

ANALISIS Y REPARACION DEL CUERPO PRINCIPAL DE UNA
PRENSA DE EXTRUSION

Carlos Ranninger Rodríguez y Antonio Moreno González
E.T.S.I.I. de Madrid
Pedro Verón Gumbre
ENSA. Santander

RESUMEN

Se describe el proceso de estudio y reparación de una fisura pasante en el cuerpo cilíndrico principal de una prensa de 1650 Tm.

En primer lugar, se procedió a caracterizar el estado de la pieza. Se efectuaron exámenes superficiales tanto del interior como del exterior de la pieza; los exámenes volumétricos se llevaron a cabo con técnicas de N.D.T.: líquidos penetrantes, ultrasonidos y gammagrafías. Se efectuaron pruebas de fugas mediante espectrometría de masas de helio.

En segundo lugar, se procedió a evaluar las condiciones de carga en servicio para la cual se comprobó el análisis tensional según ASME y se evaluó el comportamiento a fatiga de un defecto superficial y de un defecto interno, analizando su propagación.

Con los resultados de estos análisis se preparó una secuencia de reparación en la que se señalaron las preparaciones superficiales y en profundidad necesarias, así como las técnicas más convenientes.

ABSTRACT

The analysis and repairing process of a full penetration crack in the external body of a press is presented.

Several non destructive examination techniques such as: penetrants, gammagrafies and helium mass spectroscopy where used.

The conditions in service loads and the growing rate by fatigue of two typical cracks, internal and surface cracks, where evaluated.

With the results of previous analysis an adequate secuence of repairing techniques was defined.

1.- INTRODUCCION

Estando en servicio una prensa de extrusión de 1650 Tn, se apreció una pérdida de aceite a través del fondo de la camisa del cilindro principal, pieza de gran espesor de pared.

Abierta la prensa se observó una grieta pasante. Dado que la sustitución de la prensa no era aconsejable por el largo período de parada de la instalación, se elaboró un programa de trabajo con el fin de proceder a la reparación por soldadura. El programa se planificó en tres fases. En la primera se procedió a caracterizar el estado del cilindro principal en la zona dañada. En la segunda fase se procedió a comprobar el dimensionamiento del cilindro y los posibles procesos de generación y crecimiento de la grieta. En la tercera fase se indicaron los alcances y los medios más adecuados para la reparación. En la figura 1 se representa un esquema del cuerpo de la prensa.

2.- CARACTERIZACION DE LA PIEZA

Para tratar de caracterizar en lo posible el estado de la pieza y los defectos existentes se efectúan las siguientes operaciones.

2.1.- Exámenes superficiales

- En el exterior, mediante el método de líquidos penetrantes, se revela una fisura de unos 80 mm de longitud en sentido circunferencial.
- En el interior, aparece una zona mecanizada en el fondo, a continuación de la penetración central, sobre la cual se aprecian una serie de discontinuidades, seguida de una corona circular de acuerdo con la camisa cilíndrica a través de un perfil de dos radios diferentes, que no está mecanizada y sobre la cual se aprecian asimismo diferentes discontinuidades. Aplicados líquidos penetrantes se confirman y definen las anteriores apreciaciones, asimismo se apreciaron recargues de reparación, efectuados seguramente durante la fabricación.
- Se realizó una perfilometría del casquete.

2.2.- Exámenes volumétricos por métodos no destructivos

- Examen del casquete mediante ultrasonidos.
- Examen del casquete mediante gammagrafía.
- Realización de prueba de fugas mediante espectrometría de masas de helio, utilizando "sniffer" por el interior del casquete.

2.3.- Resultados de las pruebas

- Se trata de un material fundido con un nivel de defectos internos de fundición no excesivo.
- En la zona próxima a la superficie interior del casquete, por el contrario, existen defectos superficiales, así como zonas reparadas por soldadura mediante una técnica no satisfactoria, que ha dejado mordeduras y falta de fusión. Existen asimismo zonas de posibles entallas mecánicas.
- Existe una grieta interna, en el espesor de la camisa del cilindro, con un desarrollo probable en el interior de 490 mm en sentido circunferencial y 80 mm por el exterior en el mismo sentido.
- Podría existir un defecto interno, no bien definido en la inspección gammagráfica, paralelo al anterior.
- La grieta existente, en la zona correspondiente a la superficie interior, coincide sensiblemente con la zona de perfil más entallado y de menor espesor.

