

Análisis de falla de la mordaza plana de una prensa hidráulica

Failure analysis of a hydraulic press clamp

Edgar Alexander Ossa^{a}, Marco Aurelio Paniagua^b*

^aDepartamento de Ingeniería de Producción. Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería ^bGrupo de Investigación en Materiales de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Producción, Universidad EAFIT. Carrera 49 N° 7 sur 50, Medellín, Colombia.

(Recibido el 27 de agosto de 2007. Aceptado el 29 de Enero de 2008)

Resumen

El presente trabajo describe el análisis e investigación de las causas de falla de una mordaza plana perteneciente a una prensa hidráulica. Esta mordaza falló prematuramente luego de dos días de trabajo bajo condiciones de carga de diseño. El análisis de las superficies fracturadas indicó la creación de grietas gracias a concentradores de esfuerzos como resultado de un diseño inadecuado. Por otra parte, el estudio metalográfico reveló la presencia de grupos de carburos primarios alineados, que junto con los concentradores de esfuerzos, indujeron la falla prematura de la mordaza.

----- **Palabras clave:** Sujeción, mordazas, falla por diseño, metalografía, fractografía.

Abstract

This paper describes the analysis and investigation of the causes of the failure of an hydraulic press jaw face grip. Analysis of the fractured surfaces indicated the creation of cracks due to stress concentrators as a result of defective design. On the other hand, metallographic examination revealed the presence of aligned clusters of primary carbides that along with the stress concentrators induced the premature failure of the grip.

----- **Keywords:** Clamping, grip, design failure, metallography, fractography.

* Autor de correspondencia: teléfono: + 57 + 4 + 261 95 00 Ext 603, fax: + 57 + 4 + 266 42 84, correo electrónico: eossa@eafit.edu.co (E. Ossa)

Introducción

Una de las ramas más interesantes de la ingeniería por su inherente valor académico e industrial es la mecánica forense. Esta se encarga de establecer e investigar las causas de fallas o accidentes en componentes mecánicos y civiles de todo tipo, que van desde agujas para coser hasta componentes utilizados en la industria aero-espacial y bio-médica. Dichos análisis de fallas son importantes para poder establecer de una manera adecuada y sistemática las causales de fallas y poder tomar los correctivos necesarios para evitar la repetición de accidentes, que además de causar pérdidas materiales pueden conllevar a pérdidas humanas irreparables [1]. En la investigación de fallas intervienen ramas de la ingeniería tan variadas como materiales de ingeniería, mecánica del medio continuo, mecánica de la fractura, metalurgia, procesos de manufactura, termodinámica y transferencia de calor, tribología, corrosión y fractografía entre otras. En la ejecución de un análisis de fallas se deben tener en cuenta factores tales como la historia previa del elemento a analizar, tipo de material y estructura, temperaturas de trabajo, planes de mantenimiento y hasta la hoja de vida de los operarios del equipo o máquina llegan a ser importantes en algunos casos. La documentación y reporte de análisis de fallas es de gran valor técnico y científico dado que estos brindan conocimiento sobre las causas que pueden ser reducidas en ocurrencia hasta llegar a ser eliminadas totalmente.

Este estudio en particular describe el análisis e investigación de las causas de la falla de una mordaza plana perteneciente a una prensa hidráulica. La mordaza fue fabricada con un acero AISI-SAE D2 con una dureza de 697 HV. La mordaza fue instalada en la prensa luego de su proceso de manufactura y presentó falla por fractura frágil luego de dos días de trabajo bajo condiciones normales. Fallas en mordazas como la detallada en este artículo no se han reportado con anterioridad en la literatura técnica, por lo cual, éste es un estudio valioso para diseñadores y usuarios de sistemas de sujeción de este tipo. El objetivo de este estudio fue determinar si la falla de la mordaza se debió a defectos del material, el proceso de fabricación o deficiencias en el diseño.

Analisis Fractográfico

La figura 1 muestra la mordaza fracturada en dos partes tal como se recibió para el análisis. Las dos partes fracturadas ubicadas cerca del centro de la pieza se indican en la figura por una flecha.

