

**ESTUDIO DE LABORATORIO DE LA SUSCEPTIBILIDAD  
A LA CORROSION INTERGRANULAR DEL CINC Y SU  
RELACION CON EL CONTENIDO DE ALUMINIO**

**Dr. R. J. Manuele  
Dr. E. Rozados  
Lic. G. C. Clinkspoor**

**Serie II, nº 153**

---

## INTRODUCCION

---

En un edificio destinado para talleres de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones, se colocaron en los techos canaletas de desagüe de cinc. Se utilizaron chapas de fabricación nacional. Al cabo de un cierto tiempo - entre 3 y 9 meses de su colocación - se observó que las chapas presentaban una alteración profunda de sus propiedades mecánicas: el material se mostraba quebradizo, friable, pudiéndose diferenciar macroscópicamente, en sentido transversal, 3 capas, una interior, no atacada y dos, hacia ambos lados, con síntomas de alteración. La foto N° 1 (75 aumentos) es un corte transversal de una chapa atacada; pueden observarse las tres capas. La foto N° 2 es el corte transversal de otra chapa extraída del depósito sin signos de alteración; fue atacada con ácido crómico y muestra un ataque homogéneo, no diferenciado en capas. Es de hacer notar que la alteración también se observó en algunas chapas que aún no habían entrado en servicio.

El proceso adquirió extraordinaria importancia porque fue apareciendo sucesivamente en varios edificios de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores. Descartada la posibilidad de que se tratara de casos de corrosión atmosférica, se llegó a la conclusión de que el fenómeno era debido a deficiencias provenientes del material.

Las especificaciones que fijan las normas para chapas de cinc utilizadas en techados no son muy estrictas en lo que se refiere a la composición química. Por ejemplo, la norma británica (1) fija que: "las chapas de cinc deben ser laminadas de metal virgen, conteniendo no más de 1,5 % de impurezas totales; el plomo no debe exceder de 1,25% pudiendo contener además hierro y cadmio, pero en proporciones que puedan ser ignoradas".

El análisis químico de las muestras extraídas, al-

teradas y sin alteración, dio resultados similares, con pequeñas diferencias no significativas. Los valores extremos obtenidos, son:

	Pb %	Fe %	Cu %	Cd %
chapa alterada	0.55	0.01	0.12	0.01
chapa no alterada	0.90	0.01	0.09	0.00

Se efectuaron análisis también de las capas alteradas solamente; los resultados no difirieron respecto a los obtenidos sobre la muestra total.

En el laboratorio metalográfico del LEMIT, el fenómeno fue caracterizado como caso de corrosión intergranular, pero no pudo identificarse el constituyente o la impureza responsable de la alteración. Puede ser definido como un tipo particular de corrosión intergranular llamado "corrosión en capas" o "exfoliación", que ocurre en un material que hallándose, potencialmente, en estado de sufrir corrosión intergranular debido a su composición, es sometido a laminación: la estructura cristalina sufre durante el laminado un achatamiento de los granos; el ataque se producirá a lo largo de los bordes de las laminillas que forman los granos achatados, procediendo en planos paralelos a la superficie de laminación. Los productos de corrosión formados a lo largo de esos planos ocupan un volumen mayor que el del metal, lo cual provoca, por hinchamiento, la separación de cada capa. Esta desintegración en laminillas o exfoliación abre los caminos para el avance del ataque.

La bibliografía consultada referida a la corrosión intergranular del cinc, no permitió identificar qué elemento era el responsable del fenómeno. Se efectuó entonces una consulta a una institución de los Estados Unidos especializada en el metal cinc, "The New Jersey Zinc Company" de Palmerton, donde fueron enviadas las chapas y examinadas por el Dr. E. A. Anderson, quien en su respuesta afirmó categóricamente que "el proceso observado es corrosión intergranular debido a la presencia en el metal de cantidades de aluminio superiores a 0.005 %".

