

ASPECTOS DE DISEÑO DE UN EQUIPO DE ANÁLISIS DE CORROSIÓN POR NIEBLA SALINA

RESUMEN

En el presente artículo se pretende dar a conocer, con base en las normas ASTM B-117 y ASTM B-287, los parámetros básicos para el diseño de un equipo de análisis de corrosión en materiales, cuyas severas condiciones ambientales, se crean mediante la formación de una niebla salina a la que se exponen las muestras.

PALABRAS CLAVES: Corrosión, niebla salina, equipos de análisis.

ABSTRACT

The present article based on the ASTM B-117 and ASTM B-287 standards, deals with the basic parameters for calculation and design of a corrosion analysis device, whose severe environmental conditions are created by means of the formation of a saline fog to which the samples are exposed.

KEYWORDS: Corrosion, saline fog, analysis equipments.

MANUEL PINZÓN

CANDELARIO

Ingeniero Metalúrgico, Msc.

Profesor Auxiliar

Facultad de Ingeniería Mecánica

Grupo de Investigación en

Materiales

Universidad Tecnológica de Pereira

candelario@utp.edu.co

NIDIA JIRADO TAJAN

Ingeniera Metalúrgica, Msc.

Profesor Investigador

Facultad de Ingeniería

Universidad Libre de Colombia

nijita@unilibre.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La apreciación de la resistencia a la corrosión de los materiales se realiza con base en ensayos de laboratorio. Se valora cualquier característica del material, relacionada con la destrucción química desarrollada durante la acción del medio agresivo sobre la probeta.

La importancia de los datos sobre la resistencia a la corrosión para efectos prácticos en la industria se hace apremiante, debido a los altos costos asociados al fenómeno. Se recurre entonces a los ensayos acelerados de corrosión, los cuales suministran valiosa información para crear programas preventivos y de mantenimiento.

Los ensayos de laboratorio, llamados también ensayos rápidos se efectúan tratando de exagerar las condiciones de exposición que se presentan en servicio.

Entre los ensayos de laboratorio se encuentran los siguientes:

Inmersión total o parcial: Este ensayo suele utilizarse para producir condiciones naturales que se dan en ambientes corrosivos.

Ensayos de Simulación Atmosférica: Son aquellos ensayos de laboratorio que se usan para producir tipos de corrosión que se dan al exponer las aleaciones a los distintos tipos de atmósferas en su uso normal.

Exposición a Vapores Nítricos: Consiste en colocar las probetas suspendidas sobre un Erlenmeyer de cuello largo lleno parcialmente de ácido nítrico a 50°C. Este método se ha empleado principalmente para evaluar la resistencia de algunos cromados y latones a ciertas

atmósferas industriales en las cuales el agente corrosivo suele ser vapores nítricos.

Atmósferas Húmedas: Este tipo de ensayos son especiales para simular condiciones en regiones tropicales por medio de condensación de agua, debido a cambios ostensibles de temperatura, y así estudiar efectos de agentes corrosivos que secos son inofensivos al metal. Entre los de este tipo se encuentran los ensayos de niebla salina.

2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA CÁMARA SALINA

El diseño de la cámara salina se debe ajustar las normas ASTM B117 y ASTM B287 que señalan las condiciones de exposición en la zona de trabajo de la cámara.

Norma	Geometría del espacio interior	Temperatura °C	Humedad relativa %	Pulverización
B117	Tamaño mínimo recomendado 15 pies cúbicos, la muestra se cuelga de las gancheros entre 15°-30° paralelas al flujo horizontal de la niebla. El techo deberá poseer una inclinación no inferior a	33.3 a 37	95 a 98	Precipitación de la niebla en un área de 80 centímetros cuadrados por cada hora de pulverización continua, 2 mal de solución.

	30° respecto a la horizontal.			
B287	Se describe en las figuras (A1,A2, A3). Aplicable a metales ferrosos y no ferrosos	161.5(2°F – 36 – 164.9°F La primera debe controlarse 2 veces al día en una diferencia de 7 h.	98 a 98	80 cm

Tabla 1. Parámetros normas ASTM B 117 y B 287

2.1. Geometría de la Cámara

La cabina deberá ser de tamaño suficiente para probar adecuadamente el número deseado de partes sin apiñarlas. Para tal efecto la norma ASTM B117 establece que la capacidad mínima de la cabina pequeña sea de 0.43 metros cúbicos. La cámara debe hacerse con materiales inertes como plástico, vidrio o piedra, pero se construye preferiblemente de metal y se recubre con un material resistente a la solución salina. Para este proyecto se han establecido las dimensiones que aparecen en la Tabla 2.