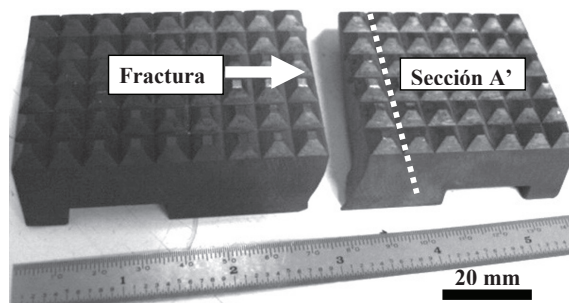


Figura 1 Mordaza tal como se recibió para su estudio después de su fractura. La flecha indica las zonas fracturadas, mientras que las líneas punteadas indican la sección de corte utilizada para el análisis, ubicada a un diente de distancia de la superficie de fractura

La figura 2 muestra la superficie de fractura de la mordaza, exhibiendo una superficie lisa. En esta superficie se pueden distinguir tres zonas indicadas en la figura como Zonas A, B y C. Estas zonas exhiben características importantes que merecen una atención mas detallada en los siguientes párrafos. La figura 3 muestra la zona A, en donde la flecha indica los puntos de inicio de crecimiento de grieta. Las grietas se encuentran orientadas hacia abajo y de derecha a izquierda, mostrando su dirección de crecimiento durante la fractura.

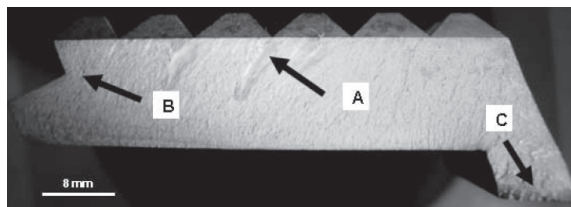


Figura 2 Superficie de fractura de la mordaza. Las letras A, B y C indican zonas con diferentes características fractográficas

Zona A

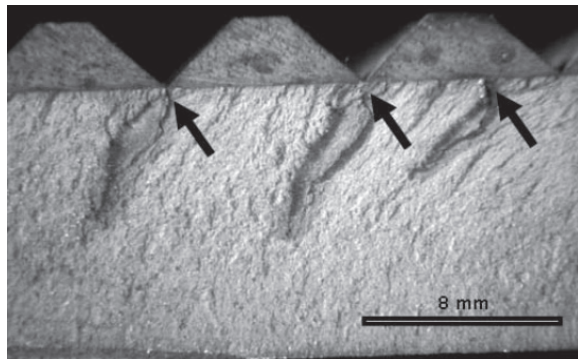


Figura 3 Superficie de fractura de la mordaza, Zona A. Las flechas indican los puntos de iniciación de las grietas

La figura 4, muestra el punto de iniciación de grieta ubicado entre dos de los dientes de la mordaza. Es importante notar que el ángulo entre dientes adyacentes es de aproximadamente 90° y sin ningún radio de transición entre uno y otro. Esta característica es bien conocida como un concentrador de esfuerzos que puede acelerar la falla del componente y reducir su vida útil [2].

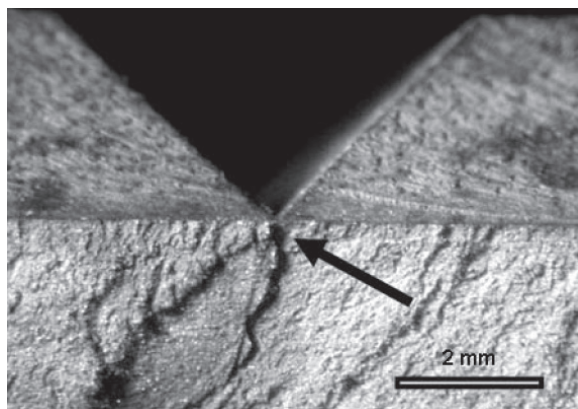


Figura 4 Superficie de fractura de la mordaza. Sitio de inicio de grieta entre dos dientes adyacentes

