

PINTURAS ANTICORROSIVAS APLICADAS SOBRE ACERO PRETRATADO CON SILANOS

Cecilia Deyá

CIDEPINT (Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas)
Calle 52 entre 121 y 122 (B1900 AYB) La Plata, Buenos Aires
Correo electrónico: estelectro2@cidepint.gov.ar

Introducción

Los silanos han sido estudiados como protectores temporarios y como promotores de adhesión entre pinturas anticorrosivas y sustratos metálicos [1-3]. El mecanismo general para mejorar la adhesión es la formación de enlaces covalentes entre la molécula de silano y el metal, por un lado, y entre el silano y la resina de la pintura anticorrosiva, por otro (Figura 1).

El mercaptopropiltrimetoxisilano (Figura 2) ha sido ensayado con buenos resultados como protector temporario en el caso del acero y del acero galvanizado mientras que el glicidoxipropiltrimetoxisilano y el aminopropiltrimetoxisilano han sido estudiados como promotores de adhesión [1-3].

El objetivo de este trabajo fue el de estudiar el MTMO como promotor de adhesión entre el acero y una pintura epoxídica de base acuosa.

Metodología

La solución de silano se preparó disolviendo mercaptopropiltrimetoxisilano (MTMO) en una solución que contenía 60% en volumen (v/v) de metanol y 40% v/v de agua destilada, de pH 4. Luego de 48 ó 72 horas de hidrólisis en constante agitación (pretratamientos A y B, respectivamente), la solución obtenida fue diluida con la misma solución metanol-agua destilada a fin de obtener una concentración final de MTMO de 4%v/v. Luego de la dilución, se agregaron aditivos inhibidor de "flash rusting" y humectante, 0,5% y 0,03%, en peso, respectivamente.

Paneles de acero SAE 1010 previamente arenado hasta grado Sa 21/2 (SIS 0559 00) fueron sumergidos durante 1 min en la solución de MTMO hidrolizado. Las muestras fueron curadas en forma horizontal en una estufa a $80\pm 2^\circ\text{C}$ durante 10 min [4]. Este procedimiento se repitió 3 veces, ya que resultados anteriores indicaron que se lograba un mejor cubrimiento del sustrato. Las muestras fueron pintadas con pincel con una pintura epoxídica de base acuosa hasta un espesor final de película seca de 85 μm (ASTM B 499). Se pintaron también muestras de sustrato sin pretratar, como control.

A fin de estudiar el comportamiento protector de los distintos sistemas silano-pintura anticorrosiva se realizaron ensayos electroquímicos (potencial de corrosión y resistencia iónica) y ensayos de exposición a la cámara de niebla salina (ASTM B 117) y a la cámara de humedad (ASTM D 2247). En estas cámaras se evaluaron el grado de corrosión (ASTM D 610) y el de ampollado (ASTM D 714) en función del tiempo de exposición. Se determinaron, además, con el método de la cuadrícula (ASTM D 3359), la adhesión seca y la adhesión húmeda luego de determinado tiempo de exposición en cámara de niebla salina. A fin de evaluar el avance de la corrosión a partir de una zona dañada (ASTM D 1654) se expusieron en cámara de niebla salina paneles a los cuales se les hizo un corte en cruz hasta llegar al sustrato.

Las medidas de potencial de corrosión se realizaron empleando NaCl 0,5M como electrolito soporte y un electrodo de calomel saturado como referencia. La resistencia

iónica entre el sustrato pintado y un electrodo de platino fue medida con un conductímetro ATI Orion, Modelo 170, con una frecuencia de 1000 Hz.

Resultados y discusión

El potencial de corrosión de los paneles pretratados se encuentra desplazado aproximadamente 150mV hacia valores más positivos con respecto al potencial de los paneles sin pretratamiento durante todo el periodo de ensayo (Figura 3).

La resistencia iónica de los sistemas cae, en el caso de las muestras pretratadas, aproximadamente 2 veces durante los primeros 3 días de ensayo. Luego, la disminución es menos abrupta y sigue la misma tendencia que las muestras sin pretratamiento (Figura 4).

En estos ensayos puede verse la protección anticorrosiva y de barrera brindada por el sistema silano-pintura, sin que haya una diferencia significativa entre los pretratamientos estudiados.

Los resultados de exposición a la cámara de niebla salina (Tabla 1) muestran que el pretratamiento A protege el sustrato completamente hasta las 1300 horas mientras que en el caso del pretratamiento B la protección completa dura hasta las 1800 horas de exposición. En ningún caso aparecieron ampollas. En el caso del control, la protección falla luego de 340 horas en la cámara de niebla salina.

