

Fundamentos de corrosión y **protección**

Luis Íñiguez de Onzoño Sanz

Video

La formación de óxido es uno de los mayores problemas a la hora de usar distintos materiales metálicos en el entorno debido a la formación de herrumbre que puede llegar a perforar la pieza por completo.

Para evitar esto existen distintos métodos de protección que evitan este deterioro del material como son las pinturas que impermeabilizan el material del entorno. Este método tiene el problema de necesitar un mantenimiento, en ocasiones muy laborioso.

Así mismo existen distintas aleaciones que anulan casi por completo este proceso de oxidación como puede ser el acero inoxidable pero tienen el gran inconveniente de su alto coste de producción lo que ha hecho que busquemos distintos métodos de protección como el galvanizado.

El galvanizado consiste en dar al acero un baño de zinc fundido a 400°C. Este zinc ha de ser puro y se obtiene por electrolisis. Una vez se obtiene el zinc puro se funde y se cuela en moldes donde se solidifica en forma de lingotes para su fácil transporte.

Este es fundido una vez llega a la fábrica en bañeras de distinto tamaño para dar cabida a todos los posibles tamaños de piezas a galvanizar. Previo al galvanizado se deben limpiar las piezas, primero con agua jabonosa para quitar todos los restos de grasa de la pieza y posteriormente se le da un baño químico para quitar posibles óxidos. Para conseguir una mejor unión entre el zinc y el acero se sumerge el acero en un baño de sales mordientes.

En estas condiciones, se puede proceder al baño del acero con el zinc. Este proceso está estudiado para que todas las piezas sean bañadas por igual y regular la calidad del recubrimiento. Durante el proceso unos operarios se encargan de quitar de la superficie del zinc fundido los restos indeseados de la reacción con la ayuda de unas palas.

Una vez realizado el baño se procede a una inspección del grosor del baño en distintos puntos de una pieza para controlar que tenga un grosor uniforme.

Corrosión

La corrosión atmosférica es la más común ya que la mayor parte de las máquinas y estructuras que realizamos están en contacto permanente con ella pero cualquier otro proceso químico en la que exista un metal y un electrolito se ocasionará el fenómeno de corrosión. Así mismo existirán materiales que se comporten bien ante un tipo de corrosión y otros que no.

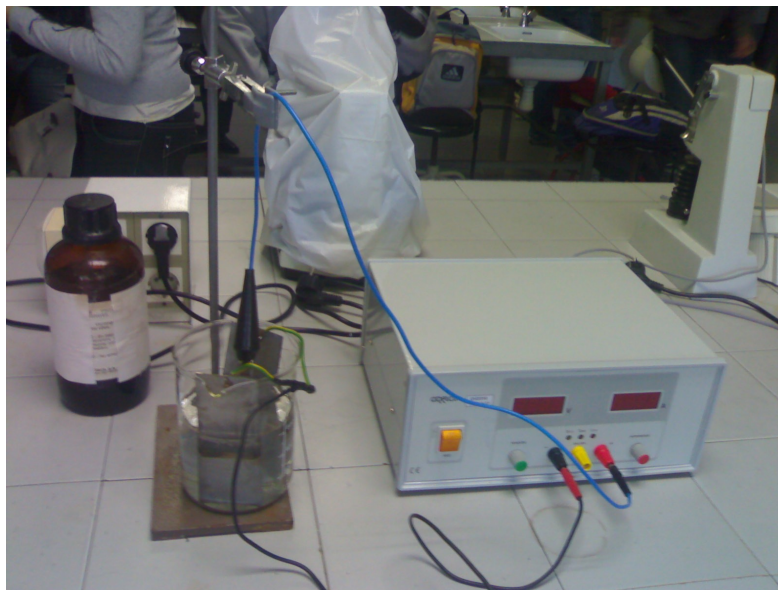
1º Experiencia

En una probeta con ácido Clorhídrico al 50% introducimos una chapa de acero galvanizado el cual es muy resistente frente a la corrosión atmosférica. En cuanto este entra en contacto con la solución podemos apreciar una reacción muy evidente por las burbujas que desprende. Esta reacción se debe a que el zinc que recubre el acero es muy fácil de corroer con el ácido clorhídrico, sin embargo, el acero se quedará al descubierto sin sufrir ningún tipo de corrosión evidente.

Los procesos de corrosión son de distinta naturaleza

- **Electrolito:** Material en un medio electrolito. Se produce una reacción Red-Ox (Reducción – Oxidación) entre los dos siendo el Cátodo el metal que se reduce, el ánodo el metal que se oxida. El cátodo y el ánodo necesitan una conexión eléctrica.
- **Corrosión seca:** Es otro tipo de corrosión el cual se produce en entornos a altas temperaturas. La **calomina** es el óxido que se genera en estas circunstancias.