La figura 5 muestra una sección pulida de la mordaza ubicada a un diente de distancia de la superficie de fractura como se indica en la figura 1 por la sección A'. La grieta fue originada en el mismo

punto indicado en la figura 4, es decir, en el valle entre dientes incluso para zonas alejadas de la superficie de fractura. Esta es una indicación clara del efecto nocivo de los concentradores de esfuerzos sobre la integridad de la pieza. La figura 6 muestra la superficie de fractura en la zona B (ver Fig. 2), en donde la flecha indica una grieta creciendo de izquierda a derecha en una dirección horizontal desde la esquina de las dos secciones de la mordaza.

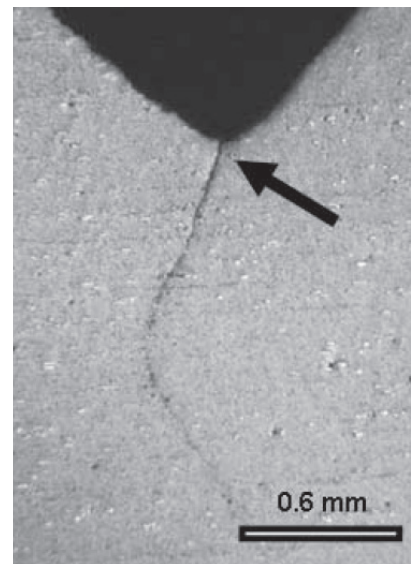


Figura 5 Sección A', zona A pulida (véase Fig. 1). La flecha indica el sitio de iniciación de la grieta

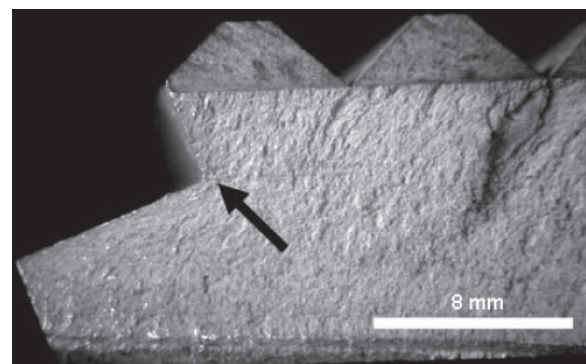


Figura 6 Superficie de fractura, zona B. La flecha indica hacia una grieta creciendo horizontalmente

La figura 7 muestra una sección pulida de la zona B correspondiente a la sección de corte A' (ver Fig. 1), también mostrando una grieta creciendo desde la esquina. Una vez mas, es una indicación del efecto nocivo de los concentradores de esfuerzos debidos a cambios bruscos de sección.

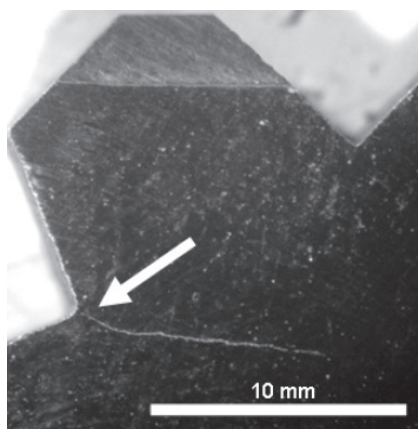


Figura 7 Sección A', zona B pulida. La flecha indica una grieta creciendo similar a la figura 6

Las figuras 8 y 9 muestran la superficie de fractura en la zona C (ver Fig. 2), en ellas se observa la zona de fractura intergranular en donde finalizó la fractura de la mordaza. Este tipo de superficie de fractura es indicativo de crecimientos de grieta a alta velocidad.