La determinación de aluminio en cinc, en cantidades

de ese orden, no puede ser resuelta satisfactoriamente por la vía gravimétrica porque se hacen necesarias separaciones previas que constituyen fuentes de error. En el LEMIT se desarrolló una técnica espectrofotométrica que se fundamenta en la formación de un complejo coloreado - aluminio eriocromocianina R nitrada -, previa separación alcalina de los elementos interferentes y posterior medida de la densidad óptica por espectrofotometría. (2)

Se efectuó la determinación de aluminio por este método en las chapas atacadas y en otras fabricadas en el extranjero que no habían sufrido corrosión intergranular. Los resultados obtenidos, en todos los casos, confirmaron lo expresado por el Dr. Anderson: las muestras corroídas contenían aluminio en cantidad superior al límite señalado (0,005 %) en tanto que las otras no alcanzaban ese valor, oscilando su contenido de aluminio entre 0,001 y 0,004 %.

Se planteó entonces la realización de un ensayo que permitiera determinar la susceptibilidad del cinc a la corrosión intergranular. Se tuvo en cuenta que el ataque por vapor de agua puede provocar en el cinc ese tipo de corrosión.

---

#### ENSAYO DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL CINC A LA CORROSION INTERGRANULAR

---

Se utilizó un aparato cuyo esquema se muestra en la Fig. 7. Consiste en un vaso cónico, seguido de un tubo condensador donde se sitúa, colgada, la probeta a ensayar (dimensiones: 10 cm x 2,5 cm) y un refrigerante a reflujo. Los tubos de salida situados a los costados del vaso, se han previsto para facilitar la entrada al sistema de gases determinados, por ej., nitrógeno, bióxido de carbono, bióxido de azufre, etc., para crear condiciones particulares que permitan variar el ensayo. En este trabajo, todos los ensayos se realizaron con agua destilada, sin burbujeo gaseoso.

Se coloca el agua destilada en el vaso y se lleva

a ebullición; los vapores condensan sobre la superficie de la probeta y el ensayo se continúa por un cierto número de horas, en lo posible, sin interrupciones. La calefacción debe ser moderada - se efectuó mediante plancha eléctrica - pues de lo contrario el vapor no alcanza a condensar sobre la superficie del metal, sino que lo hace sobre el refrigerante.

Los tiempos de exposición de las probetas fueron del orden de 30 a 100 horas. La normalización del método podría consistir en fijar un tiempo límite y considerar satisfactoria a la probeta que al cabo del mismo no haya sufrido corrosión intergranular. Es inevitable, en todos los casos, que se produzca una corrosión superficial generalizada.

En los ensayos efectuados, se observó que, en las muestras susceptibles, los signos de corrosión intergranular aparecen luego de las 30 horas de exposición y en algunos casos en tiempos mucho menores. Al ir aumentando el tiempo de exposición, la corrosión progresa y se acentúa. Con el fin de evitar posibles confusiones entre la corrosión superficial mencionada y una incipiente corrosión intergranular, consideramos que se puede fijar como tiempo límite el de 100 horas. En los ensayos, cuyos resultados se informan en Tabla 1, las probetas se expusieron durante 100 horas.

La identificación del ataque intergranular puede ser efectuada por distintas maneras. A simple vista, las probetas atacadas presentan por lo general deformaciones y se advierte fácilmente la pérdida de las propiedades mecánicas. Un ensayo que se suele efectuar es el de resistencia al doblado repetido; las muestras corroídas experimentan pérdidas muy significativas.

En este trabajo, el ataque intergranular se caracterizó mediante observaciones micrográficas del corte pulido de las probetas ensayadas, asegurándose así la existencia de ese tipo de corrosión.