Vamos a proceder con una oxidación por electrolito del acero desnudo. Usamos una fuente de corriente (rectificador) que lo que hará es forzar una oxidación en el ánodo. El electrolito ha usar será un agua a un 3% de clorhídrico.



En condiciones sin corriente no hay nada pero cuando encendemos los electrones salen del polo negativo y van al ánodo, para que esto ocurra ha sido necesario poner la intensidad máxima.

Podemos invertir el proceso si conectamos las piezas del revés, es decir, cambiando la polaridad de conexión.

Las series galvánicas

Cuando colocamos dos metales. El material con mayor tendencia a la oxidación será el ánodo y el que más le cuesta oxidarse es el cátodo. Entre ellos se creará una diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial se puede comparar y sacar una correlación de cuales son los materiales con mayor o menor tendencia de oxidación.

Para comparar la medida que nos da el hidrógeno es 0 V y a partir de hay obtenemos el resto de las medidas.

Experiencia

En un vaso una solución de un 3% cloruro sódico y usando un electrodo de calomelanos en vez de hidrógeno por su mayor facilidad de uso. Los datos obtenidos serán a cuanto más tendencia a sufrir oxidación saldrá un valor menor y cuanto menos tendencia a sufrir una oxidación un valor mayor hasta llegar a 0 que sería el valor en el que no reaccionaría

Datos obtenidos

Metal	Latón	Aluminio	Acero	Acero galvanizado	Zinc	Acero inoxidable	Plomo	Cobre
mV	-240	-860	-650	-1020	-1010	-370	-555	-300

Conclusiones

Parece sorprendente que para proteger el acero usemos el metal con mayor facilidad de oxidación. Esto es debido a que un material se puede oxidar rápidamente pero no llegar a degradarse. Un ejemplo de estos son los aceros inoxidable o los aluminios que el óxido que se crea con tanta facilidad crea una capa alrededor del material que lo protege evitando su oxidación.

Análisis cualitativo

Se puede medir la el grado de oxidación y facilidad de degradación a través de los fenómenos de Nehrs como ya hemos visto. Otra forma es a través de los parámetros intrínsecos que son las pérdidas de masa en unidades de mg/hora en la cual se mide la degeneración del material.

Así mismo también se puede ver el nivel de degradación de un material midiendo el espesor perdido, normalmente en unidades de micras. Estos dos métodos tienen la ventaja de ser mucho más aplicables a nivel ingenieril práctico siendo un método muy práctico de elección del material.

Experiencia

Usaremos el Zinc para esta experiencia, en concreto una muestra con un peso inicial de 13.486 g medido en la balanza de precisión.

Sumergiremos la muestra dos minutos en una disolución del 50 % de Clorhídrico por acelerar el proceso, ya que en la realidad los procesos de oxidación son mucho más lentos.

Después de los dos minutos, la limpieza y el secado de la pieza se procede a su pesado dándonos un peso de 11,763 g .

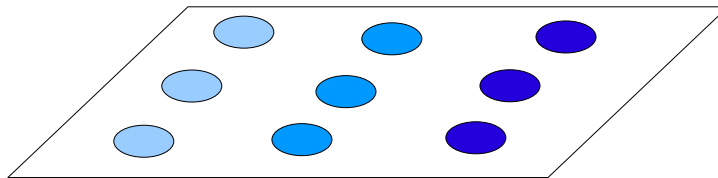
Calculando la cantidad de masa perdida por hora nos da:

$$\frac{13,486 - 11,736 \text{ g}}{2} \text{ min} = 0,875 \text{ g/min} = 52,5 \text{ g/hora}$$

La corrosión más habitual es la corrosión generalizada, más o menos uniforme debido al hecho que, aunque aparentemente es uniforme, la pieza está dispuesta por distintos granos con distintas estructuras cristalinas y orientaciones que hacen una estructura no uniforme.

Por esta misma razón puede pasar que unos granos se comporten de forma de ánodo y otros de forma de cátodo haciendo que el material se corroa.

Para poder apreciar este efecto en una plancha de acero dejaremos unas gotas de agua, agua con sal y agua acidulado al 5% de clorhídrico y lo dejamos un tiempo.



A parte de la corrosión generalizada se pueden dar otros tipos de corrosión como se podrá ver en la chapa de acero. A continuación expondré algunos ejemplos:

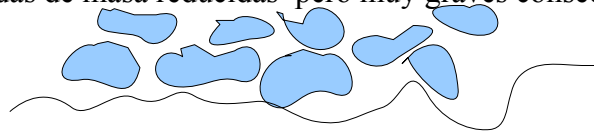
- **Uniforme.** Como ya hemos visto consiste en una oxidación uniforme pero no totalmente lisa, como podemos ver en el esquema:



- **Picaduras.** Esta forma de oxidación en realidad afecta a muy poca masa del material pero es muy peligroso por que crea entallas en el materiales o incluso puede llegar a perforarlo por completo. En un ejemplo apreciado en clase se puede ver como un segmento de una tubería no tiene indicios de corrosión excepto en un punto donde a llegado a perforarlo.