Ancho	90 cm.
Largo	110 cm.
Alto hasta la parte más baja del techo	80 cm.
Alto hasta la parte más alta del techo	125 cm.
Inclinación del techo	45°

Tabla 2. Dimensiones de la Cámara Salina

2.2. Aislamiento Térmico

Se establece que entre cabinas grande y pequeña no hayan pérdidas significativas de calor, y se garantiza que la temperatura dentro de la zona de exposición de la cámara varíe entre 33,3 °C a 36,1 °C, como se menciona en [1].

Todo aislante térmico se opone en mayor o menor grado al paso de calor a través de sus paredes; un buen aislante térmico además de ser mal conductor de calor, debe ser impermeable al agua, al vapor de agua, ausencia de olor y encerrar el aire que habrá en su interior.

2.3. Canal de cierre de la cámara

La función de este canal es no permitir la evasión de vapores generados durante y después del ensayo; está ubicado exactamente en la parte superior de las paredes exteriores de la cámara y unido a la cabina inferior.

2.4. Sistema de generación de niebla

Este modelo consta de un recipiente aislado térmicamente en el que se colocan unos soportes porta probetas. Pero para que éste produzca los resultados esperados es necesario implementar un sistema de suministro que permita generar la niebla que establece la norma.

Pulverizador: Un pulverizador es un dispositivo en el que al pasar una corriente de aire a través de un pequeño orificio, se producen en éste, velocidades tales que su presión llega a ser suficientemente pequeña, de tal manera que la diferencia de presión actúe como una fuerza impulsadora que haga fluir hasta la boquilla, el líquido que se va a pulverizar.

Aprovisionamiento de Solución Salina: La solución salina es, de acuerdo con [1], 4% a 6% de NaCl disuelto en agua destilada; la cantidad de niebla debe ser tal que, en un área colectora horizontal de 80 cm cuadrados, se produzca una deposición de 1 a 2 mililitros por hora de pulverización continua. La solución se prepara disolviendo 5 +/- 1 partes por peso de cloruro de sodio en 95 partes de agua destilada que no contenga más de 200 ppm de sólidos en total. El cloruro de sodio deberá estar sustancialmente libre de impurezas y de otros elementos que impidan al atomizador su función normal.

Sistema de suministro de aire al pulverizador: El pulverizador de la cámara requiere que se le alimente una cantidad de aire por unidad de tiempo con unas condiciones de presión, temperatura y humedad, según lo determinan las normas rectoras [1]. Estas condiciones se dan a través de un compresor con una presión para la práctica entre 1 y 5 atmósferas.

Dispositivo para humedecer el aire hasta las condiciones requeridas: Hasta aquí este modelo cuenta con un sistema generador de niebla, el cual está provisto de los elementos para su propósito, pero es necesario implementar un sistema que acondicione el aire de tal manera que al expandirse el pulverizador quede a las condiciones de humedad y temperatura requeridas. Además se debe tener en cuenta el control de humedad y un elemento calefactor de la cámara.

Tanque de reserva de solución salina: Este tanque va conectado al tanque alimentador del aspersor; debe tener una capacidad de almacenamiento para trabajo mínimo de 24 horas.

Tanque de reserva de agua: Permite mantener con el nivel óptimo de agua a la torre, para su funcionamiento normal.

3. CONDICIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA SALINA

Algunas condiciones se han calculado con base en las fórmulas suministradas en [2], [4] y [5]; se presenta a continuación un resumen de las mismas:

Cantidad de solución salina a rociar por unidad de tiempo: Suponiendo que la deposición de solución salina sobre las superficies colectoras ocurra solamente por efectos de la gravedad, entonces dichas superficies colectoras serán la suma de el área del piso más el área de la proyección horizontal de la superficie superior de 30 probetas que, según la norma, se pueden alojar a la vez en la cámara.

$$\begin{aligned}\text{Área Piso (90 cm x 70 cm)} &= 6300 \text{ cm}^2 \\ \text{Área Probetas (5 cm x 10 cm)} &= 50 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Según la norma ASTM B117 la posición de las probetas, debe ser formando un ángulo entre 15° y 30° con la vertical. Por lo tanto, tomando como referencia 15° , la proyección horizontal es 388 cm^2 .

$$\text{Área total} = 6688 \text{ cm}^2.$$

Según la norma [1]:

$$(2 \text{ ml Sol / h}) \times (6688 \text{ cm}^2 / 80 \text{ cm}^2) = 167,2 \text{ ml / h}$$

Cantidad de solución salina que se debe hacer pasar por la boquilla del pulverizador, a fin de producir la deposición exigida por la norma [1], es de $1605,12 \text{ ml / h}$
 $1605,12 \text{ ml / h} \times 24 \text{ h} = 38520 \text{ ml}$ en reserva para operar la cámara en períodos continuos de 24 horas.

