

Investigación de mezclas inhibidoras en base a molibdato de sodio. Parte I. Evaluación de su eficiencia

A. CEPERO

*Dpto. de Corrosión, Centro Nacional de Investigaciones Científicas,
Ciudad de La Habana, Cuba*

Recibido: 20 de febrero de 1983

ABSTRACT. The effectiveness of different inhibitors and inhibitory compositions based on sodium molybdate were evaluated by weight loss tests and stationary potentials measurements of carbon steel CT-3 samples. The experiments were performed in the laboratory in static and dynamic conditions, at room temperature. The synergetic effect of the composition molybdate-phosphate-zinc (50-50-2 mg/L) was determined.

RESUMEN. Mediante ensayos de pérdida de peso y medición de potenciales se evaluó la eficiencia de varios inhibidores y mezclas en base a molibdato de sodio, en probetas de acero al carbono CT-3. Los experimentos se realizaron en condiciones estáticas y de agitación, a temperatura ambiente, a nivel de laboratorio. Se comprobó el efecto sinérgico de la mezcla molibdato-fosfato-zinc (50-50-2 mg/L) en condiciones dinámicas.

INTRODUCCION

A lo largo de los años, los cromatos y dicromatos se han empleado satisfactoriamente en la lucha contra la corrosión en los sistemas de recirculación de agua, siendo considerados como uno de los inhibidores más efectivos en los sistemas de enfriamiento industriales. Sin embargo, su elevada toxicidad ha provocado una disminución de su uso.

El molibdato de sodio está clasificado como un inhibidor anódico, capaz de disminuir la corrosión del hierro¹ y además se sabe que no es tóxico. No obstante, se plantea que para lograr niveles adecuados de eficiencia se requieren grandes cantidades del mismo, lo que unido a su mayor costo comparado con el cromato², ha limitado su empleo en la práctica industrial.

Aunque el efecto sinérgico se observa claramente en los medios ácidos al emplear inhibidores orgánicos, en los medios neutros se ha investigado muy poco^{1,3,4}.

El objetivo del presente trabajo, fue evaluar la eficiencia inhibidora de diversas mezclas que contenían molibdato de sodio, manteniendo la concentración del mismo en niveles comparables a los utilizados comúnmente en el tratamiento de aguas, para lograr formulaciones que produjeran una adecuada inhibición a un costo competitivo con otros métodos de tratamiento ya establecidos.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron probetas de acero CT-3 de $A = 21 \text{ cm}^2$, las cuales se pulieron con papel esmeril hasta grado 400, se enjuagaron con agua destilada y se desengrasaron con acetona.

Las determinaciones se hicieron por pérdidas de peso en inmersión completa en condiciones estáticas y de agitación (Fig. 1), a temperatura ambiente.

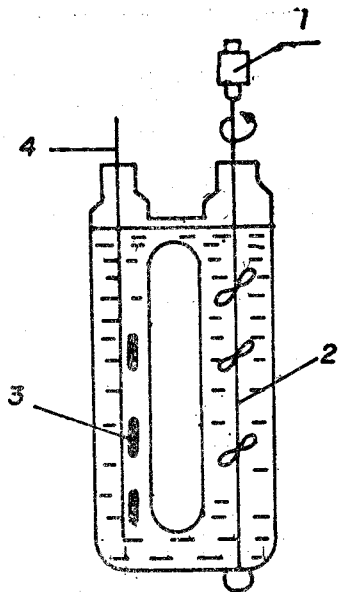


Fig. 1. Esquema de la instalación para las evaluaciones de la corrosión en condiciones de agitación. 1. motor, 2. agitador, 3. probetas, 4. soporte

Para la determinación del peso final (la variación se obtuvo con una precisión de 10^{-4} g) las probetas se decaparon con una solución limpiadora ($5 \text{ \% HCl} + 5 \text{ g/L}$ urotropina + 2 mL/L formaldehído en 1 L), se enjuagaron con agua destilada, se pasaron por acetona y se guardaron durante 24 h en una desecadora.

Se determinó el potencial estacionario al comienzo y al final del ensayo. Los valores fueron referidos al electrodo normal de hidrógeno.

Se realizó un ensayo en una instalación semi-industrial. La temperatura de trabajo fue de $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, la velocidad de flujo de 1 m/s y el volumen de solución utilizado fue de 35 L .

La composición química del agua utilizada fue dada a conocer con anterioridad⁵.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla I se muestran la composición química y la concentración de las mezclas investigadas y de las sustancias individuales, así como los

resultados de los ensayos de corrosión en condiciones estáticas y de flujo.