La preparación de la superficie de un metal de las características mecánicas del cinc, para su observación micrográfica, supone una serie de dificultades, tales como la recristalización por calentamiento, la distorsión mecánica

TABLA I

Muestra Nº	Procedencia	Al %	Pb %	Cd %	Fe %	Cu %	Ensayo 100 h
1	Alemania	0,002	0,087	0,032	0,016	0,030	Satisfactorio
2	Argentina	0,130	0,072	0,000	0,210	0,011	Corroída ori- ginalmente. No se ensayó.
3	Argentina	0,013	0,009	0,002	0,260	0,008	Corrosión in- tergranular en los bordes.
4	Desconocida	0,030	0,035	0,010	0,004	0,017	Corrosión in- tergranular intensa.
5	Desconocida	0,002	0,097	0,084	0,036	0,031	20 años de servicio sin alteraciones. No se ensayó.
6	Desconocida	0,002	0,105	0,060	0,020	0,025	Satisfactorio
7	Alemania	0,002	0,105	0,074	0,012	0,030	Satisfactorio
8	Italia	0,002	0,100	0,002	0,011	0,004	Satisfactorio
9	Desconocida	0,003	0,105	0,046	0,016	0,073	Satisfactorio
10	Bélgica	0,003	0,105	0,042	0,014	0,044	Satisfactorio
11	Bélgica	0,004	0,097	0,029	0,014	0,022	Satisfactorio

durante el desbaste previo al pulido y el arrastre superficial de material por roce de los abrasivos. La preparación de la probeta para su observación micrográfica se llevó a cabo de la siguiente manera:

a) Lavado de la probeta con solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M, enjuagado con agua destilada y secado.

b) Inclusión de la probeta en bakelita. El procedimiento común de incluir muestras metálicas en resinas mediante la acción de presión y temperatura no es practicable para el cinc, en general, por tener una temperatura de recristalización que oscila entre los 30 y 100°C, según su pureza. No obstante, en el presente caso es posible hacerlo debido a que no afecta mayormente someter a la probeta durante 5 minutos a una temperatura de 140°C, si anteriormente estuvo, durante el ensayo, un gran número de horas a 95-100°C.

c) Desbaste de la probeta: el cinc es un metal blando que se distorsiona profundamente cuando es desbastado. Reiteradas experiencias permitieron llegar a la conclusión de que se consiguen los mejores resultados utilizando tres lijas al agua N°s 180, 320 ó 400 y 600, de Buehler Ltd., con lubricación abundante y presión suave.

d) Pulido de la probeta. No puede utilizarse ningún procedimiento en el que se produzcan disolución química o electroquímica del metal, puesto que ello alteraría el resultado del ensayo. Se efectuó sobre disco giratorio, a baja velocidad, con paño de pelo muy corto cargado con polvo de diamante de 3 micrones de diámetro, lubricándose abundantemente con mezcla de alcohol etílico y agua destilada y presionando muy débilmente la probeta. Los paños comúnmente usados de pelo mediano o largo, tales como terciopelo o paño de billar no pueden ser tenidos en cuenta porque arrancan los cristales separados por el fenómeno de corrosión intergranular que se produce durante el ensayo. Los paños cargados con alúmina distorsionan superficialmente a los metales blandos como el cinc. Con el polvo de diamante de 3 micrones de diámetro, aún se observan, microscópicamente finísimas rayas; lamentablemente, no se dispuso de polvo de diámetro menor. Para evitar que esas rayas pudieran ser motivo de confusión no se hizo girar a las pro-

betas, consiguiéndose de este modo rayas paralelas. El polvo de diamante, por sus óptimas propiedades de corte, distorsiona muy poco la superficie pulida y no produce las llamadas "colas de cometa".

e) Lavado de la probeta. Con alcohol etílico y posterior secado con aire caliente y algodón.

f) Observación al microscopio y toma de la microfotografía. Algunos resultados típicos de las probetas ensayadas se muestran en las fotos N<sup>o</sup>s 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

---

## RESULTADOS

---

En Tabla I, se dan los resultados obtenidos en el análisis químico y el ensayo de susceptibilidad a la corrosión intergranular de muestras de distinta procedencia. Se indica el país en que fueron fabricadas. Las determinaciones de hierro, cobre, cadmio y plomo se realizaron por polarografía; las de aluminio, por el método espectrofotométrico mencionado.