$$\begin{aligned}\text{Aire a suministrar al pulverizador:} \\ \text{Flujo másico} &= 1,05 \text{ gr mol aire / min} \\ \text{Volumen de aire libre aspirado} \\ V &= 1,27 \text{ pie}^3 / \text{min}\end{aligned}$$

Humedad del Aire: 97%; según la norma [1] entre 95% y 98%

$$\begin{aligned}\text{Volumen de agua en el tanque de reserva} \\ V &= 2068,4 \text{ cm}^3.\end{aligned}$$

Determinación del sistema de calefacción del saturador:
 Se calcula el calor necesario para llevar la cantidad de agua requerida a la temperatura especificada en la norma de referencia; a esto se le suma el calor necesario para elevar la temperatura del aire requerido a presión constante de 20 Psi, más la presión atmosférica del lugar.
 $W_t = 1255 \text{ Watt}$

Cálculo del aislante térmico

Para determinar el espesor que debe tener la capa de este aislante, se asume que la temperatura en el exterior es la temperatura ambiente y que la temperatura admisible dentro de la cámara por norma está en el rango de $33,3^\circ\text{C}$ a $36,1^\circ\text{C}$.

Se toma en cuenta una pérdida de calor de 6%
 $X = 10,16 \text{ cm}$.

Determinación del espesor de la lámina a utilizar, teniendo en cuenta la presión horizontal máxima, la altura de la pared y el esfuerzo admisible del material: $e = 0,77 \text{ mm}$

Tanque exterior y su recubrimiento

Contenido por una caja de lámina trabajada en frío calibre 16, formada por 5 segmentos de lámina unidos en las aristas de la caja por un cordón de soldadura E6013. Por la parte externa del tanque se le aplica anticorrosivo y pintura, teniendo en cuenta que el anticorrosivo utilizado pueda soportar la simulación del ambiente marino que se necesita para los ensayos.

Internamente está recubierto por una mezcla de resinas epóxicas conformadas por bisphenol A y epichorohydrin y endurecedor, con un espesor de 2 mm.

Aplicación y curado por vaciado en caliente

El sistema de resinas epóxicas y el curado en caliente, que endurecido forma compuestos aromáticos anhídridos, se caracteriza por una buena resistencia mecánica y dieléctrica, y además, una buena resistencia a ambientes químicos, con muy buena resistencia al calor, cerca de temperaturas superiores a los 150°C .

Tanque interior y su revestimiento

Construido de la misma manera que el tanque exterior. Aislado contra la corrosión por la mezcla utilizada por dentro como por fuera, con una capa de 2 mm de espesor externo e internamente con un espesor de 3 mm.

Tapa de la cámara

Elaborada en lámina trabajada en frío calibre 18 y unida en sus esquinas por el proceso de soldadura SMAW con electrodo E 6013 y la cual presenta una inclinación de 30° a 60° , esto con el fin de evitar el goteo de solución sobre las piezas, una vez terminado el ensayo. Se encuentra aislada, contra el ataque de la corrosión, por la mezcla descrita en el tanque exterior, con un espesor de 3 mm y por la parte externa protegida con anticorrosivo de color negro. También está provista por un mango de sujeción para facilitar su manipulación.

Canal de cierre de la cámara

Tiene como función el no permitir la evacuación de los gases durante y después del proceso en el ensayo, ubicado exactamente en la parte superior de las paredes exteriores de la cámara, terminado por las paredes internas, armado en PVC recubierto por anticorrosivo y pintura, adherido a las paredes de los tanques por presión, provisto de un colchón de agua que garantiza la hermeticidad del cierre.

Aislante Térmico

Este aislante tiene como fin evitar que se presenten pérdidas de calor hacia el exterior de la cámara, ya que esta pérdida podría generar errores en los ensayos.

Tanques de almacenamiento

Son tres tanques de almacenamiento, dos de los cuales poseen la solución salina y el otro posee agua destilada. Los dos primeros son elaborados en lámina calibre 18 y soldados por el proceso MIG y recubiertos internamente por la solución descrita en el tanque exterior, el otro tanque está elaborado en material plástico y los tres se encuentran dispuestos en el surtidor.

Tanque de toma de solución salina

Su función es alimentar al aspersor, elaborado en polietileno en un diámetro de 30 cm y una altura de 28 cm, provisto con una tapa también en polietileno, con el fin de evitar la contaminación de la solución. En esta tapa se encuentra ubicado el aspersor y el ducto de salida de la niebla que está elaborado en PVC y tiene una altura de 40 cm y un diámetro de 12 cm.

La parte superior consta de un cono aspersor cuyo fin es homogenizar la niebla en toda la zona de trabajo y con una inclinación de 30° respecto a la vertical.

