

"INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN LA SUCEPTIBILIDAD A LA CORROSION BAJO TENSIONES EN VAINAS DE ZRY-4"

R.A. BORDONI, J.M. FALCONE, M.A. GIORGIS, M. MARKIEWICZ

C.N.E.A. - Gerencia de Desarrollo - Departamento Combustibles Nucleares

1.- INTRODUCCION

Entre los factores que afectan la susceptibilidad al SCCI se encuentra el estado superficial Wood (1) observó en ensayos de anillo expandido que decapando las probetas estas aumentaban su tiempo de falla. Por otro lado Mpeehs, H. Stehle y E. Steimberg (2) realizando ensayos con tubos presurizados y probetas con distintos pretratamientos superficiales no encuentran ningún efecto apreciable en los tiempos de falla.

Este desacuerdo en lo propuesto por estos autores y algunas observaciones realizadas en probetas ensayadas sin ningún tratamiento previo nos condujo a realizar investigaciones en este sentido, en este trabajo se describe el nivel alcanzado por esta investigación.

2.- MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Probetas de 160 mm de longitud fueron obtenidas de vainas de Zry-4 del tipo Atucha.

Los diámetros internos de las probetas, se midieron con un sensor de aire. Las mediciones se realizaron en tres posiciones a lo largo de cada probeta, y se tomaron cuatro medidas separadas por 45° entre una y otra, en cada posición. Para medir los diámetros externos, se utilizó un banco micrométrico comparador Mahr e idéntico procedimiento de medición que para los diámetros internos. En ambos casos la apreciación de los equipos de medición fue de 1 μ m.

Una longitud de aproximadamente 70 mm, en la zona central de las probetas, fue decapado disminuyendo el diámetro en aproximadamente 0.06 mm, esto se realizó para asegurar que las mismas rompieron en dicha zona. Luego se procedió a preparar probetas con distintos tratamientos de la superficie interior, estos fueron decapado y electropulido. El decapado se realizó con una solución de $\text{HF-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ y el electropulido con una solución de butil glicol. Luego del electropulido y el decapado interior se lava la probeta con agua desmineralizada enérgicamente y finalmente con alcohol y acetona p.a.

En la figura 1 se describe esquemáticamente el equipo de presurización utilizado. Este consta de un compresor de gas y un acumulador, la presión se mide con un manómetro con un error de 0,2% y se grafica su evolución en el tiempo a través de un transductor de presión y registrador x;t.

Las probetas se conectaron al equipo mediante uniones de acero inoxidable y se colocaron en el centro de un horno con tres zonas y con guarda térmica. Para minimizar el volumen de gas dentro de la probeta se introdujo un cuerpo de relleno de cuarzo que recibió el mismo pretratamiento de limpieza que las probetas.

En la preparación de las probetas se incluyó la carga de 35 mgr. de lodo metálico bisublimado y la inserción del cuerpo de relleno. Luego se conecta la probeta al equipo y para eliminar el aire encerrado en la misma se purga el sistema presurizando con Argón especial a 40 Kg/cm^2 aproximadamente y luego despresurizando a través de la válvula de purga este procedimiento se repite varias veces. Luego se introduce la probeta en el horno y se espera aproximadamente 1 hora para que todo el sistema se estabilice a la temperatura deseada (en nuestro caso 400°C).

Las probetas se presurizan siguiendo el diagrama indicado en la figura 2 y siendo t_f el tiempo de falla.

3.- RESULTADOS

Las tensiones se calcularon utilizando la siguiente expresión:

$$\sigma_{\theta} = \frac{p \cdot dm}{2 t}$$

donde σ_{θ} es la tensión tangencial, θ la presión, dm el diámetro medio $\bar{d}_{ex} + \bar{d}_{int}$ y t el espesor promedio. De tener en cuenta que la tensión es la tensión inicial.

