



2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

NANOPARTÍCULAS DE CIRCONIA DOPADAS CON NITRATO DE CERIO EN RECUBRIMIENTOS HÍBRIDOS SOL GEL: EFECTO EN LA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DE LA ALEACIÓN DE ALUMINIO 2024-T3.

E. González Sánchez, E. Vargas Rojas, A. Monsalve González, M. Páez Collio.

Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile.
Casilla 40, Correo 33, Santiago, Chile. e-mail: evelynag23@yahoo.com

La presente investigación estudia el comportamiento electroquímico de una aleación de aluminio cobre AA 2024-T3 sometida a tratamientos superficiales de protección a la corrosión mediante la utilización de recubrimientos poliméricos de tipo inorgánico utilizando como precursor TEOS (trietoxiortosilicato) y el híbrido orgánico-inorgánico (trietoxioctilsilano y trietoxiortosilicato) los que fueron sintetizados a partir de la técnica sol gel, el trabajo contempla principalmente variaciones en las razones de los precursores, agua y la evaluación de los tiempos de envejecimiento del sistema en estudio, como también, la incorporación de distintas concentraciones de un inhibidor de corrosión como el $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ y la influencia de la presencia de nanopartículas de circonia, también sintetizadas mediante la técnica sol gel y dopadas con $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ en el carácter protector final del recubrimiento.

Previo a la aplicación de los recubrimientos las superficies metálicas de la aleación AA 2024-T3 fueron sometidas a dos tratamientos de limpieza; pulido mecánico y pulido químico con el fin de obtener superficies de morfología uniforme y garantizar así la adherencia de las películas protectoras.

Los diferentes recubrimientos fueron aplicados mediante la inmersión de probetas durante quince minutos en los diferentes sistemas sol gel. El comportamiento electroquímico fue estudiado vía polarización potenciodinámica y medidas de potencial de circuito abierto (OCP) en una solución de NaCl 0.1 M. Las curvas de polarización mostraron grandes diferencias en la eficiencia de los recubrimientos al realizar cada uno de los tratamientos de limpieza al igual que al variar las condiciones experimentales llegando a obtener una disminución de la densidad de corriente de hasta cuatro órdenes de magnitud respecto al blanco.

La caracterización morfológica y de composición química del sustrato metálico sometido a tratamiento superficial mecánico - químico y luego de ser recubiertos con los diferentes sistemas sol gel fue realizada mediante microscopía electrónica de barrido SEM - EDX.

De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos mediante polarización potenciodinámica fue posible observar que al agregar un componente orgánico al polímero inorgánico TEOS la corriente de corrosión experimentó una notable disminución demostrando que la película híbrida



2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

TEOS-TEOCS se comporta como un mejor recubrimiento anticorrosivo de la aleación AA 2024-T3 como se muestra en la figura 1.

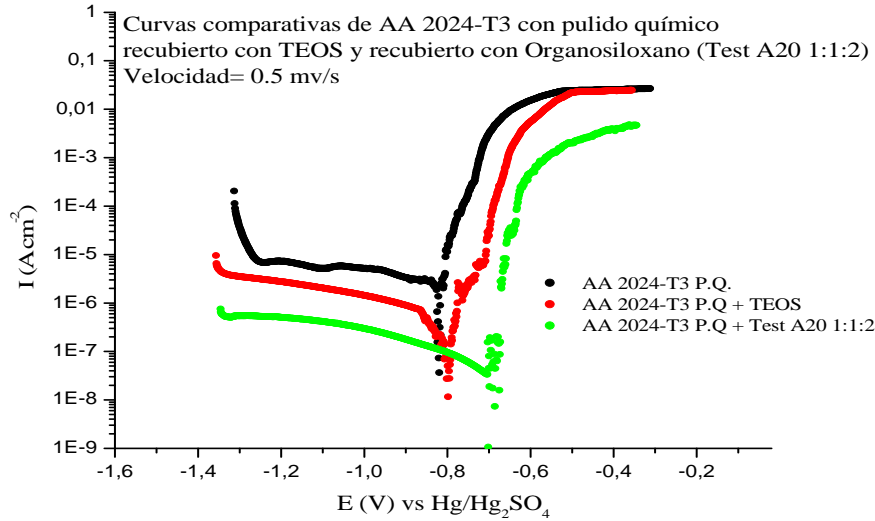


Figura 1: Curvas de polarización de probetas de AA 2024-T3 recubiertas con el polímero inorgánico TEOS y con el polímero híbrido TEOS-TEOCS A20 1:1:2 (20 % de H₂O y razón en volumen de precursores TEOCS:TEOS: Propanol 1:1:2) en NaCl 0.1 M.