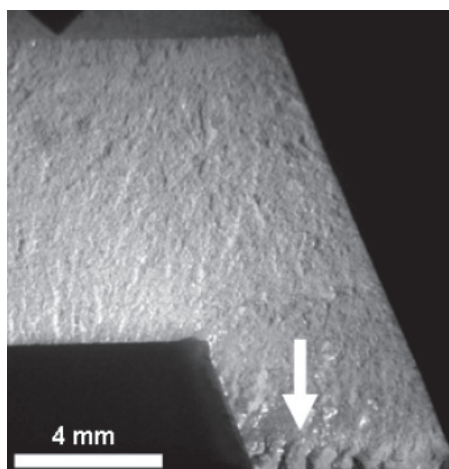


Figura 8 Superficie de fractura, zona C. La flecha indica la zona de fractura intergranular

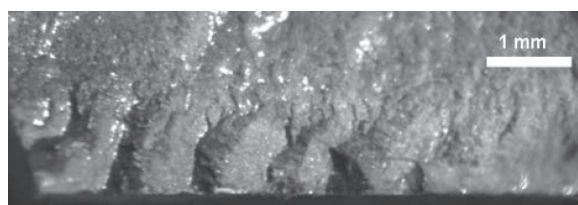


Figura 9 Superficie de fractura, zona C

Análisis Metalográfico

Para realizar un análisis metalográfico de la mordaza fallada se obtuvieron dos especímenes diferentes, uno de la sección fracturada y otro ubicado a un diente de distancia de la zona fracturada, como se indica en la Sección A' de la figura 1. Los especímenes fueron pulidos y atacados químicamente con el reactivo Nital al 2%. La figura 10 muestra el espécimen atacado de la sección A', correspondiente a la misma región mostrada en la figura 5 en estado pulido. Note que en esta figura se aprecian grupos de carburos alineados, distribuidos en una dirección perpendicular a la dirección de crecimiento de la grieta. La figura 11 muestra la microestructura constituida por carburos primarios aleados alineados (color blanco), en una matriz de martensita revenida con carburos secundarios.

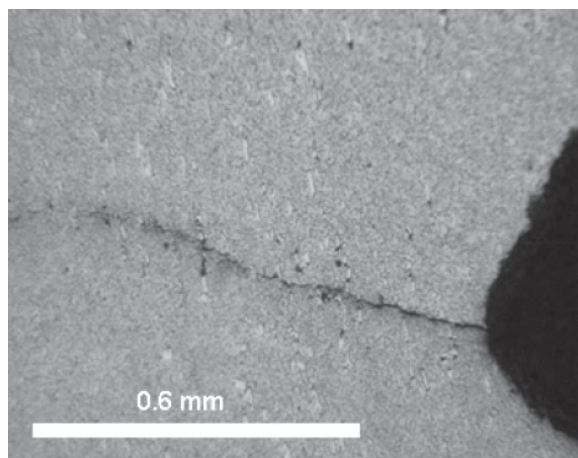


Figura 10 Superficie de fractura, zona A. Pulida y atacada con Nital 2%

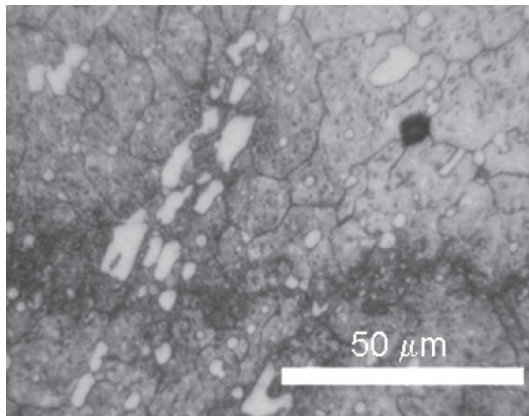


Figura 11 Superficie de fractura, zona A. Microestructura compuesta por carburos primarios en una matriz de martensita revenida y carburos secundarios

Superficie de fractura

La figura 12 muestra el espécimen pulido y atacado cerca de la superficie de fractura. La figura muestra una grieta creciendo en dirección diagonal a la orientación de los carburos primarios.

