

## FRACTURA DE UNA VIROLA POR CORROSIÓN BAJO TENSIONES

A. Priegue\*, E. Porto\*, F. Iglesias\*, X.R. Nóvoa\*\*, G. Pena\*\*

\* ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN METALÚRGICA DEL NORESTE (AIMEN). Vigo

\*\* ETSII de la Universidad de Vigo

**Resumen.** Se estudia la rotura de una virola de acero inoxidable perteneciente a un recuperador de un disolvente en una fábrica de productos farmacéuticos.

El tipo de grietas, su distribución, localización y morfología nos lleva a la conclusión de que se trata de un caso de corrosión bajo tensiones en el que el calorifugado del equipo ha jugado un papel importante.

Se dan recomendaciones para evitar este tipo de fallos.

**Abstract.** In this paper the failure of a stainless steel shell of a solvent recovery was studied. The type of cracks, its distribution, localization and morphology drives to the conclusion that it is a stress corrosion crack. The outside thermal insulator of this equipment plays an important role.

## 1. INTRODUCCIÓN

En esta comunicación se estudia el origen del fallo de la virola de una columna de destilación de una industria farmacéutica provocado por la aparición en diferentes posiciones de unas grietas pasantes detectadas en una zona de, aproximadamente, 4 m de longitud situada entre los platos 6 y 14.

La columna estaba construida de un acero inoxidable del tipo AISI 316, cuya composición y microestructura se estimaron correctas, y por su interior circulaba un líquido con presencia apreciable de iones cloruro y un pH comprendido entre 4,5 y 5.

Para llevar a cabo la investigación se recibieron tres trozos de chapa procedentes de diferentes zonas de la columna, que fueron designadas con los números 1, 2 y 3 (figura 1). La nº 1 correspondía a su parte inferior y no presentaba, al menos aparentemente, fisuras o grietas. La nº 2 fue extraída de una zona situada entre los platos 9 y 10 y muy próxima a éste último; presentaba fisuras pasantes que dieron lugar a fugas del fluido del interior. La 3, correspondiente a la zona del plato nº 8, al igual que la primera, no presentaba defectos aparentes si exceptuamos los existentes alrededor de un goterón de soldadura.

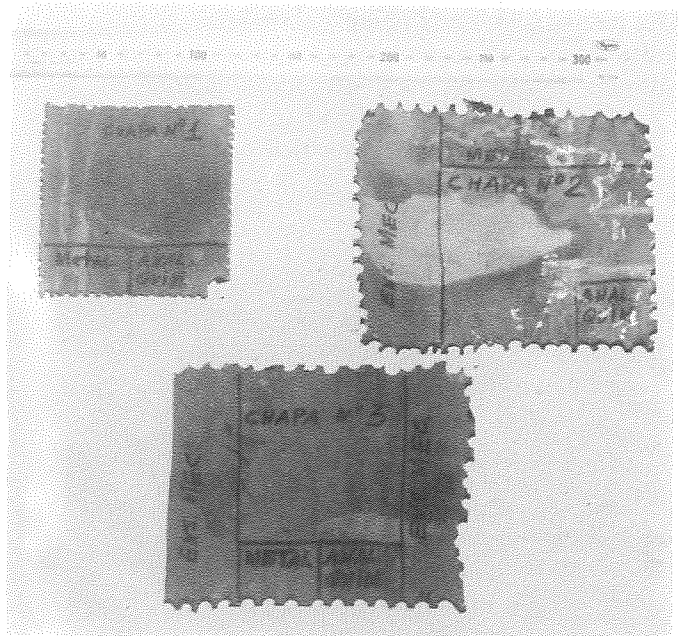


Fig. 1. 0,35x. Aspecto general de las muestras recibidas. Superficie interna.

Asimismo, en su momento se nos informó que la reparación realizada para taponar los orificios producidos por la extracción de las tres chapas testigos tuvo sus dificultades en la soldadura y, una vez terminada y puesto en servicio la columna, aparecieron

nuevas fisuras con fugas en las zonas próximas a las soldaduras efectuadas.

