

UN CASO DE FALLA DE ACERO INOXIDABLE AISI 430 POR FORMACION DE FASE SIGMA

J. J. Podestá
Instituto de Investigaciones
Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas
INIFTA
Casilla de Correo 16,
Sucursal 4,
1900 La Plata
Argentina

RESUMEN

En este trabajo se informa sobre problemas de corrosión intergranular y fragilización catastrófica de la aleación AISI 430 y de picado con corrosión bajo tensión de la aleación AISI 304; materiales éstos, utilizados como componente de un equipo atomizador o secador por pulverizado de materiales arcillosos, empleados en la fabricación de cerámicas luego de siete años de funcionamiento continuo.

ABSTRACT

This work deals with intergranular corrosion problems and catastrophic fragilization of the AISI 430 alloy and stress corrosion cracking with pitting corrosion of the AISI 304 alloy; those materials were used as components of an atomizer equipment or drayer by clay materials pulverization, used in the manufacturing of the ceramic after seven years of continuous operation.

INTRODUCCION

Los aceros inoxidable ferríticos de los tipos 430, 434 y 446 son susceptibles a la corrosión intergranular y a la fragilización cuando se someten durante períodos de tiempo prolongados a temperatura entre 590 a 927°C (1-3). El fenómeno de corrosión localizada en los límites de grano ha sido interpretado con diversos mecanismos donde la precipitación de carburos de cromo juega un papel primordial (3-6). La fragilización de estas aleaciones con contenido de cromo mayor del 16% en peso debida a la formación de la fase sigma, es función de la temperatura de operación y del tiempo.

La fase sigma es un intermetálico de Fe-Cr, duro y frágil, que modifica notablemente la ductilidad y la resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables (7).

En este trabajo se informa sobre problemas de corrosión intergranular y fragilización catastrófi-

ca de aleación AISI 430 y de picado con corrosión bajo tensión de aleación AISI 304 componentes de un equipo atomizador o secador por pulverizado de materiales arcillosos empleados en la fabricación de cerámicas luego de siete años de funcionamiento continuo.

RESULTADOS DE ESTUDIOS REALIZADOS

1. ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS EXTRAIDAS DE DIFERENTES SECTORES DEL EQUIPO

La Tabla I indica la composición porcentual en peso de cinco muestras numeradas de 1 a 5 provenientes de las zonas indicadas en la Figura 1.

La composición química de las probetas 1-2-3 y 4 se ajusta a las especificaciones correspondientes a un acero inoxidable ferrítico AISI 430, mientras que la probeta 5 responde a uno austenítico AISI 304.

2. ANALISIS METALOGRAFICO DE LAS MUESTRAS EXTRAIDAS DE LAS DISTINTAS ZONAS

Muestra N°1 : Trozo de chapa correspondiente a la zona 1.

Observación macroscópica : Se observan fracturas de tipo frágil, de labios netos, rectilíneas. La chapa no admite deformación plástica.

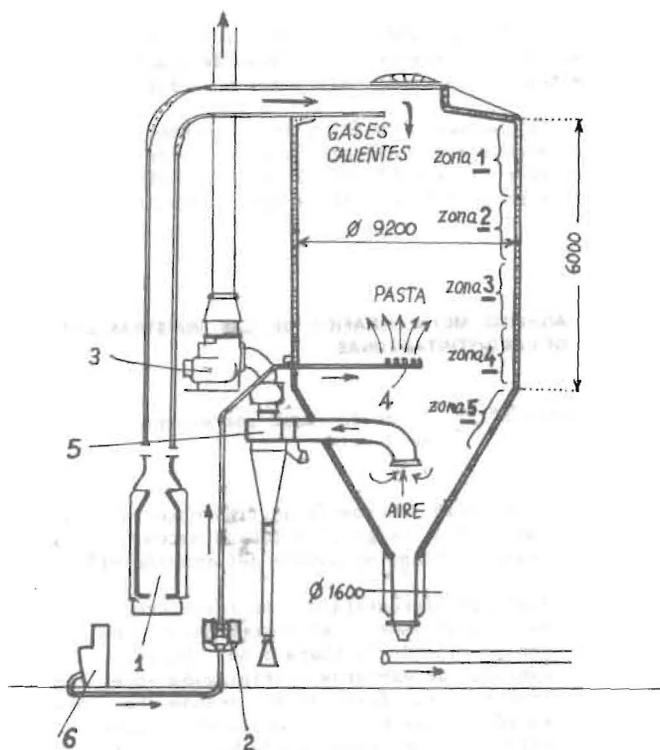
Análisis micrográfico : La fotomicrografía N°1 muestra un aspecto en corte longitudinal de una sección de la chapa : Se observan gran cantidad de carburos precipitados en el interior y en el límite de los granos. La observación de las fisuras revela un carácter totalmente transgranular (Probeta electropulida y atacada con reactivo de Murakami x450).

Muestra N°2 : Trozo de chapa correspondiente a la zona 2.