3.- COMPROBACION DE DIMENSIONES Y ANALISIS DE CRECIMIENTO

3.1.- Comprobación de dimensiones

Con objeto de evaluar las condiciones de carga en servicio y de seleccionar las opciones de reparación existentes se efectuó un análisis tensional reducido según el código ASME y apéndices.

Se concluyó que el factor de seguridad mínimo era de 1,23 y afectaba a la zona donde se localizó la fisura.

Sin embargo en la zona de la fisura no se satisfacen los criterios de radios mínimos de transición entre elementos de distinta curvatura interna.

3.2.- Análisis de crecimiento

Con el fin de evaluar el crecimiento de la grieta se efectuó un análisis de crecimiento de grieta por fatiga.

Los esfuerzos máximos en la zona de fractura se obtuvieron con un código de cálculo de elementos finitos.

El proceso de carga-descarga real se simuló con 261000 ciclos por año desde una carga mínima nula a la carga máxima de trabajo. Se

analizaron dos hipótesis de defecto inicial.

- Defecto interno
- Defecto superficial

Se utilizaron dos expresiones para la velocidad de crecimiento por fatiga, las indicadas en ASME [1] y en [2]. Los resultados se describen en las figuras 2 y 3.

Se observa que el defecto superficial interior es mucho más desfavorable, dando el código ASME resultados más conservadores. En la tabla 1 se muestra una comparación de la velocidad de crecimiento del defecto obtenida experimentalmente con las de los análisis.

Tabla 1.- Velocidad de crecimiento del defecto (cm/s)
defecto inicial $a=1$ cm, $l=10$ cm.

Experimental	ASME	Ref. 2
30×10^{-6}	96×10^{-6}	$5,3 \times 10^{-6}$

La tabla muestra que la velocidad de crecimiento experimental está acotada por las dos expresiones utilizadas. Además esta velocidad es mucho mayor que la obtenida para el crecimiento de defecto interno.

4.- RESULTADO DE LA COMPROBACION

Los resultados indican un diseño correcto respecto al nivel de tensiones.

No se respetan los radios interiores mínimos lo que puede generar concentraciones de tensiones adicionales con la zona.

El proceso de crecimiento de defecto debe haberse producido a partir de un defecto superficial en la cara interna.

Cualquier defecto, incluso interno, tiene probabilidades de llegar a ser de penetración completa, en un plazo de tiempo suficiente. Por ello la reparación ha de realizarse, tanto superficialmente como en profundidad.

5.- PROCESO DE REPARACION

El proceso de reparación aconsejado fue sanear superficialmente y en toda la profundidad la zona de la grieta.

Debido a la imposibilidad de efectuar un tratamiento térmico a 600°C tras la reparación (una temperatura elevada hubiera estropeado el ajuste del zuncho de bronce que constituía el camino del émbolo, así como distensionado las columnas), el procedimiento de soldadura era atípico y fuera de lo estipulado por los Códigos y prácticas usuales.

Una de las virtudes de este tratamiento térmico es la de eliminar tras su realización la posibilidad de fisuración en frío.

A fin de compensar su ausencia, el procedimiento de reparación cuidó especialmente de la limpieza de la preparación de bordes, el secado de los electrodos revestidos (AWS E7018), el pre y post-calentamiento.

Otra faceta del tratamiento térmico de postsoldadura es la eliminación de las tensiones residuales de soldadura, que en esta reparación se redujeron por debajo de su nivel habitual (límite elástico) gracias al uso de técnicas distintas a la del martillado.

Finalmente, se atribuye al citado tratamiento un efecto de revenido de las estructuras de temple de la zona afectada térmicamente (ZAT), que así adquieren una buena tenacidad.

En este caso, tanto por la secuencia, como por el bajo aporte térmico de la soldadura, así como por el pequeño espesor de ZAT, se aseguró una excelente tenacidad del metal base y ZAT, que resistieron sin problema las tensiones residuales y de servicio.

Sólo queda pues analizar el efecto de las tensiones residuales sobre el metal base de la carcasa, de acero ASTM A27 grado 70-36, que es un acero fundido y normalizado. Esta preocupación se debía a que no se tenía la certeza de que la calidad del acero se ajustaba a la normativa solicitada por los planos, de forma análoga a como se incumplían las exigencias geométricas de la superficie interna.