- **Intergranular.** Es cuando la oxidación es selectiva, como por ejemplo en un acero austenítico en el que la oxidación solo ha afectado al borde de grano. Como consecuencias tenemos unas pérdidas de masa reducidas pero muy graves consecuencias.



- **Selectiva.** Cuando en un material aleado la corrosión solo afecta a uno de los metales debido a una diferencia de electronegatividad muy alta como en el caso del Cu-Zn en el que solo se oxida el Zinc quedando únicamente el Cu de la aleación en zonas con rojo predominante.

En la pieza de acero se aprecia unas picaduras muy pequeña de color negro con las gotas de ácido diluido, un tono rojizo de oxidación con el agua con sal y ningún tipo de oxidación evidente con agua.

Corrosión Seca

Experimentaremos este tipo de corrosión a altas temperaturas con acero F-1252, con Monel y con Acero inoxidable austenítico. Colocaremos una muestra de cada material en el horno a una temperatura de 900°C durante unos 10 minutos para posteriormente dejarlas enfriar al aire.

Resultados obtenidos

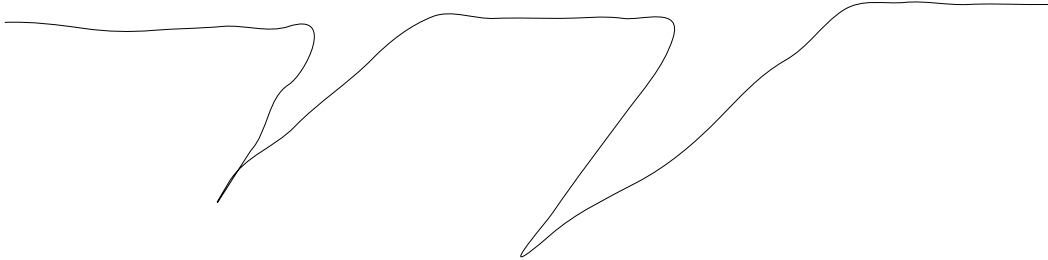
Material	Peso inicial g	Peso final g
Monel	11,679	11,687
F-1252	25,796	25,392
Acero inoxidable	18,922	18,924

Corrosión galvánica

Este tipo de corrosión tienen el mismo principio operativo que la corrosión galvánica, es decir, se produce cuando hay materiales con una muy distinta electronegatividad pero a escala macroscópica. Para evitar este tipo de oxidación lo más sencillo es evitar el contacto entre los dos metales como por ejemplo en el caso de los remaches se suele usar una arandela de plástico.

Corrosión bajo tensión o fatiga

Sería cuando se produce una oxidación pero en condiciones de fatiga o de tensiones. Este tipo de oxidación creará un tipo de defectos muy característicos como por ejemplo los que se ven en la ilustración correspondientes a un material que ha sufrido una oxidación con una carga axil.



Experiencia de recubrimiento por electrolisis.

Para ello podremos una capa de cobre por electrolisis sobre una chapa de latón. El ánodo se coloca sobre una chapa de cobre que se oxidará dejando el electrolito con la misma cantidad de iones cobre en todo momento para no perder la situación de equilibrio. El polo negativo, es decir, el cátodo se colocará la pieza a recubrir, en nuestro caso el latón.

Sumergimos la pieza y aplicamos una intensidad de 25 A por cm^2 . Nosotros podremos una intensidad de 3 amperios. Para que se quede bien fijada la pieza se ha de limpiar bien. Como resultado podemos ver que la parte sumergida en la solución ha quedado de con un apreciable tono rojizo característico del cobre y que la parte no sumergida a quedado igual que antes.



Comparativa Cualitativa ante ácido

Por último compararemos el comportamiento de varios materiales con el ácido Clorhídrico para poder apreciar de forma cualitativa y rápida.

Resultados.

Metal	Comportamiento
Zinc	Fatal, se degrada dejando una capa de óxido negra
Aluminio	Algo de oxidación en forma de picaduras
Latón	También se puede apreciar algo de degradación
Plomo	Se puede ver una ligera oxidación
Acero	Muy difícil de distinguir
Cobre	Al igual que el acero no se aprecia casi nada
Acero Galvanizado	El proceso se come por completo el zinc del recubrimiento dejando el acero
Acero inoxidable	No le pasa absolutamente nada



Vasos de precipitados después de la experiencia. Gracias a la tonalidad obtenida se puede ver a simple vista en cuáles han estado los metales que más han reaccionado.