



Federación
Iberoamericana
de Ingeniería
Mecánica



PASIVACION DE CHAPAS DE ACERO ASTM A-36.

Autores

J. Vergara V.Reyes, J. M. Godoy R. y.
Departamento Mecánica. Universidad de Tarapacá.
18 Septiembre 2222 Arica -e-mail: jvergara@uta.cl.
Arica-Chile.

RESUMEN

Entre las técnicas de pasivación en planchas de acero, el pavonado es un proceso económico de bajo costo que se puede utilizar en piezas y componentes cuando el material no es expuesto en forma directa en un ambiente que acelere la corrosión.

En este trabajo se emplearon diversos pre tratamientos, mezclas químicas para pavonado y el tiempo adecuado en la mezcla. También se hizo un tratamiento de post pavonado a las muestras.

Se demuestra que el tratamiento previo que considera lavado, decapado con ácido clorhídrico, desengrasado con hidróxido de sodio y lavado, es el que entrega mejores resultados. Lo mismo se puede decir de la mezcla de pavonado que incluye hidróxido de sodio y nitrato de potasio. El tratamiento de post pavonado mejora el aspecto de las piezas y las propiedades contra la corrosión.

Una evaluación económica preliminar indica que el metro cuadrado de pavonado tiene un costo de \$ 8.800 (US \$ 160) y puede ser comercializado en un valor cercano a los \$ 13.000 (US \$ 220).

PALABRAS CLAVES: pasivación, pavonado, óxido negro, chapas de acero.

INTRODUCCION.

La corrosión es el deterioro de un material, generalmente metálico, por la acción química o electroquímica del medio ambiente. Como es una reacción química de oxidación, su velocidad dependerá de la temperatura, la salinidad o concentración del fluido en contacto con el metal y las propiedades del metal en cuestión.

La mayoría de los metales se encuentran en la naturaleza en forma de óxidos o sulfatos metálicos. Estos compuestos tienen una energía de formación inferior a la de los metales, por lo tanto, son estables termodinámicamente. Por esta razón, la corrosión es un proceso espontáneo, el metal reacciona con líquidos o gases del medio ambiente. Inversiones en estructuras aéreas, bajo el agua o en la tierra, exigen una durabilidad y resistencia a la corrosión de acuerdo con el nivel de inversión realizada.

Ciertos metales, como por ejemplo el acero inoxidable y el aluminio, tienden a formar películas de óxidos superficiales relativamente estables cuando en contacto con la atmósfera. Estas capas superficiales de óxido son el resultado de cierta pasividad y una vez formadas, reducen considerablemente la velocidad de corrosión del material en un medio corrosivo.

En la práctica, los recubrimientos se obtienen cuando la superficie metálica reacciona con la disolución que está en contacto con el metal. En algunos casos, este proceso utiliza como intermediario la corriente eléctrica, un ejemplo de este proceso, es el anodizado. Algunos de los recubrimientos más utilizados en la industria son: Anodizado. Fosfatado. Pavonado. Cromatizado y Galvanizado

El proceso de pavonado, puede ser realizado vía ácida o alcalina. El proceso ácido es el método que proporciona mejor calidad, durabilidad y aspecto, pero requiere mayor tiempo. Se obtiene mediante la aplicación de ácidos que proporcionan una oxidación superficial de gran adherencia y durabilidad. Además implica un mayor riesgo operacional debido a la toxicidad de los ácidos utilizados.

El método alcalino es simple de aplicar y fue utilizado en este trabajo. Este método puede generalizarse como Método Álcali Cáustico Nitrato, el agente oxidante es el nitrato y a continuación se forma una película delgada protectora sobre la superficie del material. Esta película es principalmente magnetita (Fe_3O_4). Actualmente se comercializa una serie de procedimientos patentados que se basan en este principio. Algunos de ellos incorporan agentes activadores, que dan buenos resultados en cuanto a la duración de la solución. La composición del baño se altera con el uso, debido a la acumulación de sales de hierro u otros elementos que se desprendan del material a pavonar.

La capa superficial de magnetita (Fe_3O_4), es un proceso complementario con buenos resultados. Pavonado de piezas de aceros al carbono en piezas decorativas del hogar, como lámparas, marcos de cuadros, marcos de ventanas, esqueletos de camas. En el ámbito industrial, se usa el pavonado en clavos, engranajes, tubos, partes de máquinas y herramientas, ejes de motores, anillos de pistón, válvulas, componentes ópticos y también en armas de fuego.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

El trabajo de pavonado fue desarrollado en el laboratorio de materiales de la UTA. El material para pavonado fue una chapa de acero A-36 con las siguientes dimensiones: 100cm x 50cm y de 2mm de espesor. Con una guillotina se cortaron probetas de 5cm x 7,5cm. Para asegurarlas durante el pavonado y el ensayo en el banco de prueba de corrosión, las probetas fueron agujereadas con una broca de 3mm en la parte superior.