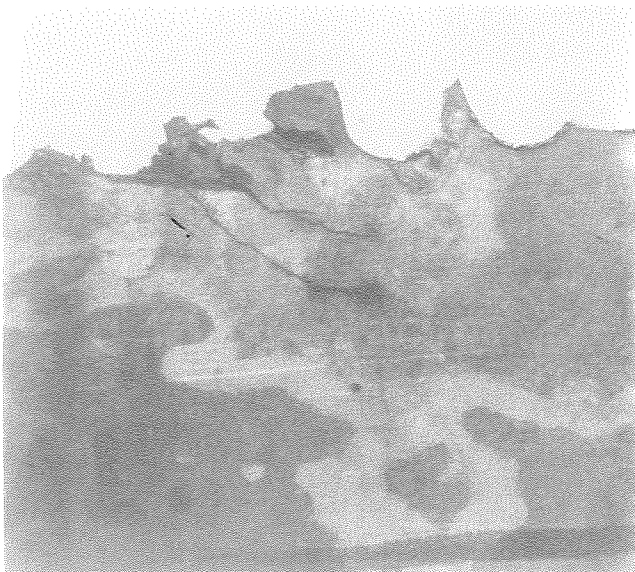
## 2. ANÁLISIS METALOGRAFICO. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se han estudiado detalladamente la muestras 1 y 2 y en la 3 se han realizado observaciones complementarias.

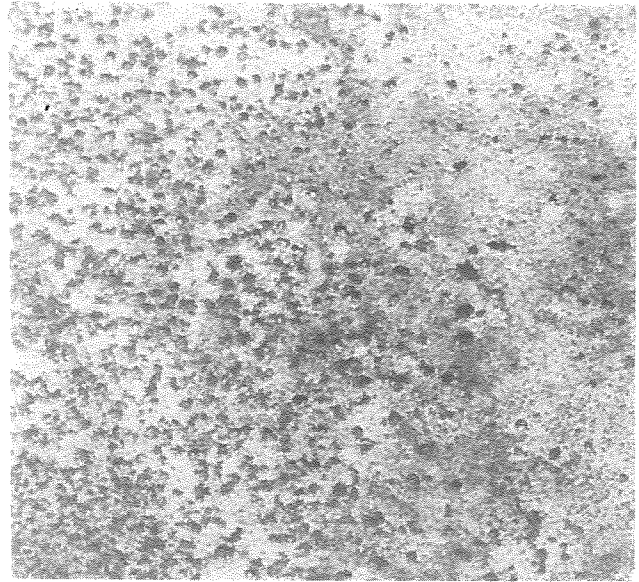
La muestra nº 2 es la que presenta fisuras pasantes que dieron lugar a fugas del líquido interior.

En la macrografía de la figura 2 se muestra un detalle de las grietas pasantes existentes en una zona muy próxima a la soldadura circunferencial discontinua del soporte del plato 10. La superficie interior (que es la que aparece en la fotografía) se presenta lisa y con una cierta pátina de color grisáceo. No observamos corrosión generalizada que pudiera haber producido una pérdida de espesor. Por el contrario, la superficie externa está cubierta, en algunas zonas, de picaduras muy pequeñas y profusas que corresponden a minúsculos pozos de ataque corrosivo (Pittings). En estas zonas el acero inoxidable ha perdido su brillo plateado. Un detalle de estas picaduras puede observarse en la figura 3.