Tabla I: Parámetros de corrosión de los recubrimientos sol gel inorgánico e híbrido en NaCl 0.1 M.

	AA 2024-T3 P.Q.	AA 2024-T3 P.Q. +TEOS t=0	AA 2024-T3 P.Q. + Híbrido A20 112 t=0
Er	-0.83	-0.80	-0.69
Ecorr	-0.82	-0.82	-0.70
Icorr	4.01*10 ⁻⁶	5.15*10 ⁻⁷	5.15*10 ⁻⁸
% E	-----	87.16	98.7

Er= Potencial de reposo (V), Icorr= Densidad de corriente de corrosión (A cm⁻²), Ecorr= Potencial de corrosión (V) y %E= Porcentaje de inhibición.

De acuerdo a los resultados de la tabla I es posible apreciar que la corriente de corrosión disminuye en un orden de magnitud respecto al blanco con el recubrimiento inorgánico TEOS, mientras que con el recubrimiento híbrido esta disminución de la corriente llega a dos ordenes de magnitud con un 98.7 % de eficiencia anticorrosiva. Lo anterior podría ser atribuido al mayor carácter hidrofóbico de las películas híbridas haciéndolas más resistentes a la degradación por parte del electrolito, además de aumentar el impedimento estérico de la película debido a las cadenas hidrocarbonadas octil, las cuales impedirían el paso de las especies corrosivas a la interfase recubrimiento/electrolito.



2º ENCUESTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

Dentro de los factores que presentaron un mayor efecto en la eficiencia anticorrosiva de los recubrimientos híbridos sintetizados se encuentra la concentración de agua, razón de precursores y tiempo de envejecimiento del sol antes de ser aplicado.

En la figura 2 se muestran las curvas de polarización del recubrimiento híbrido A10 1:1:2 aplicado a las probetas de AA 2024-T3 luego de diferentes tiempos de envejecimiento.

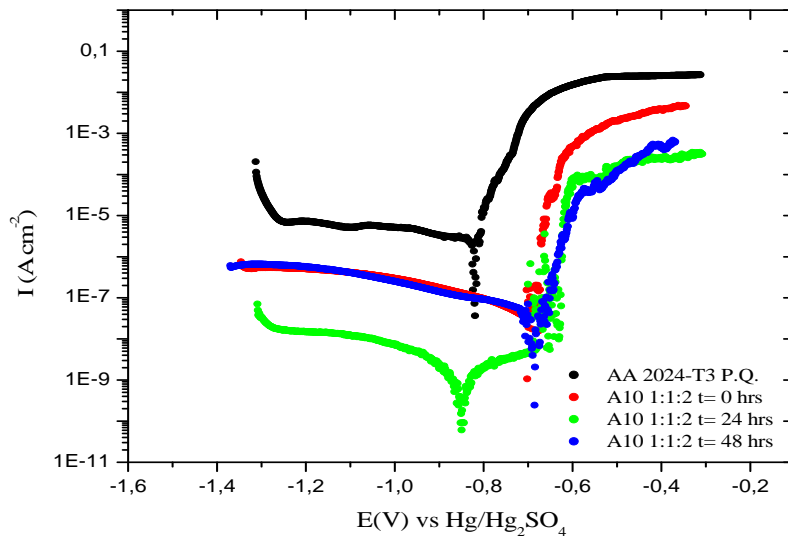


Figura 2: Curvas de polarización de probetas de AA 2024-T3 recubiertas con el polímero híbrido TEOS-TEOCS A10 1:1:2 a diferentes tiempos de envejecimiento del sol.

Tabla II: Parámetros de corrosión del recubrimiento híbrido sol gel A10 1:1:2 a diferentes tiempos de envejecimiento.