Bastidor

Construido en tubo cuadrado de 1 pulgada en calibre 20, soldado por proceso SMAW electrodo E6013, con una altura total de 150 cm y un ancho de 39 cm dividido en 3 secciones en las cuales descansan los tanques descritos anteriormente.

Elemento calefactor del tanque interior

Consta de una resistencia de 600 Watt que consume 110 voltios y 5,4 amperios; tiene como función calentar la zona de trabajo a un rango de 33,3 a 36,1 °C leída por un termómetro con una escala de 0 a 140 °C y conectado a un termostato que la desconecta automáticamente al llegar a la temperatura requerida.

Torre Humidificadora

Elaborada en lámina calibre 16 unida por un cordón central de soldadura por el proceso GMAW recubierta interiormente por la solución del tanque exterior; altura 56 cm y diámetro 20 cm.

Está provista de 2 conductos de entrada: uno de aire, el cual entra a 30 Psi controlados por el manómetro que se encuentra en la parte inferior; por el otro conducto entra agua destilada proveniente del tanque de reserva.

Elemento calefactor de la torre humidificadora

Es una resistencia eléctrica de 3300 Watt a 100 voltios que conduce 30 amperios, la cual es accionada manualmente por un interruptor de encendido y apagado ubicado en la caja de controles.

Caja de Controles

Conformada en lámina calibre 24 unido por medio de tornillos a la cámara en el que encuentran 3 interruptores y el termostato.

Compresor y su motor

Posee una capacidad de bombeo de 150 Psi lubricado por aceite SAE 40, el aceite debe cambiarse en un promedio de 150 horas de trabajo, ubicado a la parte derecha de la cámara.

El motor eléctrico va unido al compresor por una banda tipo A, la polea del motor es de 6 pulgadas de diámetro mientras que la del cabezote es de 10 pulgadas, las características del motor son 1725 RPM a 110/220 voltios de 1 HP que consume 16 amperios.

Ductos de Aire

Utilizado para la conducción de aire comprimido entre compresor y el filtro saturador, empleando una manguera de caucho reforzado en malla de nylon, con una resistencia de 300 Psi según especificación del fabricante, con un diámetro de 3/8 de pulgada. El resto de conductos poseen el mismo diámetro y resistentes a la temperatura hasta 150 °C.

Filtro de Aire

Ubicado a la salida del compresor unido a la válvula reguladora, garantizando una presión de 40 Psi a la salida.

Termostato

Se instala un termostato para control de temperatura dentro de la zona efectiva cuyo rango operacional oscila entre 30-150 °C, presentando una sensibilidad de más o menos 0,5°C.

Conductores Eléctricos

Se instalan cables de cobre revestido con una capa de PVC conocido comercialmente como cable dúplex número 12 según especificaciones de la SGAT.

Ductos de desagüe y evacuación de gases

Puesto que la solución salina empleada en los ensayos no es recirculable, sino que por el contrario, cada vez que se efectuó un ensayo se debe desechar esta solución, así como también la salida de los gases producidos durante el proceso, esta evacuación se realiza por tubería de PVC de 1/2 pulgada de diámetro.

Aspersor

Construido por racores elaborado en aleación de latón al estaño conocido comercialmente como latón naval, y la boquilla de 0.03 pulgadas de diámetro. El aspersor está ubicado dentro de la cámara según norma B117.

Soportes Porta Probetas

Ubicada en la parte interna de la cámara. Elaborada en polietileno y distribuida dentro de la cámara como lo recomienda la norma.

Colectores de Niebla

Construidos por un embudo de 8 a 10 cm de diámetro con una pipeta de escala de 0 a 3 mm mínimo. Estos se deben colocar de tal manera que las gotas procedentes de la muestra o de cualquier otra superficie no sean recogidas.

4. CONCLUSIONES

Con los parámetros ya establecidos, fruto de la adaptación del conocimiento de este tipo de experiencias, se cuenta con información suficiente para construir la cámara de niebla salina, cuya gran utilidad se encuentra en las actividades de investigación y de extensión del laboratorio de metalografía.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASTM Standard 1995 B117-B287. "Standard practice for operating salt spray apparatus" American society for testing and materials 1995.
- [2] T. Baumeister, *Marks standard handbook for mechanical engineers*. Mc Graw Hill, New York (1978)
- [3] N. Gooding. *Balance de materia*. Universidad Nacional de Colombia. 1982.
- [4] A. GRAY. *Electrotecnia*. Editorial Aguilar. 3 ed. México (1991)
- [5] F.A. Champion. *Ensayo de Corrosión*. Ediciones Urmo. España.(1970)
- [6] R. GILES. *Mecánica de Fluidos*. Mc Graw Hill 3 ed.(1997)