TABLA I

Análisis químico de muestras correspondientes a distintos sectores del equipo:

IDENTIFICACION	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5 (cono)
Carbono total (%C)	0,08	0,06	0,08	0,06	0,06
Manganeso (%Mn)	0,44	0,47	0,70	0,69	0,90
Silicio (%Si)	0,34	0,33	0,34	0,33	0,50
Cromo (%Cr)	16,70	16,40	15,80	16,60	18,40
Níquel (%Ni)	0,00	0,00	0,00	0,00	8,60
Molibdeno (%Mo)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



LEYENDA DE LA FIGURA 1

Esquema del equipo atomizador. 1. Cámara de combustión; 2. Filtro de la barbotina; 3. Ventilador eléctrico; 4. Anillo distribuidor; 5. Ciclón separador; 6. Bomba de alimentación de la barbotina.

Figura 1

Idem a la anterior, tanto en la observación macroscópica como en el análisis micrográfico. La chapa no admite deformación plástica.

Muestra N°3 : Trozo de chapa correspondiente a la zona 3

Observación macroscópica : No se observan fisuras, presentando una marcada aptitud a la deformación plástica.

Análisis micrográfico : La fotomicrografía N° 2 muestra una sección longitudinal de la chapa en la que se advierte una precipitación de carburos en todo el grano y en algunas zonas comienza la precipitación en el límite de granos. Comparativamente se observa una menor precipitación de carburos que en las muestras anteriores (Probeta electropulida y atacada con reactivo de Murakami x450).

Muestra N°4 : Trozo de chapa correspondiente a la zona 4

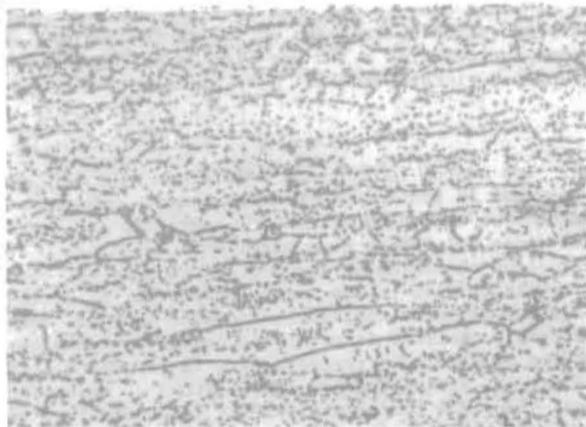
Idem a la anterior, tanto en la observación macroscópica como en el análisis micrográfico.

Muestra N°5 : Trozo de chapa correspondiente a la zona 5, zona inferior componente del cono (Figura 1).

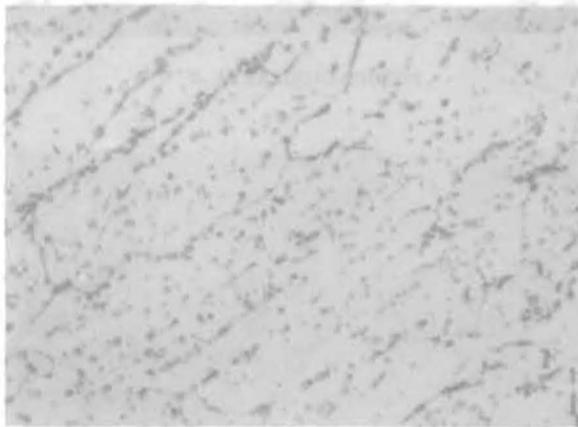
Análisis macroscópico : Las fotomicrografías N°3 y N°4 muestran a bajo y mediano aumento en lupa binocular estereoscópica, un aspecto de la superficie de la chapa en contacto con el material observado. Se observan una gran cantidad de picaduras (pits) con abundancia de productos de corrosión, como también fisuras macroscópicas rectilíneas que son interceptadas en ángulo recto por otras de carácter mucho más finas conformando un enrejado.

Análisis micrográfico : La fotomicrografía N°5 muestra un aspecto de las fisuras observadas en las macrofotografías N°3 y N°4. Las mismas se presentan en forma ramificada y atravesando los granos en forma transcristalina. La probeta corresponde a una sección longitudinal de la chapa por lo que se pueden observar algunas inclusiones y carburos orientadas en el sentido de la laminación.

De los estudios realizados y en respuesta a la solicitud del interesado según : a) Si la composición de las chapas extraídas del equipo responden a un acero inoxidable AISI 304, b) Si el deterioro se debe exclusivamente a envejecimiento por exposición prolongada a altas temperaturas, o si hay otros efectos y c) Que otro tipo de material podría garantizar un funcionamiento prolongado del equipo en óptimas condiciones (más de 15 años de vida útil) resulta la siguiente Discusión y Recomendaciones correspondientes.