TABLA I

Velocidad de corrosión y potenciales estacionarios del acero en presencia de los inhibidores individuales y las mezclas
 φ_i y φ_f potenciales inicial y final en condiciones estáticas

No.	Inhibidor (mg/L)	Velocidad de corrosión, g/m ² h		Potencial, mV (ENH)	
		Flujo t = 6 h	Estático t = 30 d	φ_i	φ_f
1	—	1,33	0,062	— 170	— 455
2	CrO ₄ ²⁻ — 3				
	PO ₄ ³⁻ — 4				
	Zn ²⁺ — 2	0,081	0,051	— 140	— 400
3	MoO ₄ ²⁻ — 5	0,90	0,072	— 165	— 375
4	MoO ₄ ²⁻ — 20	0,83	0,062	— 130	— 430
5	MoO ₄ ²⁻ — 60	0,51	0,093	— 130	— 380
6	NaNO ₂ — 25	1,00	—	— 150	— 430
7	Zn ²⁺ — 2	—	0,063	— 170	— 430
8	MoO ₄ ²⁻ — 20				
	Zn ²⁺ — 2	0,52	0,059	— 100	— 385
9	MoO ₄ ²⁻ — 40				
	Zn ²⁺ — 2	0,28	0,062	— 160	— 385
10	MoO ₄ ²⁻ — 5				
	Zn ²⁺ — 2	0,56	0,058	— 220	— 370
11	MoO ₄ ²⁻ — 20				
	NaNO ₂ — 25	0,32	0,077	— 180	— 410
12	MoO ₄ ²⁻ — 20				
	PO ₄ ³⁻ — 15	0,22	0,059	— 140	— 385
13	MoO ₄ ²⁻ — 20				
	NaNO ₂ — 25				
	Zn ²⁺ — 2	0,33	0,064	— 130	— 365
14	MoO ₄ ²⁻ — 5				
	Zn ²⁺ — 2				
	ácido fos- fónico — 5	0,290	0,060	— 250	— 330
15	MoO ₄ ²⁻ — 50				
	Zn ²⁺ — 2				
	ácido fosfónico — 50	0,170	0,057	— 140	— 290
16	MoO ₄ ²⁻ — 50				
	Zn ²⁺ — 50				
	PO ₄ ³⁻ — 50	0,04	0,035	— 170	— 185

Para la comparación se ensayó una mezcla ternaria de cromato-fosfato-zinc, la cual de acuerdo con el criterio de una serie de autores es muy efectiva⁶.

Como indican los ensayos a corto plazo en condiciones de flujo, la velocidad de corrosión del acero CT-3, al emplear molibdato de sodio en forma individual no disminuyó apreciablemente (con relación a la solución no inhibida). Los mejores resultados se obtuvieron con la mayor concentración (60 mg/L).

Al ensayar las mezclas de molibdato de sodio con zinc, (Tabla I) la menor velocidad de corrosión, para iguales concentraciones de zinc, se obtuvo en la mezcla con mayor contenido de molibdato (40 mg/L).

Una considerable disminución de la velocidad de corrosión se observó al emplear otras mezclas binarias, que contenían además del molibdato, nitrito o hexametáfosfato de sodio.

Se investigaron también mezclas ternarias. En éstas, además de los inhibidores ya señalados (nitrito de sodio y hexametáfosfato de sodio), se adicionó el ácido oxietilendifosfónico, un efectivo agente anti-incrustante.

Debe señalarse que esta mezcla presentó buenas propiedades inhibidoras de la corrosión del acero, aún en pequeñas concentraciones (5 mg/L).

Sin embargo, de todos los inhibidores y mezclas ensayadas, sólo en un caso se obtuvieron mejores resultados que al emplear la mezcla cromato-fosfato-zinc. Se trató de la variante del molibdato con el hexametáfosfato y el zinc. (Tabla I, pto. 16).

En los ensayos a largo plazo (estáticos), a diferencia de los ensayos a flujo, la velocidad de corrosión en presencia de casi todos los inhibidores, prácticamente no disminuye con relación a la solución no inhibida (la misma se encuentra en los límites de 0,05 a 0,07 g/m²h), lo que debe estar relacionado con las diferentes condiciones de acceso del oxígeno y el inhibidor a la superficie metálica en este caso.

Sólo en un caso, al emplear la mezcla molibdato-fosfato-zinc (50-50-2 mg/L) la velocidad de corrosión en condiciones estáticas fue aproximadamente dos veces menor que en la solución no inhibida.

El potencial de corrosión de todas las probetas investigadas, se desplazó hacia valores más negativos que el inicial (Tabla I), lo que indica que el desarrollo del proceso catódico se dificulta considerablemente, debido en lo fundamental, a las limitaciones que tiene el despolarizador (O₂) para alcanzar la superficie metálica (estas mediciones se llevaron a cabo en condiciones estáticas).

Sin embargo, su magnitud en presencia de los inhibidores siempre es más positivo que en la solución sin inhibidor, lo que demuestra que los mismos también influyen sobre el proceso anódico. Esto se hace más visible en el caso de la mezcla molibdato-fosfato-zinc (50-50-2 mg/L), lo que concuerda satisfactoriamente con los resultados de los ensayos de corrosión.