Así, unas muestras extraídas de la carcasa mostraron una estructura basta no normalizada y con una resiliencia baja (Tabla 2).

Como es sabido [3] la rotura de un acero bajo sus tensiones internas es posible a temperaturas en las que su tenacidad $\leq 1,5$ Kpm.

Debido a ello y considerando la débil carga de trabajo y lo estipulado en los Códigos se estimó que la carcasa no debía permanecer nunca, ni en servicio ni parada, a temperaturas inferiores a 23°C (resiliencia correspondiente a 2,1 Kpm = 15 pies x libra). Así se aseguraba su integridad en todo momento.

Tabla 2 - Resiliencia (Charpy V) y fractura en función de la temperatura

°C	Kpm	Exp. Lat.	Cristalinidad (%)
5	1,2	0,23	90
15	1,4	0,26	85
25	2,6	0,52	80
35	2,6	0,53	70

La reparación fue rápida, efectuándose en tres semanas, y desde entonces (hace ya medio año) la prensa funciona perfectamente habiéndose llevado a cabo unas modificaciones sencillas que aseguran una temperatura mínima de 23°C en la carcasa.

Las inspecciones ultrasónicas periódicas no muestran ningún defecto significativo.

6.- CONCLUSIONES

- La pieza inicial presentaba importantes defectos superficiales en su cara interna lo que propició la nucleación de fisuras superficiales.
- El fallo se debió al crecimiento por fatiga de una fisura superficial por el interior.
- Debido a la posibilidad de crecimiento de defectos tanto internos como superficiales se recomendó un saneado completo.
- La reparación por soldadura de piezas de acero al carbono sin tratamiento térmico de postsoldadura a 600°C es un proceso seguro y rápido, incluso en el caso de construcciones con grandes defectos y espesores en aceros de baja calidad, siempre que se respeten unas temperaturas mínimas de servicio.

7.- REFERENCIAS

- [1] ASME Pressure Vessel Code.
- [2] H.O. Fuchs, R.I. Steplons. Metal Fatigue in Engineering.
- [3] Smedley, G.P., "The integrity of marine structures" Int. Conf. on "Fitness for purpose validation of welded constructions", Londres 17-19 Nov. 1981, pp. 26-1/26-7.