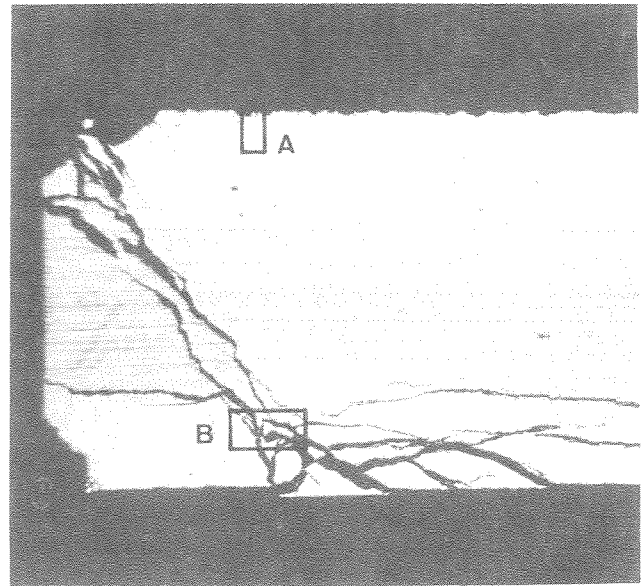
La macrografía de la figura 4 corresponde a un corte recto de la virola según su espesor, realizado en la zona de las fisuras pasantes. El borde inferior es la superficie interna y el superior (en la que podemos apreciar el Pitting) el de la superficie externa.



**Fig. 2.** 2,7x. Muestra nº2. Detalle de las fisuras pasantes.



**Fig. 3.** 5x. Muestra 3. Superficie externa. Picaduras abundantes.

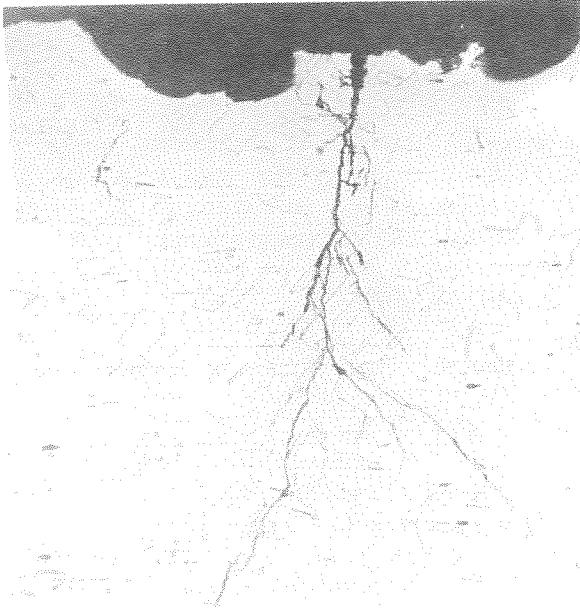


**Fig. 4.** 13x. Muestra nº 2. Fisura pasante ramificada. En la pared externa (borde superior) picaduras e iniciación de una fisura arborescente. (Ataque agua regia glicerizada).

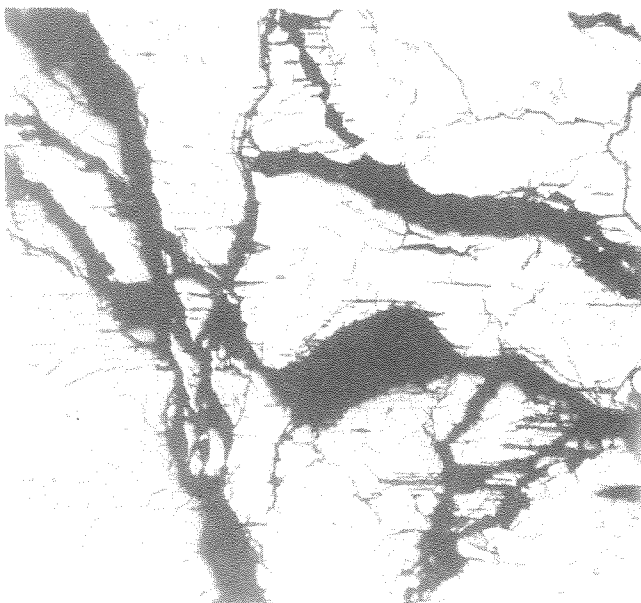
La gran fisura pasante es muy compleja por sus ramificaciones y no es fácil deducir donde ha comenzado. Es posible que se hubiera iniciado en ambas superficies y sus ramas hayan confluído en puntos internos del material.