Cualquier elemento en la superficie de la chapa tendrá alguna influencia, materiales extraños en la superficie ocasionan defectos en el recubrimiento, en el aspecto de adherencia, resistencia a la corrosión, continuidad del recubrimiento y también en el aspecto estético final.

Las impurezas sólidas pueden provenir de etapas anteriores como: fabricación de la pieza, almacenamiento, mecanizado. Se debe hacer la selección del procedimiento más adecuado para la eliminación de estas impurezas en la superficie.

Las impurezas de tipo orgánico suelen ser residuos de los lubricantes empleados en las operaciones de conformado y tratamientos térmicos previos, humectantes, pinturas, barnices, etc. Las impurezas de tipo inorgánico están conformadas por hidróxidos y carburos, formados en los tratamientos mecánicos y térmicos.

Es importante realizar una buena limpieza superficial antes del proceso de pavonado, ya que los resultados finales dependen de la preparación previa. Un buen tratamiento previo, alarga la vida del baño de pavonado. En este trabajo se utilizaron tres tipos de tratamiento de limpieza:

Tratamiento Nº 1.

a) Limpieza y pulido:

Las probetas se limpian y se liján cuando es necesario. Se lavan con agua y detergente. Se enjuagan con agua destilada y son secadas con un paño.

b) Inmersión en Ácido Clorhídrico:

Se prepara una solución con ácido clorhídrico al 10%, las probetas permanecen un tiempo de 30 minutos. A esta operación se le denomina decapado.

c) Lavado: Se enjuagan en agua limpia y luego son secadas.

d) Inmersión en alcohol: Para evitar el proceso de oxidación antes del proceso de pavonado, las probetas son pulverizadas con alcohol.

Tratamiento N° 2.

a) Limpieza y Pulido:

Las probetas se limpian y se liján cuando es necesario. Se lavan con agua y detergente. Se enjuagan con agua destilada y son secadas con un paño.

b) Desengrasado: En un recipiente se mezcla soda cáustica (Hidróxido de Sodio) hasta saturación. Las probetas son introducidas en el baño y se calienta hasta la ebullición de la mezcla. Permanecen un tiempo de 10 minutos.

c) Lavado: Se enjuagan en agua destilada caliente, las probetas son agitadas para una completa eliminación de la solución de desengrasante. Se secan las probetas mediante un secador o con un paño limpio.

Tratamiento N° 3.

a) Limpieza y Pulido:

Las probetas se limpian y se liján cuando es necesario. Se lavan con agua y detergente. Se enjuagan con agua destilada y son secadas con un paño.

b) Inmersión en Ácido Clorhídrico:

Se prepara una solución con ácido clorhídrico al 10%, las probetas permanecen un tiempo de 30 minutos. A esta operación se le denomina decapado.

c) Desengrasado:

En un recipiente se mezcla soda cáustica (Hidróxido de Sodio) hasta saturación. Las probetas son introducidas en el baño y se calienta hasta la ebullición de la mezcla. Permanecen un tiempo de 10 minutos.

d) Lavado:

Se enjuagan en agua destilada caliente, las probetas son agitadas para una completa eliminación de la solución de desengrasante. Se secan las probetas mediante un secador o con un paño limpio.

En un jarro de acero inoxidable de 1,5 litros se prepararon las diversas mezclas de pavonado. Una vez alcanzada la temperatura de trabajo, se introducía las probetas durante un tiempo determinado. El calentamiento de la solución fue realizado en una cocina portátil a gas. La temperatura fue medida con termópar de cromel-alumel. A continuación se indican las mezclas de pavonado alcalino utilizadas, fueron utilizadas tres mezclas diferentes:

Pavonado A: Tabla N°1.- Método Hidróxido de Sodio, Nitrato de Sodio.

NaOH	900 g
NaNO ₃	300 g
H ₂ O	1200 cm ³
Temperatura	138°C – 143 °C

Pavonado B: Tabla N°2.- Método Hidróxido de Sodio, Nitrato de Potasio.

NaOH	1200 g
KNO ₃	360 g
H ₂ O	1200 cm ³
Temperatura	138°C – 143 °C

Pavonado C: Tabla N°3.- Método Hidróxido de Sodio, Nitrato de Potasio, Nitrato de Sodio.

NaOH	1200 gr
NaNO ₃	36 gr
KNO ₃	36 gr
H ₂ O	1200 cm ³
Temperatura	128°C – 133 °C

Las probetas pavonadas fueron evaluadas mediante su aspecto estético y la resistencia a la corrosión en un banco prueba. Después del pavonado se verificó que un tratamiento de post pavonado mejora el aspecto estético de las probetas y aumenta levemente la resistencia a la corrosión. En la Figura N° 1, se muestra un vaso de precipitado que hace parte del ensayo de corrosión de las probetas en el banco de prueba. Una serie de probetas fueron expuestas al medio ambiente para observar el efecto de la corrosión con el tiempo.