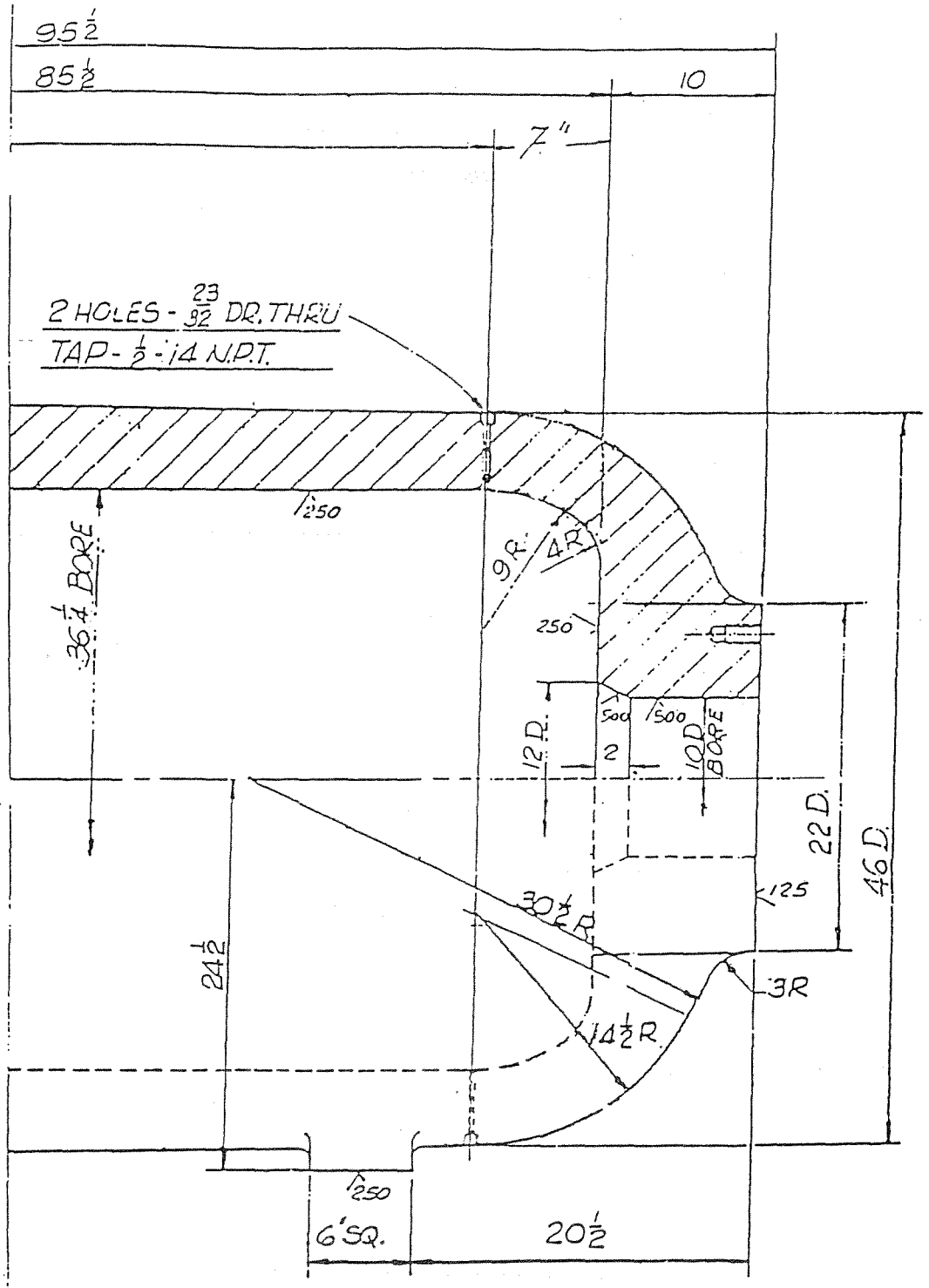


Fig.1.- Geometría del cilindro

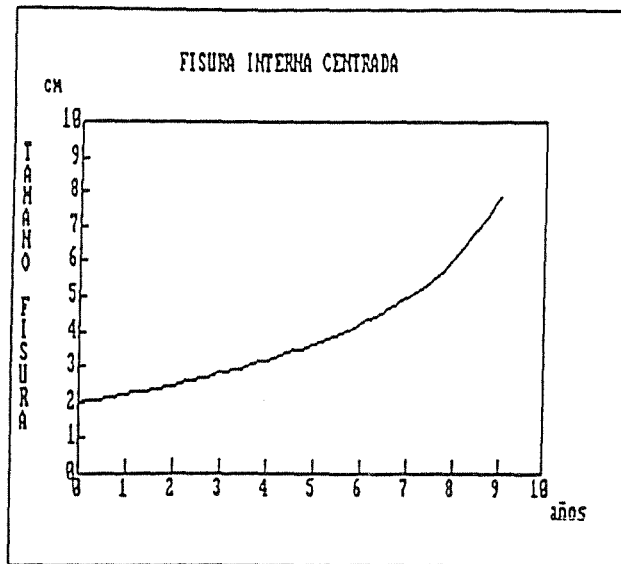


Fig. 2 - Crecimiento de fisura interna centrada.

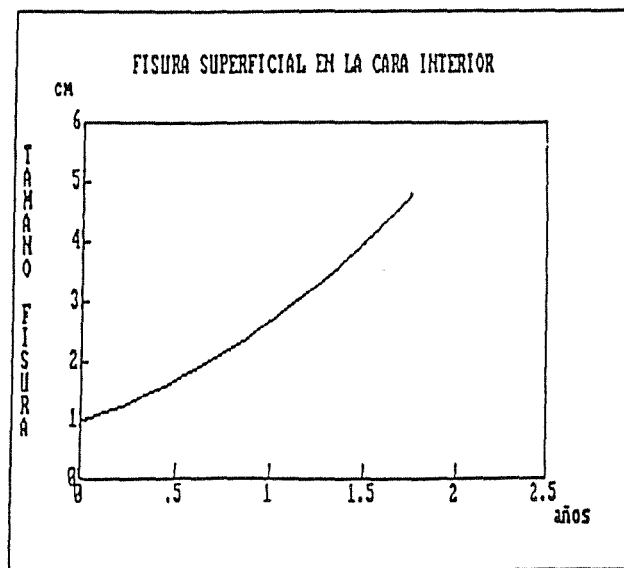


Fig. 3 - Crecimiento de fisura superficial en la cara interior.