De la observación de los resultados, se puede advertir que, en todos los casos, las muestras cuyo contenido de aluminio era inferior a 0.005 % se comportaron satisfactoriamente en el ensayo.

---

## CONCLUSIONES

---

- 1.- Existe correlación entre el contenido de aluminio y el resultado del ensayo de susceptibilidad a la corrosión intergranular.
- 2.- Puede fijarse como límite máximo de contenido de aluminio en cinc laminado, el de 0.005 %.

3.- El tiempo de exposición límite del ensayo de la susceptibilidad a la corrosión intergranular, puede ser fijado en 100 horas. Las muestras que al cabo de ese tiempo no presenten síntomas de corrosión intergranular, pueden considerarse satisfactorias.

---

BIBLIOGRAFIA

---

- 1.- B.S. 849-1939 "Plain Sheet Zinc Roofing"
- 2.- Miniussi C. L. y Rozados E. "Determinación de pequeñas cantidades de aluminio en cinc por espectrofotometría", Anales de la Asociación Química Argentina, Tomo 49, Nº 1, marzo 1961.

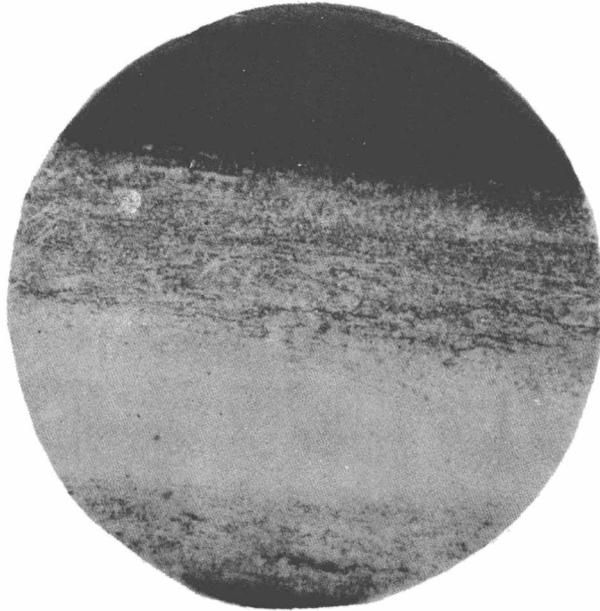


Fig. 1.- Corte transversal de chapa de cinc alterada; se observan las tres capas (75 X)

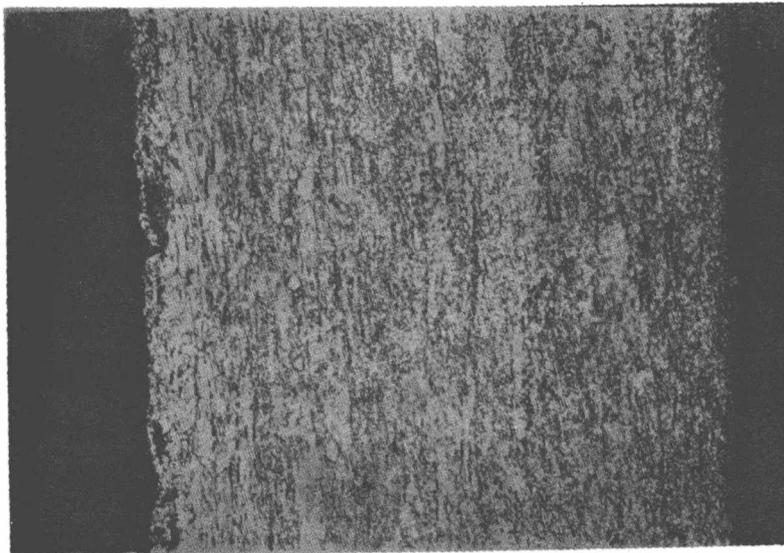


Fig. 2.- Corte transversal de chapa de cinc no alterada, atacada con ácido crómico; se observa un ataque general no diferenciado en capas (75 X)



