tiempo, orientación, atención y apoyo para realizar el presente trabajo. De igual manera agradezco al Dr. Eduardo Aguilera Gómez, al Dr. Elías Rigoberto Ledesma Orozco, al Ing. Diego Armando Gómez Márquez, al equipo de trabajo del CA de Diseño y Manufactura y a mi familia por el apoyo para llevar

a cabo este proyecto y poder concluirlo de manera satisfactoria.

REFERENCIAS

- [1] Cabrera, J. M., Prado, J. M. (1996). Simulación de la fluencia en caliente de un acero microaleado con un contenido medio de carbono. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1.
- [2] Altan, T., Ngaile, G., Shen, G. (2005). Cold and Hot Forging. Fundamentals and Applications. ASM International.
- [3] Lange, K. (1985). Handbook of Metal Forming. Society of Manufacturing Engineers.
- [4] Ashtiani, H. R., Bisadi, H., Parsa, M. H. (2014). Influence of Thermomechanical Parameters on the Hot Deformation Behavior of AA1070. Journal of Engineering Materials and Technology. 1-2.
- [5] El Wahabi, M., Cabrera, J. M., Prado, J. M. (2003). Hot working of two AISI 304 steels: a comparative study. Materials Science and Engineering. 1.
- [6] Momeni, A., Dehghani, M., Heidari, M., Vaseghi, M. (2012). Modeling the Flow Curve of AISI 410 Martensitic Stainless Steel. Journal of Materials Engineering and Performance. ASM International. 1.
- [7] Yanagimoto, J., Karhausen, K., Brand, A. J., Kopp, R. (1998). Incremental Formulation for the Prediction of Flow Stress and Microstructural Change in Hot Forming. Journal of Manufacturing Science and Engineering. 1.