Los tiempos falla de las probetas para cada tensión y para los distintos tratamientos superficiales se grafican en la figura 3, para el caso de las probetas electropulidas se ensayó una sola por tensión puesto que debido a las dificultades y al tiempo necesario para el electropulido se prefirió, aumentar la estadística de las probetas decapada. En el caso de las probetas que no tienen ningún tipo de tratamiento previo se ensayaron para algunas tensiones tres probetas para tener una idea de la dispersión de los resultados y se puede observar que la misma no es grande para este tipo de ensayo por lo cual se decidió no aumentar el número de estos ensayos. Las probetas decapadas tienen distintos tiempos de decapados, (ver figura 4) todas ellas se han graficado. En esta figura, la N° 3, se han indicado la dispersión con una franja para las probetas sin tratamiento previo y con otra para las decapadas y se ha trazado una curva que pasa por el valor medio de los tiempos de falla para cada tensión. En esta figura se observa que los tiempos de falla de las probetas sin tratamiento previo son menores que lo de las probetas tratadas.

En la figura 4 se ha graficado tiempo de falla y disminución de espesor de pared por decapado, para tensiones de 360 300 y 270 MPa. En esta figura se observa que el aumento en el tiempo de falla se produce ya para decapados de 0.06mm.

En la figura 5 se grafica la deformación circunferencial uniforme en función de la velocidad de deformación. En esta figura se han graficado las probetas sin tratamiento previo y las decapadas. Esta figura indica que un gran número de probetas decapadas supera la curva de las probetas sin tratamiento previo. Esto significa que el tiempo de falla de las probetas decapadas fue mayor, puesto que la velocidad de deformación esta controlada por la tensión para el caso de la temperatura constante y microestructura constante y el aumento en la deformación es debido a un mayor tiempo de falla.

Por otro lado se observa una mayor dispersión de los resultados y esto es debido a que en las probetas decapadas hay una gran dispersión en los tiempos de falla.

La velocidad de deformación se calculó dividiendo la deformación circunferencial uniforme por el tiempo de falla.

El tipo de fractura que se observaron son de dos tipos, del tipo de fisura y del tipo de pinchadura. Esta diferencia de tipo de fractura parecería estar asociado a la energía acumulada en la probeta y en todo el equipo de presurización, esta tendencia puede observarse en la figura 6, donde se ha graficado un histograma del número de probetas de un determinado tipo de falla y la presión de ensayo del equipo. Cada columna del histograma debería ocupar el intervalo de 20 Kg/cm², pero sólo se la ha hecho ocupar la mitad del intervalo para poder graficar los dos tipos de fractura juntos a fines de comparación. En la figura se observa una clara distribución de fallas

del tipo pinchadura a bajas presiones (baja energía acumulada) y por contrario, las fallas del tipo fisura a altas presiones.

Se realizaron observaciones de microscopio electrónico de barrido de la superficie de fractura de estas probetas. Una fractura presenta el aspecto típico. Una zona de fractura frágil de dirección radial y una zona de fractura dúctil de dirección 45° respecto de la normal a la superficie del tubo. En la figura 7 se observa esta fractura, en la figura 8 se puede observar un corte metalográfico de la misma. La fractura en la zona frágil es del tipo transgranular como puede observarse en la figura 9 y 10 y la zona dúctil presenta la típica morfología de hoyuelos 11.

Se realizaron también observaciones con microscopio electrónico de barrido en la superficie interior, se observó picado por el ataque del Iodo a la superficie interior, como se muestra en la figura 12, en esta figura se observan los pits recubiertos por la capa de óxido.

4.- DISCUSION

El aumento en los tiempos de falla, de las probetas previamente tratadas, podría estar asociado al hecho que este tratamiento (decapado o electropulido) al eliminar una pequeña capa superficial elimina los posibles defectos presentes en la superficie interior del tubo, debido al tratamiento final recibido en fábrica por el mismo. El tubo utilizado en los ensayos, tiene un arenado como tratamiento final.