Fig. 3.- Muestra n° 2, procedencia nacional;  
corroída originalmente, no se ensayó (390 X)

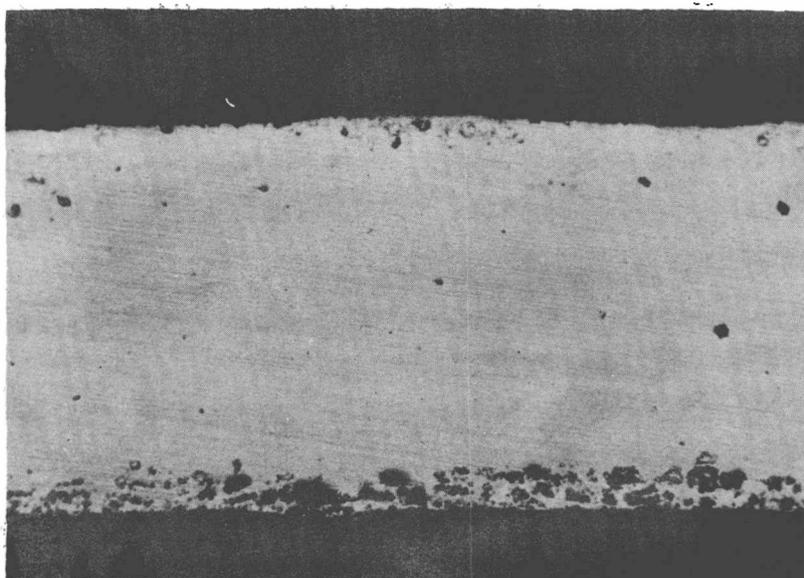


Fig. 4.- Muestra n° 3, procedencia nacional;  
ensayo 100 horas, corrosión intergranular en  
los bordes (70 X)

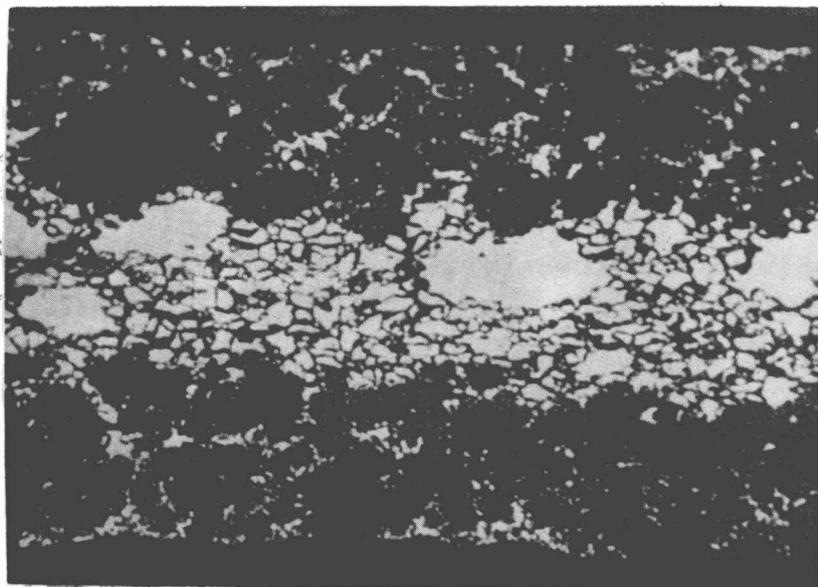


Fig. 5.- Muestra n° 4, procedencia desconocida; ensayo 100 horas, intensa corrosión intergranular (70 X)