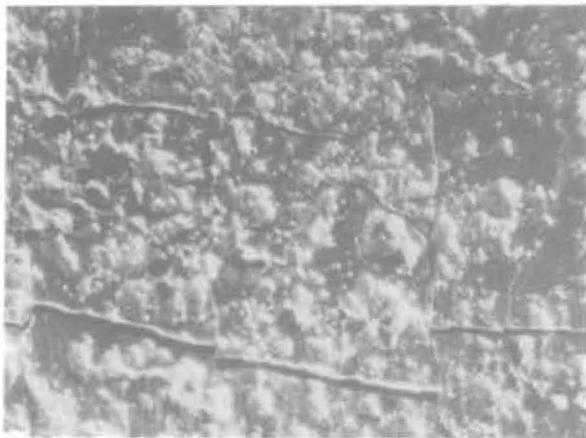


FOTOMICROGRAFIA N°1



FOTOMICROGRAFIA N°2

DISCUSION DE RESULTADOS



FOTOMACROGRAFIA N°3



FOTOMACROGRAFIA N°4



FOTOMICROGRAFIA N°5

El análisis químico de las cinco muestras enviadas como acero inoxidable AISI 304 revela que del material empleado en la construcción de la pared interna del atomizador, solamente la N°5 componente del cono cumple con la norma AISI del acero inoxidable 304 tipo austenítico con alto contenido de carbono. Las restantes identificadas como N°1, N°2, N°3 y N°4 responden a la norma AISI de acero inoxidable 430 de tipo ferrítico.

Los aceros inoxidables austeníticos son diamagnéticos mientras que los ferríticos son paramagnéticos. Llama la atención que de acuerdo a lo indicado por el fabricante del equipo donde se especifica como único material de la pared interna al AISI 304, en la construcción del atomizador se usaron chapas de distinta composición que pudieron diferenciarse con el empleo de un simple imán. Este cambio, sin embargo, ha sido beneficioso para la duración del equipo ya que si se hubiera respetado el empleo del AISI 304 la vida útil con seguridad hubiera sido mucho menor. Los aceros inoxidables de la serie 300 son susceptibles a la corrosión bajo tensión mecánica con formación de fisuras transgranulares por efecto de tensiones residuales o por deformación en frío durante el laminado en presencia de iones cloruro. La aleación AISI 304 componente del cono con tensiones mecánicas y en presencia de iones haluro aún en concentraciones del orden de 70 ppm a temperaturas superiores a 80°C sufre la fisuración. Asimismo son susceptibles a la corrosión por picado y por rendija en presencia de iones agresivos. Cabe destacar que el contenido de iones cloruro del agua freática empleada en la preparación de la pasta arcillosa (barbotina) a secar fue superior a 300 ppm (Ver macrofotografías N°3 y 4 y microfotografía N°5).

Los aceros inoxidables ferríticos AISI 430 no presentan la susceptibilidad mencionada anteriormente para los austeníticos. El contenido de cromo del orden del 16% en peso, permite en ausencia de níquel un contenido de hasta 0,25% en peso de carbono manteniendo la estructura ferrítica. El carbono presente en la aleación, se combina con una considerable cantidad de cromo originando carburos que pueden disminuir la resistencia a la corrosión de la matriz. Sin embargo, en las muestras numeradas como N°3 y N°4 correspondientes a las zonas 3 y 4 de la Figura 1 no presentan ataque por corrosión localizada ni fragilización, debido a las temperaturas más bajas de operación en esas zonas (Ver fotomicrografía N°2). Las chapas numeradas como N°1 y N°2 correspondientes a las zonas 1 y 2 de la Figura 1 sometidas a temperaturas más altas (500-800°C), son susceptibles a la formación de fase sigma precipitada principalmente en el límite de granos, presentando gran fragilidad con formación de fisuras (Ver fotomicrografía N°1).

RECOMENDACIONES

- No emplear acero inoxidable AISI 304 de ningún grado.
- Reemplazar las chapas con fisuras de las zonas 1 y 2 con el mismo material acero inoxidable AISI 430 utilizando la técnica de soldado empleada originalmente.
- Reemplazar las chapas componentes de la zona 5 (cono) por acero inoxidable AISI 430.
- La posibilidad de empleo de aleaciones especiales

(Super-alloys) no se considera conveniente ya que su comportamiento a altas temperaturas y en presencia de iones haluro no resulta bien conocido.

- No es factible recomendar un material que garantice un funcionamiento del equipo en óptimas condiciones por más de 15 años.

Como comentario final merece destacarse que el error fortuito cometido en la selección del material recomendado por el fabricante del equipo ha sido en este caso beneficioso.

BIBLIOGRAFIA

- 1) HERBSLED, G. y SCHWENK, W. : Werkstoffe u Korrosion 19, 103 (1968).
- 2) BOND, A.P. y LIZLOUS, E.A. : J. Electrochem.Soc., 116, 1305 (1969).
- 3) DEMO, J.J. : CORROSION, 27, 531 (1971).
- 4) BAUMEL, A., Corros. Sci., 4, 89 (1964).
- 5) HODGES, R.J. : Corrosion, 27, 119 (1971).
- 6) STREICHER, M.A. : Corrosion, 29, 337 (1973)
- 7) Mc MULLIN, J.G.; REITER, S.F. y EBELING, D.G. : Trans. ASM, 46, 799 (1954).

Recibido el 15 de abril de 1987