Teniendo en cuenta estos resultados, se decidió realizar un ensayo en condiciones semi-industriales.

Las probetas se montaron en soportes plásticos, que se colocaron dentro del tubo por donde circulaba el agua a una velocidad de 1 m/s (Fig. 2), evaluándose la velocidad de corrosión al cabo de los 4; 9 y 14 d .

En la Tabla II se presentan las velocidades de corrosión y las eficiencias obtenidas. En la misma, se observa la elevada eficiencia de la mezcla en las condiciones ensayadas, superior en todos los casos al 96 % . La superficie de las probetas al final del ensayo no presentó signos de ataque y permaneció brillante, lo que indica que la pasivación del acero fue completa. No se produjo corrosión uniforme, ni formación de lodos.

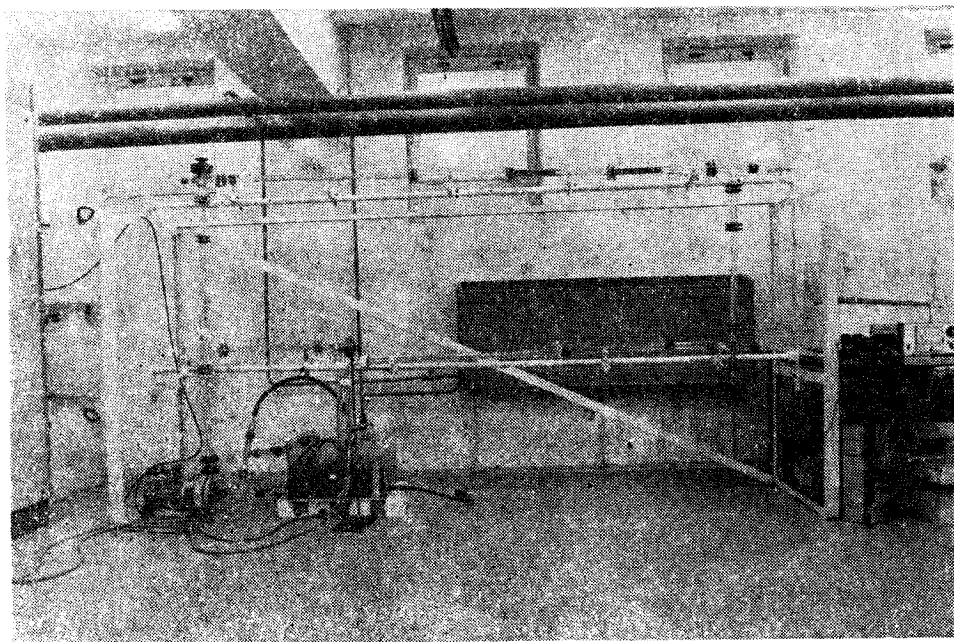


Fig. 2. Instalación utilizada para la evaluación de la mezcla inhibidora en condiciones semi-industriales

TABLA II

Eficiencia de la mezcla inhibidora ensayada, en el agua artificial, en condiciones de recirculación

Solución	t (d)	Vc (g/m ² h)	DE (mm/año)	λ (%)	γ
Agua artificial	4	1,22	1,35	—	—
	9	0,81	0,91	—	—
	14	0,61	0,69	—	—
Agua MoO ₄ ²⁻ — PO ₄ ³⁻ — Zn ²⁺ (50-50-2) mg/L	4	0,031	0,034	97,4	36,6
	9	0,022	0,025	97,2	32,2
	14	0,021	0,023	96,7	29,4

Vc Velocidad de corrosión

DE Disminución del espesor

CONCLUSIONES

Se comprobó que aprovechando el efecto sinérgico pueden desarrollarse formulaciones inhibitoras tomando como base el molibdato de sodio.

Se evaluó la mezcla inhibitora molibdato-fosfato-zinc (50-50-2 mg/L) en condiciones estáticas y de flujo a nivel de laboratorio.

Los resultados obtenidos indican que en base a molibdato de sodio pueden obtenerse formulaciones, que pueden competir desde el punto de vista de su efectividad anticorrosiva con las ya reconocidas mezclas que contienen cromato.

REFERENCIAS

1. ROZENFELD I. L. Inhibitory Korrozii. M. "Jimiia", 1977.
2. ROBITAILLE D. R. AND BILEK J. G. *Chemical Engineering* 83, 1976.
3. EVANS U. R. Korrozia i okislenie metalov. M. Mash izd. str. 376, 1962.
4. ROZENFELD I. L., FROLOVA L. V. I TAVADZE N. N. *Zaschita Metalov* No. 2, Tomo XVI, 1980.
5. CEPERO A. *Revista CENIC, Ciencias Físicas* 11, 173, 1980.
6. BREGMAN J. Inhibitory Korrozii. M. "Jimiia", 1966.