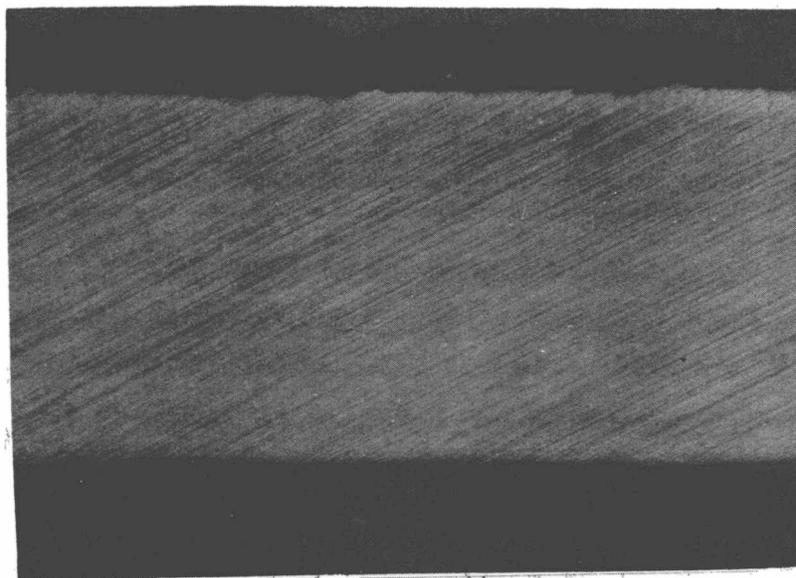
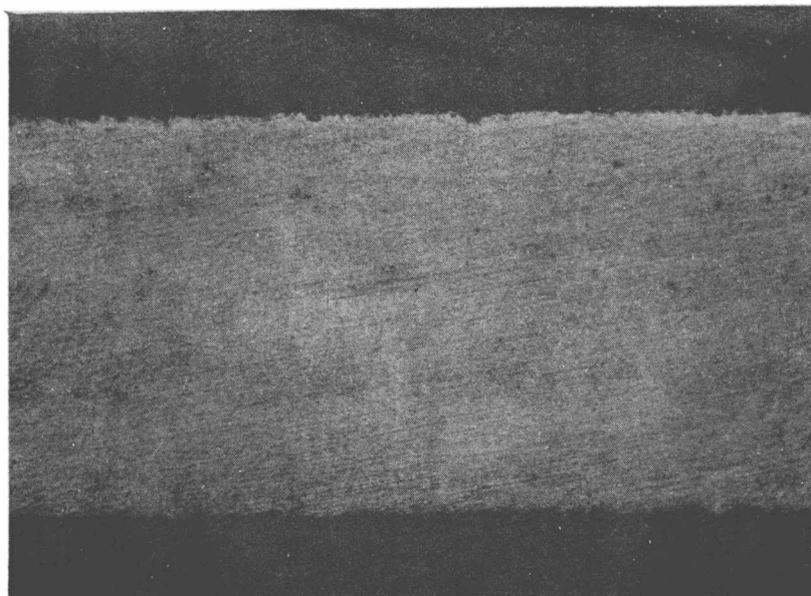
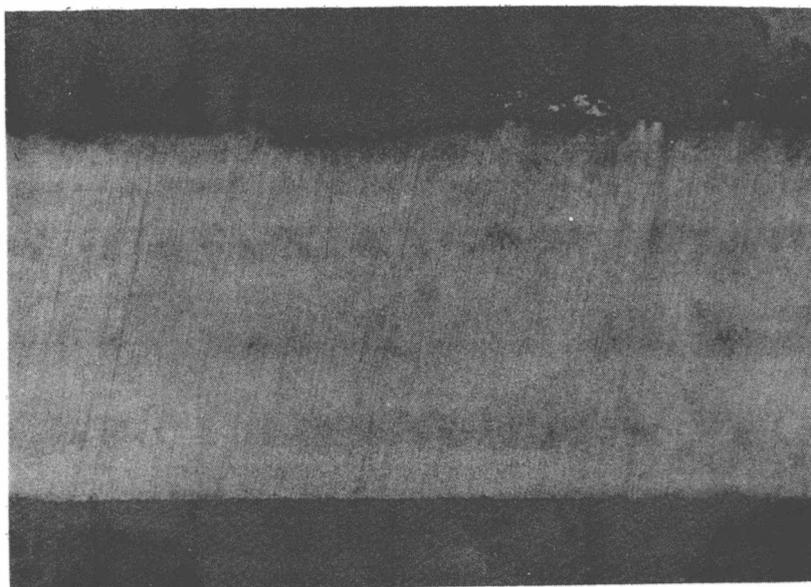