Figura N° 1.Banco de Prueba para ensayo de corrosión.

RESULTADOS.

Selección del Tratamiento.

Se hizo una serie de experimentos. Se fijó el tiempo de pavonado en 25 minutos y se hicieron 9 experimentos variando el tratamiento y el pavonado. El mejor tratamiento fue definido, como la menor pérdida de peso de las probetas en el ensayo de resistencia a la corrosión en un banco de pruebas. Usando una solución de agua destilada con pH 7 a una temperatura de 21°C durante 96 horas.

La menor variación de peso de las probetas corresponde al tratamiento N°3, para los tres tipos de pavonado, el porcentaje menor equivale al 0,18% y corresponde al pavonado B.

Selección de la mezcla de Pavonado.

Se repiten nuevamente parte de los experimentos con el tratamiento N°3, variando solamente el tipo de pavonado.

El mejor proceso se determina midiendo la menor pérdida de peso de las probetas usando en el banco de pruebas una solución de agua destilada con pH 7 a una temperatura de 21°C durante 96 horas. Nuevamente el menor porcentaje de pérdida es 0,18% y se obtiene con el tratamiento N ° 3 y el pavonado tipo B.

Selección del tiempo de pavonado

Se realiza una serie de experimentos utilizando el tratamiento N° 3 y la mezcla de pavonado B. Los tiempos de pavonado son 10, 20 y 30 minutos. Se utiliza el banco de pruebas de corrosión, utilizando agua de la red con pH 7.

En el Gráfico N° 1, se observa la pérdida de peso de las probetas durante 9 días (216 horas). Se hicieron medidas cada 24 horas, se utilizó la probeta A sin pavonar como referencia.

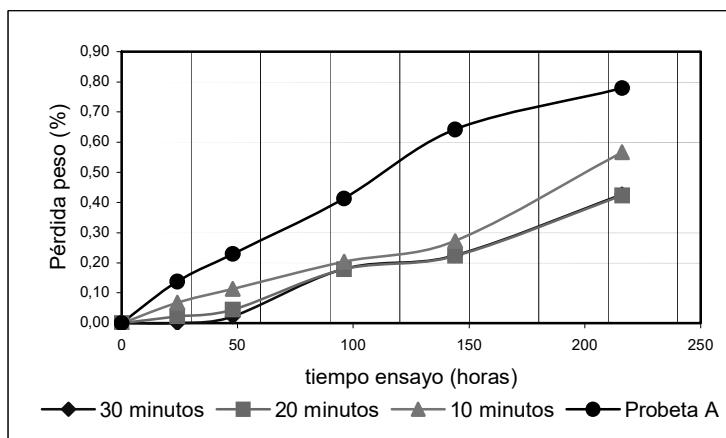


Gráfico N°1.- Ensayo de corrosión con agua de la red, pH7.

En el gráfico se observa que la menor pérdida de peso en las probetas corresponde al pavonado de 20 y 30 minutos. Se observa que el pavonado con 10 minutos tiene una mayor pérdida de material pero inferior a la probeta sin pavonar.

Al hacer un nuevo ensayo de corrosión ahora con agua de mar, se observa en el Gráfico N° 2, que la pérdida de peso aumenta en las cuatro probetas ensayadas, y la que indica la menor pérdida corresponde al pavonado con 30 minutos.

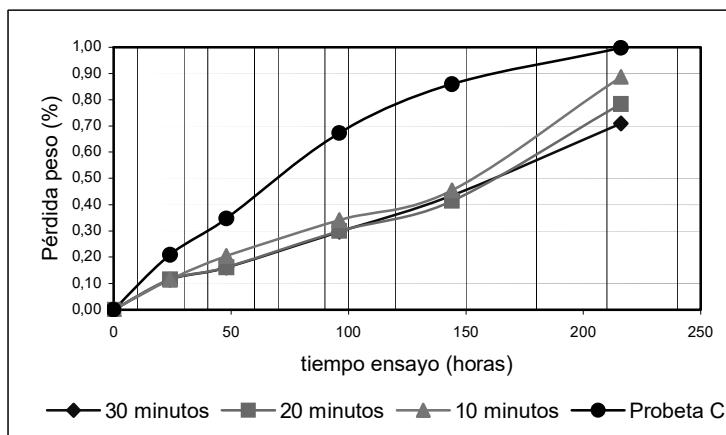


Gráfico N°2.- Ensayo de corrosión con agua de mar.