La exposición en la cámara de humedad, Tabla 1, resultó en el ampollado de la pintura aplicada sobre acero sin pretratar luego de 340 horas. Transcurridas 500 horas de ensayo, los paneles con pretratamiento A presentaron un grado de ampollamiento 8M mientras que los pretratados con pretratamiento B continuaban sin presentar ampollas. En este último caso las ampollas aparecieron luego de 1300 horas de exposición. Sólo los paneles con el pretratamiento B presentaron puntos de corrosión luego de 1300 horas y fueron calificados con 7.

Antes de la exposición a la cámara de niebla salina, todos los paneles presentaron la máxima adhesión (Tabla 2). Luego de 500 horas de exposición, los paneles pretratados perdieron parte de la adhesión, mientras que en el caso de los paneles sin pretratamiento, la adhesión permaneció constante. Hay que destacar, sin embargo, que a pesar de la pérdida de adhesión de la pintura a los paneles pretratados, éstos estuvieron protegidos hasta las 1800 horas de ensayo.

El avance de la corrosión desde el corte fue más importante en el caso de las muestras pretratadas que en el control (Tabla 3 y Figura 5).

En los ensayos acelerados en cámaras puede observarse la mayor protección brindada por el sistema silano-pintura anticorrosiva frente al sistema que no tenía silano. Sin embargo, en los ensayos de adhesión y de protección frente a un daño, el sistema control presentó un mejor comportamiento mostrando que la presencia de silano, disminuye la adhesión de la pintura al sustrato. Esto puede deberse a que el arenado logra una muy buena preparación superficial y se produce una buena interacción entre el sustrato metálico y la resina epoxídica de la pintura anticorrosiva. La presencia de silano en la interfaz interrumpe esta interacción y no mejora la adhesión, pero sí la protección brindada por la pintura.

Conclusiones

- El mercaptopropiltrimetoxisilano no funciona como promotor de adhesión entre el acero arenado y la pintura epoxídica de base acuosa en ambientes agresivos, pero sí mejora la protección anticorrosiva brindada por la pintura.

- La presencia de silano en la interfaz metal - pintura disminuye la aparición de ampollas cuando el sistema es expuesto a un ambiente con 100% de humedad relativa.
- No existen diferencias significativas entre pretratar el acero con mercaptopropiltrimetoxisilano hidrolizado 48 ó 72 horas.

Bibliografía

- [1] E. Petrie, 2007. *Metalfinishing* Julio/Agosto, 85-93.
 [2] B. Chico, D. de la Fuente, M. L. Pérez, M. Morcillo, 2012. *J. Coat. Tech. Research*, 9 (1) 3-13.
 [3] M.N. Sathyanarayana, M. Yaseen, 1995. *Prog. Org. Coat*, 26, 275-313.
 [4] V. Bexell, T.M. Grehk, 2007. *Surf. Coat. Techn.*, 201 4734-4742.

Agradecimientos

La autora agradece al CONICET por el financiamiento (PIP 2010-2013) para llevar a cabo el presente trabajo, a la CICPBA y a la Facultad de Ingeniería de la UNLP por el apoyo recibido y a Andrés Campbell, de Camsi X, por el suministro del silano.

Tabla 1. Grado de corrosión y de ampollado de los paneles expuestos a cámara de niebla salina y a cámara de humedad*

Paneles	Cámara de niebla salina						Cámara de humedad		
	Tiempo de exposición (horas)						Tiempo de exposición (horas)		
	340		1300		1800		340	500	1300
	C	A	C	A	C	A	A	A	A
Sin pretratamiento	9P	10	9P	10	9P	10	8D	8D	6D
Pretratamiento A	10	10	9P	10	9P	10	10	8M	6MD
Pretratamiento B	10	10	10	10	10	10	10	10	8M

*C, grado de corrosión ASTM D 610. Calificación 10: no se observan puntos de corrosión; calificación 9P: puntos individuales de tamaño muy pequeño, cubren entre el 0,03 y el 0,1% de la superficie del panel.

A, grado de ampollado (ASTM D 714). Densidad de ampollado D: denso, MD: medio denso, M: medio; tamaño de ampollas 8, el más pequeño perceptible a con ojo desnudo; 6: pequeño.

Tabla 2. Adhesión de la pintura al sustrato (ASTM D 3359)[&]

Paneles	0 horas	500 horas
Sin pretratamiento	5B	5B
Pretratamiento A	5B	2B

Pretratamiento B	5B	2B
------------------	----	----

& Calificación 5B: ningún desprendimiento; 2B: se desprendió entre el 15 y el 35% de la pintura.