Fig. 6.- Muestra n° 7, procedencia alemana; ensayo 100 h, resultado satisfactorio



**Fig. 7.- Muestra n° 8, procedencia italiana; ensayo 100 horas, satisfactorio; se observa corrosión superficial pero no intergranular**



**Fig. 8.- Muestra n° 10, procedencia belga; ensayo 100 horas, satisfactorio**

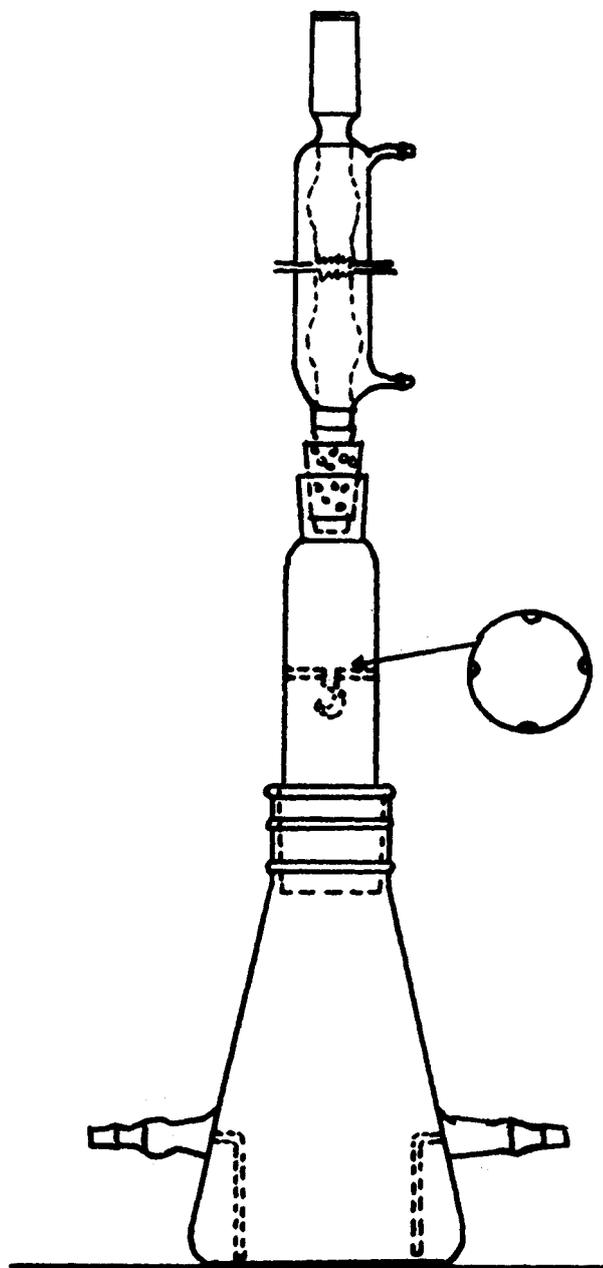


Fig. 9.- Aparato para ensayo de la susceptibilidad del zinc a la corrosión intergranular