	AA 2024-T3 P.Q.	A10 1:1:2 T=0 hr	A10 1:1:2 T=24 hrs	A10 1:1:2 T=48 hrs
Er	-0.83	-0.67	-0.85	
Ecorr	-0.82	-0.70	-0.84	-0.67
Icorr	$4.01 \cdot 10^{-6}$	$5.15 \cdot 10^{-8}$	$8.29 \cdot 10^{-10}$	$4.27 \cdot 10^{-8}$
% E	-----	96.54	99.98	98.93

De acuerdo a los resultados de la tabla II es posible concluir que a 24 horas de envejecimiento el recubrimiento híbrido presenta las mejores propiedades protectoras debido a su mayor grado de entrecruzamiento y viscosidad comparado con el sol sin envejecer. Por otro lado también se



2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

observa que a 48 horas la eficiencia disminuye en dos ordenes respecto al sistema envejecidos 24 hrs debido al aumento de la viscosidad

de este y probablemente a la disminución de grupos funcionales –OH disponibles para el anclaje a la superficie metálica lo que disminuiría su adherencia a esta última.

Otro de los puntos importantes estudiados en este trabajo es el efecto del inhibidor de corrosión en la eficiencia del recubrimiento híbrido y como cambia su comportamiento electroquímico dependiendo de la concentración de inhibidor y el tiempo al cual este es adicionado. En la figura 3 es posible apreciar este comportamiento.

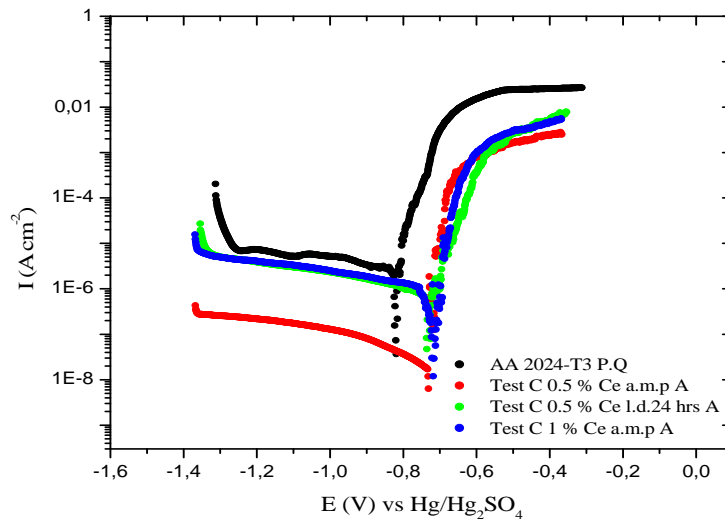


Figura 3: Curvas de polarización de probetas de AA 2024-T3 recubiertas con el polímero Híbrido TEOS-TEOCS dopado con diferentes concentraciones de nitrato de cerio agregados al momento de preparar el híbrido (a.m.p.) y luego de 24 horas de haberlo preparado (l.d. 24 hrs) en NaCl 0.1 M.

Tabla III: Parámetros de corrosión del recubrimiento híbrido TEOS-TEOCS dopados con diferentes concentraciones de inhibidor adicionados a tiempos diferentes.

	AA 204-T3 P.Q	Test C 0.5 % Ce(NO ₃) ₃ al momento de preparar el híbrido	Test C 0.5 %Ce(NO ₃) ₃ luego de 24 hrs de preparar el híbrido	Test C 1% Ce(NO ₃) ₃ al momento de preparar el híbrido
Er	-0.83	-0.73	-0.72	-0.74
Ecorr	-0.82	-0.74	-0.71	-0.70
Icorr	4.01*10 ⁻⁶	7.43*10 ⁻⁸	5.44*10 ⁻⁷	9.22*10 ⁻⁷
% E	-----	98.14	86.43	77.01



**2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.**

A partir de los resultados presentados en la tabala III es posible apreciar que el recubrimiento presenta mayor disminución de la corriente de corrosión cuando son adicionadas menores cantidades de nitrato de cerio y cuando este es adicionado al momento de preparar el híbrido, las razones de esto último se encuentran en estudio al

igual que el efecto de adicionar el inhibidor mediante el dopaje del híbrido con nanopartículas de circonia ,también sintetizadas por la técnica sol gel, a las cuales se les ha dopado previamente con este inhibidor.

Cabe decir que esta investigación se encuentra en la etapa de encontrar la matriz híbrido más óptima para ser dopada variando algunos de los factores experimentales ya señalados. Finalmente se estudiará el efecto como nanodepósito de un inhibidor de corrosión de las nanopartículas de circonia agregadas a una matriz híbrida TEOS-TEOCS.