Efecto de un post Tratamiento.

Para evaluar el efecto de un post tratamiento, una vez que las chapas han sido lavadas y secadas, son colocadas en aceite SAE 30 durante 30 minutos. En el gráfico N° 3 se observa el porcentaje de pérdida de peso de las probetas con post tratamiento para las mismas condiciones que el gráfico N° 1.

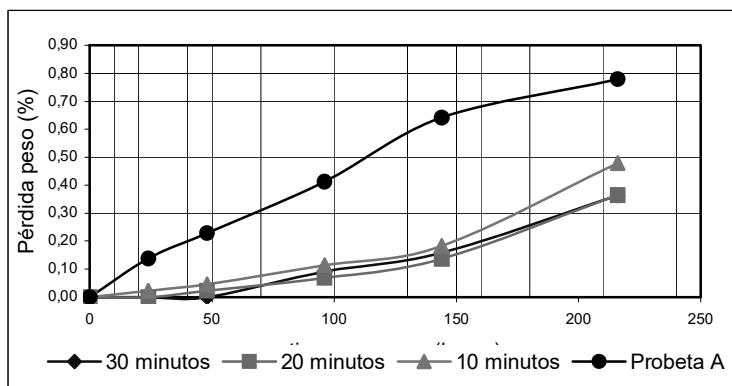


Gráfico N° 3.- Ensayo de corrosión con agua de la red pH7. Con Post Tratamiento

En el gráfico N° 3 se observa que la pérdida de peso para las probetas con 10, 20 y 30 minutos disminuye entre el 10 y 15% cuando se comparan probetas sin y con post tratamiento. La disminución en la pérdida de peso de las probetas también se observa en el Ensayo de Corrosión con agua de mar, la pérdida de peso es menor para la probeta con 30 minutos de pavonado. Esto se observa en el Gráfico N° 4.

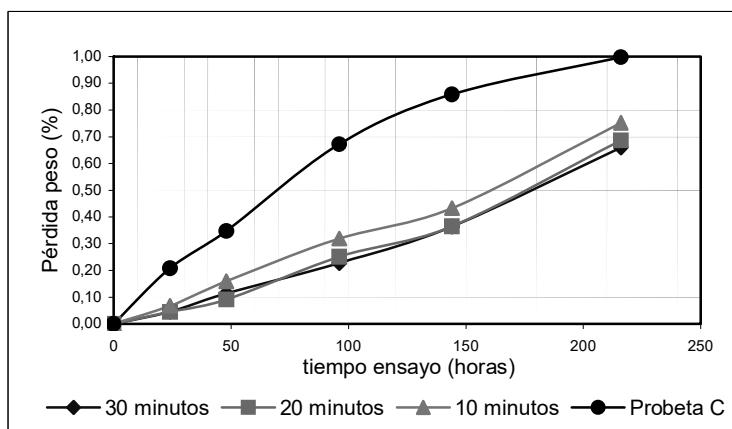


Gráfico N° 4.- Ensayo de corrosión en agua de mar. Con Post Tratamiento.

Evaluación Económica

Una evaluación económica preliminar considera reactivos, insumos y equipos básicos. Si se estima que la vida útil del baño de pavonado, la solución de decapado de ácido clorhídrico y la solución de desengrasar de soda cáustica es de 0,6 metros cuadrados por litro, el metro cuadrado de pavonado tiene un costo de \$ 8.800 (US \$ 160) y puede ser comercializado en un valor cercano a los \$ 13.000 (US \$ 220).

Aspecto Estético de las Probetas.

Probetas con pavonado expuestas al medio ambiente en el puerto de Arica.



a) Pavonado con post tratamiento
al ambiente durante 25 dias.



b) Pavonado sin Post Tratamiento
al ambiente durante 25 dias.

Figura N° 2. Diversas Calidades de Pavonado.

CONCLUSIONES.

Se ha verificado que el tratamiento óptimo para pavonado incluye un decapado (con ácido clorhídrico) y un desengrasado (con soda cáustica).

La mezcla para pavonado que incluye hidróxido de sodio y nitrato de potasio fue la más efectiva. Esta mezcla considera una mayor cantidad de reactivo por volumen de solución.

Las probetas con Post pavonado tienen un mejor comportamiento contra la corrosión que las probetas sin post tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Román Font Pérez. Tesis de Grado “Pavonado, evaluación del proceso y resistencia a la corrosión.”, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad Ingeniería Mecánica. Guayaquil. Ecuador 1991.
2. Jorge Vergara Díaz. “Curso de Fosfatizado y Pinturas”. Corporación para el Desarrollo de la Ingeniería –CODING. Arica. Chile. 2000.
3. B.G.Mellor “Surface Coating for Protection against Wear”. Woodhead Publishing Limited., Cambridge .England 2006.