Lo que sí es evidente es la presencia de fisuras que se inician en la superficie exterior. Las zonas recuadradas de la figura 4 aparecen ampliadas en las micrografías de las figuras 5 y 6. Podemos distinguir su carácter

ramificado y su progresión transcristalina. A más aumentos aparecen las grietas rellenas de óxidos de hierro. Estas características, ramificación, transcristalinidad y óxidos de hierro en su interior, son las que clasifican a estas fisuras como GRIETAS DE CORROSIÓN BAJO TENSIONES (STRESS CORROSION CRAKING), muy frecuentes en los aceros inoxidable austeníticos, tales como el AISI 316.



**Fig. 5.** 150x. Detalle del recuadro A de la fig. 4. Pozos de ataque en el borde (superficie exterior). Fisura ramificada y transcristalina. Polígonos maclados de austenita. (Ataque agua regia glicerinada).

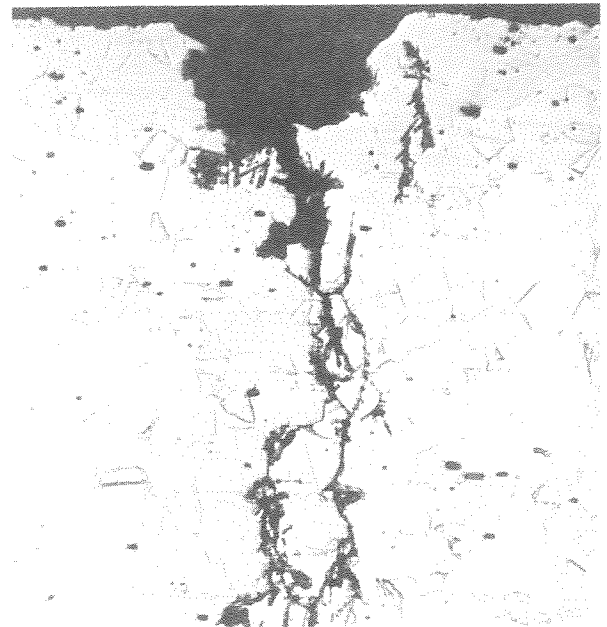


**Fig. 6.** 150x. Detalle del recuadro B de la fig. 4. Fisura ramificada y transcristalina. (ataque agua regia glicerinada).

En el borde (Fig. 5) aparecen los minúsculos pozos de ataque corrosivo a los que ya se ha hecho referencia arriba.

Por lo demás, la estructura metalográfica es normal y consiste en polígonos maclados de austenita sin defectos aparentes distintos a las fisuras de Corrosión Bajo Tensiones.

La muestra 1, que no acusó la presencia de fisuras aparentes, también presenta grietas ramificadas y transcristalinas, tal como podemos observar en las micrografías de las figuras 7 y 8. En la primera, la fisura se inicia en una picadura que le ha servido de germen a través de un proceso de aireación diferencial, y en la segunda, la grieta ha comenzado directamente en la superficie limpia. En ambos casos arrancan de la superficie exterior de la chapa.



**Fig. 7.** 200x. Muestra 1. Corrosión bajo tensiones iniciada en un pozo de ataque de la superficie exterior. (Ataque agua regia glicerinada)

En la tercera de las muestras se observaron también grietas de la misma morfología que parten de la superficie exterior, así como otras más importantes que se han generado en la superficie interna y en las proximidades de un goterón de material de soldadura.