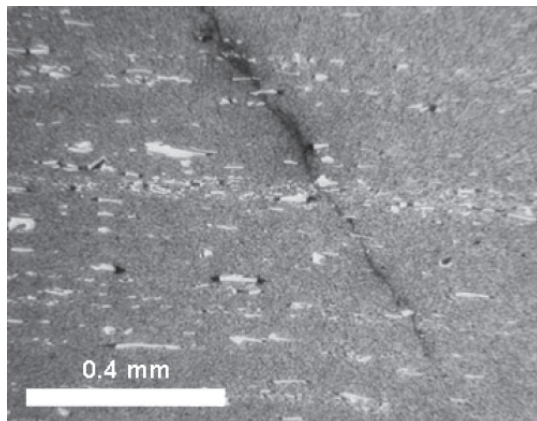


Figura 12 Sección A' mostrando la grieta y grupos de carburos primarios

La figura 13 muestra la microestructura en la cual los carburos primarios forman grupos con orientación preferencial horizontal. También vale la pena notar la forma aplanada y angular de estos carburos. Esta forma de los carburos genera concentración de esfuerzos, que unido a los concen-

tradores de esfuerzos entre dientes antes mencionados, pueden acelerar la fractura de la mordaza.

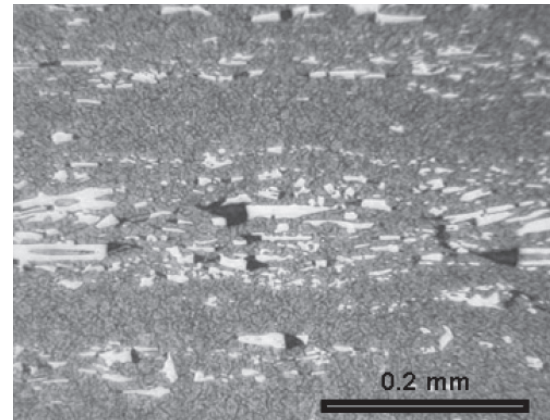


Figura 13 Sección A'. Grupos de carburos planos y angulares

Conclusiones y recomendaciones

Una vez estudiadas las superficies fracturadas de la mordaza plana, utilizando tanto fractografía como metalografía es posible concluir que las causas de la falla fueron:

- Diseño incorrecto de la mordaza: El diseño y manufactura de la mordaza produjo cambios bruscos de sección, generando de esta manera altos concentradores de esfuerzos que indujeron la generación y crecimiento de grietas, que llevaron a la fractura final de la mordaza.
- La calidad del acero utilizado no fue apropiada ya que la microestructura reveló grupos de carburos primarios con orientación preferencial y forma plana y angular. Estos carburos también constituyen concentradores de esfuerzos que pueden inducir la generación y crecimiento de grietas, que junto con los concentradores de esfuerzos generados por el diseño deficiente, causaron la falla de la mordaza en un corto periodo de tiempo.

Por tanto, se recomienda un re-diseño de la mordaza teniendo en cuenta radios de transición entre secciones, haciéndolas mas suaves y redondeadas

para minimizar la intensidad de los concentradores de esfuerzos. Investigadores como Neugebauer et al. [3] describieron los principales factores a considerar para el diseño de mordazas cuando se van a aplicar cargas axiales. También es importante realizar un control de calidad de los materiales antes (y después) de los procesos de manufactura para detectar la distribución y forma de los carburos y así evitar una subsecuente reducción de la vida útil del elemento.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sr. Carlos Arturo Restrepo V. del Laboratorio de Materiales de la Universidad EAFIT por su colaboración y valiosas discusiones.

Referencias

1. E. A. Ossa, M. A. Paniagua, "Análisis de falla en cable de acero" *Ingeniería y Ciencia*. Vol 1. 2005. pp 97-103.
2. C. R. Mischke, J. E. Shigley. *Standard Handbook of Machine Design*. Mc Graw-Hill. New York. 1986. pp. 37.4.
3. R. Neugebauer, D. Weidlich, U. Mahn. "Modelling of the clamping mark formation in manufacturing processes with extremely high axial forces". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol 45. 2005. pp. 279-284