Algunas observaciones experimentales nos permiten suponer que esa es la causa. En la figura 13 se observa una fotografía de la superficie interna de una probeta ensayada sin ningún tratamiento previo, en ella se puede ver que las fisuras tienden a ubicarse en las zonas de los valle o próxima a ellos (zonas que sufren mayor deformación). En las figuras 14 se observa la superficie interior de un tubo sin tratamiento previo en ella se puede observar como las zonas fuertemente deformadas presentan defectos en algunos casos grandes y en otros pequeños pero alineados, lo cual los hace más peligrosos. Por otro lado la pequeña dispersión de los tiempos de falla de los tubos sin tratamiento previo en este tipo de ensayo no esta indicando la presencia de defectos (3) que disminuyen el tiempo falla, y en particular que disminuyen el tiempo de formación del defecto.

La figura 15 muestra la superficie interior del tubo luego de decapada y antes de ensayar en la cual no se observan ese tipo de defectos.

5.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en ensayos de tubo presurizado con Iodo, indican que se aumenta el tiempo de falla cuando estos han recibido un tratamiento previo, que elimine una pequeña capa de su superficie interior. Esto es debido a que con la eliminación de dicha capa se eliminan también los pequeños defectos superficiales.

Este estudio debe ampliarse a tensiones menores hasta llegar a la tensión umbral.

6.- BIBLIOGRAFIA

- 1) Wood, J.C. Journal Nuclear Mat. 45 105 (1972/73).
- 2) M. Peehs, H. Stehle, and E. Steimberg. Proceeding 4th International Conference on zirconium in the Nuclear Industry. Stratford - Upon - Avon, England June 26-19 (1978).
- 3) R. L. Jones, F. L. Yagee, R.A. Stoehr and D. Cubicciotti. Journal Nuclear Material 82 (1979) 26-38).