Tabla 3. Avance de la corrosión a partir de la zona dañada (ASTM D 1654)[#]

Paneles	340 horas	1300 horas	1800 horas
Sin pretratamiento	9	9	9
Pretratamiento A	9	8	7
Pretratamiento B	9	8	7

[#]Calificación 9: desde el corte, la corrosión avanzó entre 0 y 0,5 mm; calificación 8: la corrosión avanzó entre 0,5 y 0,7 mm; calificación 7: la corrosión avanzó entre 1,0 y 2,0 mm.

Figura 1. Esquema de adhesión de la pintura anticorrosiva al sustrato metálico.

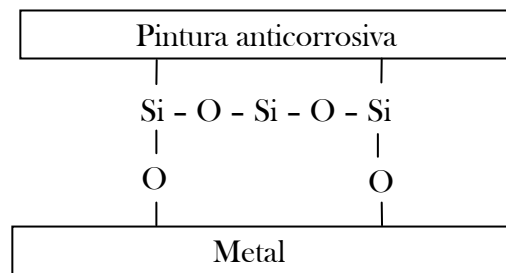


Figure 2. Mercaptopropiltrimetoxisilano (MTMO)

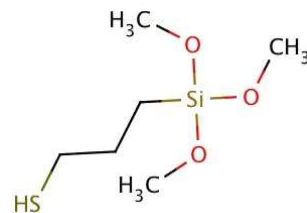


Figura 3. Potencial de corrosión en función del tiempo de los paneles pintados

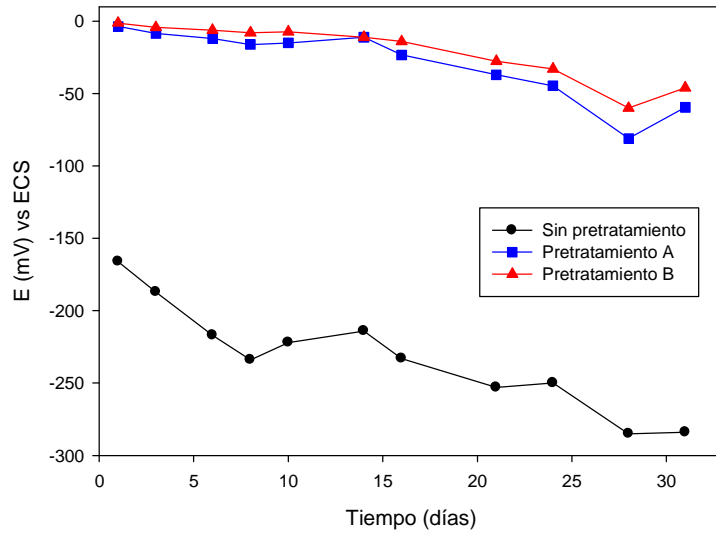


Figura 4. Resistencia iónica en función del tiempo de los paneles pintados

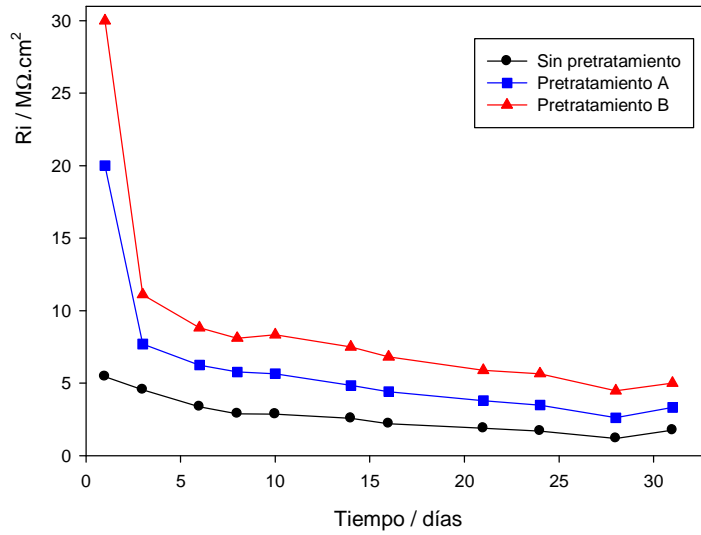


Figura 5. Fotografía de los paneles expuestos a la cámara de niebla salina luego de 1800 horas de exposición.
a) control, b) pretratamiento A, c) pretratamiento B