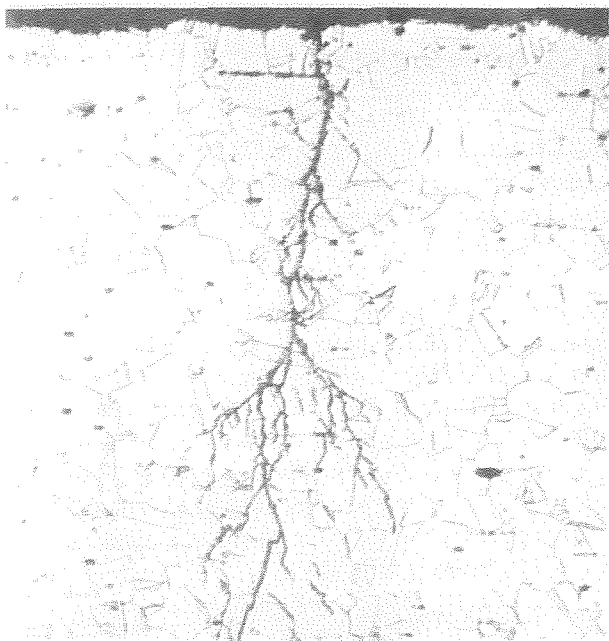


Fig. 8. 200x. Muestra 1. Corrosión Bajo Tensiones. La fisura se inicia en una zona "limpia" de la superficie externa. (Ataque agua regia glicerinada).

### 3. ANÁLISIS DEL DEPÓSITO CRISTALIZADO ADHERIDO A LA SUPERFICIE EXTERNA DE LA COLUMNA

Se realizaron por espectrometría de Fluorescencia y por Difracción de Rayos X. El primero de ellos acusa la presencia de Cl y K, y el segundo pone de manifiesto la existencia de la especie química "Silvita" (KCl).

### 4. CONCLUSIONES

4.1 Las microestructuras de todas las muestras son correctas. Están formadas por polígonos maclados de Austenita. No se observa presencia de Ferrita Delta. El acero ha sufrido un tratamiento de hipertemple como debe ser para los aceros inoxidable austeníticos.

4.2 Las fisuras, pasantes o no, se inician en ambas superficies, externa e interna. Son de tipo ramificado, transcristalinas y rellenas de óxidos. Son típicas de un PROCESO DE CORROSIÓN BAJO TENSIONES.

4.3 Las Tensiones Residuales son debidas al proceso de soldeo y el ataque agresivo proviene del líquido interior, que también ha impregnado el recubrimiento calorífugo de la columna. Aparece el ion  $Cl^-$  en forma de KCl (Silvita) impregnando el calorífugo y como cristales adheridos a la superficie externa.

4.4 Concurren pues los dos factores necesarios para que se produzca una CBT. Por una parte la presencia de iones agresivos (el  $Cl^-$  lo es en particular) tanto en el interior como en el exterior de la columna y por otra, la existencia de Tensiones Residuales debidas a los procesos de soldeo.

4.5 La virola está dañada de forma irreversible. Es probable que algunas de las fisuras no pasantes se encuentren en una etapa final y produzcan fugas en un futuro cuando lleguen a atravesar la pared. Es algo imposible de predecir.

Aunque se pusiera un calorífugo nuevo, no contaminado, en la primera fuga se producirá la impregnación con lo que comenzaría de nuevo la actividad de la CBT en la parte externa.

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fontana M. y Green N., "Corrosion Engineering", pp 91-106, McGraw Hill, N. Y., USA.
- [2] Henry G. y Horstmann, "De ferri metalographia, Vol.5, Fractography and Microfractography", pp 159-160, Commission of the European Communities, Düsseldorf.
- [3] Pintado, J. M. "Fallos en servicio de los materiales metálicos", pp 252-255, INTA, Madrid.
- [4] Wulpi D. J. "How components fail", pp 217-221, American Society for Materials, Metals Park, Ohio, USA.
- [5] Metals Handbook, Vol. 11, Failure Analysis and Prevention, ninth Edition, pp 203-224. ASM, Metals Park, Ohio, USA.