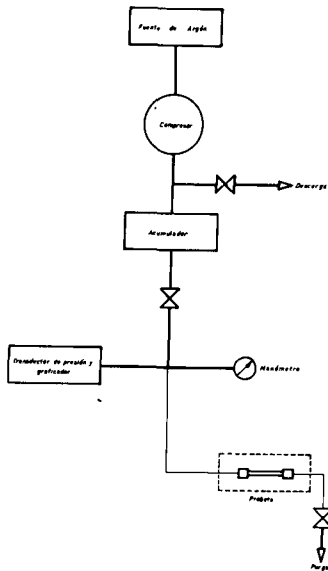


FIG 1

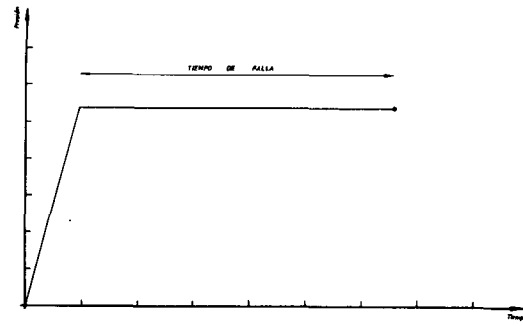


FIG 2

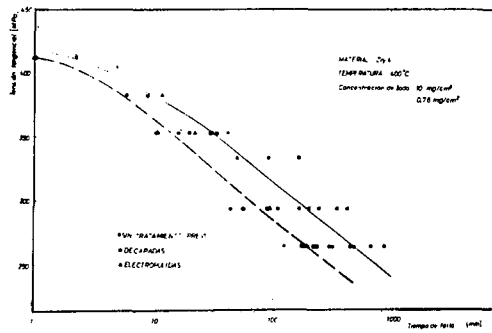


FIG 3

FIG 4

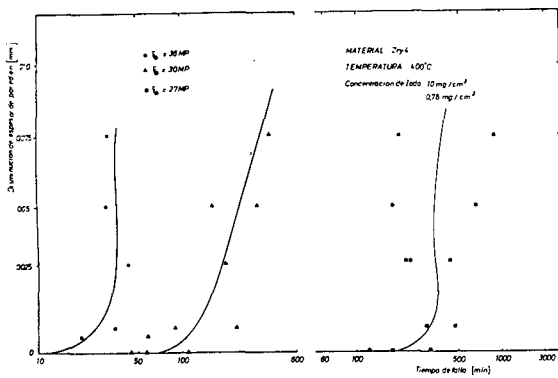


FIG 5

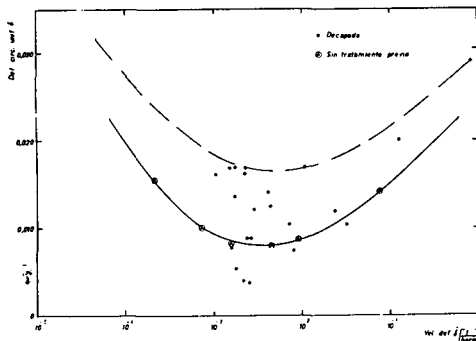
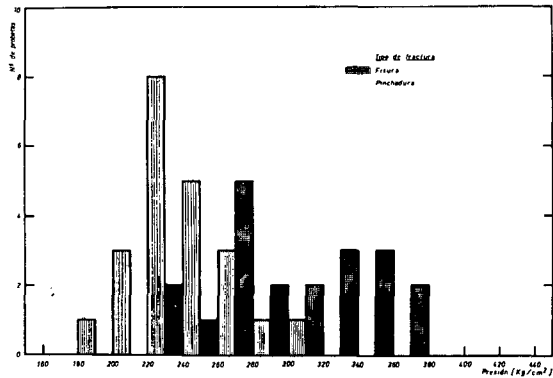


FIG 6

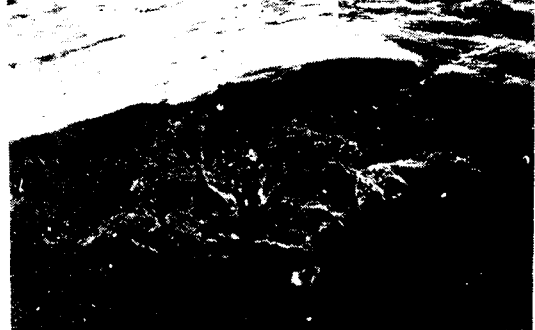


FIG 7

- 10 μ m

FIG 8

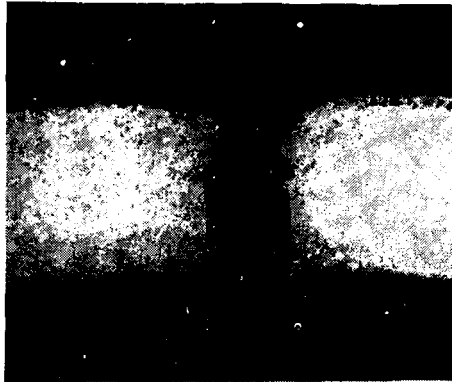


FIG 9
x 2800



FIG 10
x 1800



FIG 11
— 10 μ m

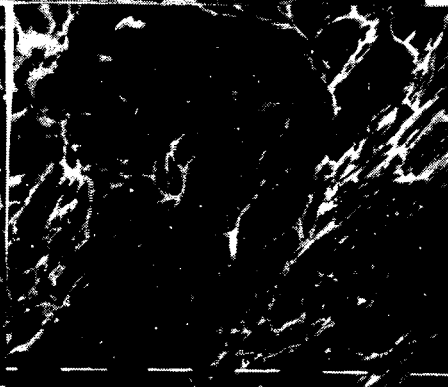


FIG 12
x 5700

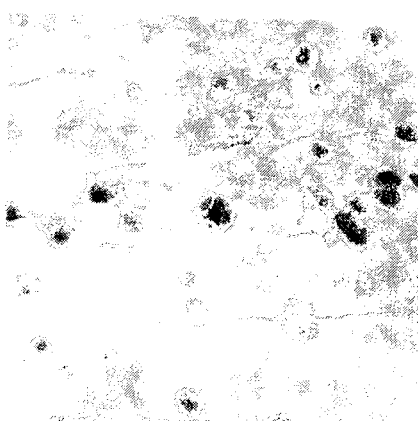


FIG 13
x 570



FIG 14
x 570



FIG 15
x 5700

