

04.86.20

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DIRECCION INVESTIGACION Y DESARROLLO

GERENCIA DESARROLLO

Departamento Química

PROTECCION DE ACEROS AL CARBONO MEDIANTE PASIVADO
(RESUMEN 1981-1986)

Alberto H. Lammirato

1986

DIRECCION INVESTIGACION Y DESARROLLO

GERENCIA DESARROLLO

DEPARTAMENTO QUIMICA

DIVISION FISICOQUIMICA

PROTECCION DE ACEROS AL CARBONO MEDIANTE PASIVADO
(RESUMEN 1981-1986)

Por: Alberto H. Lammirato

Septiembre 1986

RESUMEN

Se reseñan las tareas cumplidas en la División Fisico-química entre 1981 y 1986, en el tema de pasivación de aceros al carbono con destino a equipos constitutivos de plantas de agua pesada por el método GS.

Se concluye sugiriendo valores numéricos para las condiciones de pH, presión, temperatura y tiempo de tratamiento de aceros, con solución acuosa saturada de H_2S .

INDICE

1.- INTRODUCCION

- 1.1. Planteo del problema
- 1.2. Tareas efectuadas por la División Fisicoquímica

2.- ANTECEDENTES Y TRABAJOS PRELIMINARES

- 2.1. Requisitos para el control de la corrosión generalizada
 - 2.1.1. Factores mecánicos
 - 2.1.2. Factores químicos
 - 2.1.2.1. Especies químicas (y cristalográficas) que forman la capa
 - 2.1.2.2. Solubilidad
 - 2.1.2.3. Velocidad de disolución
 - 2.1.2.4. Influencia del pH sobre la solubilidad
- 2.2. Conclusiones sobre el control de la corrosión generalizada
- 2.3. Método de pasivación

3.- ESTUDIOS SOBRE EL TRATAMIENTO PASIVADOR

- 3.1. Objetivo
- 3.2. Experiencias de pasivación
 - 3.2.1. Descripción general
 - 3.2.2. Sulfuros en la capa pasivante lograda
 - 3.2.3. Influencia del pH
 - 3.2.4. Características de la superficie del acero

4.- CONDICIONES SUGERIDAS PARA PASIVAR COMPONENTES DE PLANTA

5.- BIBLIOGRAFIA

1.- INTRODUCCION

1.1. Planteo del problema.

La gran agresividad de las mezclas H_2O/H_2S gravita sobre la elección de materiales apropiados para construir plantas separadoras de agua pesada por el método GS.. Por razones económicas es necesaria una alternativa viable al uso masivo de aceros inoxidable, reservándolos para componentes en que resultan insustituibles⁽¹¹⁾. Así es como en otros países, con gran experiencia en el tema, se recurre al empleo de material mucho más económico: aceros al carbono, cuyas superficies expuestas a las mezclas H_2O/H_2S han sido previamente sometidas a un tratamiento de pasivado. Se forma así una capa de sulfuros de hierro, cuyo espesor es de algunas decenas de micrones, y que constituye una protección eficiente contra las acciones agresivas de aquel agente, y que son:

- a) Corrosión. Consiste en pérdida de parte del Fe del material; además de debilitar su integridad, se forman barros de sulfuros de hierro, que perjudican la operación de la planta.
- b) Fragilización por hidrógeno nascente, que se forma a partir de los protones liberados por el ataque de H_2S disuelto, a medida que el anión sulfuro ataca al hierro de los materiales de construcción.

1.2. Tareas efectuadas por la División Fisicoquímica.

Esta División ha elaborado el estudio: de los mecanismos de corrosión de aceros al carbono por mezclas de H_2O/H_2S , y de los fenómenos de migración de H_2 a través de dicho material de construcción^{(1), (8)} desarrollando actualmente un programa de tareas experimentales sobre pasivación de muestras de acero al carbono, incluyendo algunos componentes para equipos destinados a plantas en que se aplique el proceso GS.

En el presente Informe se recopilan los trabajos desarrollados al respecto por esta División, que incluyen lo publicado hasta la fecha (septiembre de 1986), consignando las siglas que los identifiquen, en los respectivos títulos de la presente reseña. Las llamadas que figuran intercaladas en el texto, pueden ser:

- referencias aisladas a dichos Informes;
- otros estudios de la División, sobre temas relacionados con el presente trabajo;
- referencias bibliográficas del extranjero.

Al iniciarse estas tareas, no se conocían algunas circunstancias, que luego fueron apareciendo con el transcurso del tiempo: influencia de la intemperie sobre los materiales adquiridos para la PEAP; presencia de cascarilla, etc. Todo esto, una vez transcrito en el presente Informe, resultó ordenado en una forma que tal vez no sea la más lógica posible.

2.- ANTECEDENTES Y TRABAJOS PRELIMINARES (PQ/Q/FQ-61)

2.1. Requisitos para el control de la corrosión generalizada.

Las influencias que determinan la eficiencia protectora de la capa de sulfuro de hierro, básicamente proviene de factores mecánicos y químicos.

2.1.1. Factores mecánicos.

Se pretende que la capa de sulfuros de hierro sea adherente, uniforme, y que por lo tanto sea resistente a la erosión por parte de las corrientes fluídas, pues al ser arrancada de la superficie a cubrir, deja de cumplir con su objeto de formar una barrera protectora.

2.1.2. Factores químicos.

Están determinados principalmente por la composición de los sulfuros que forman la capa pasivante.

2.1.2.1. Especies químicas (y formas cristalinas) que forman la capa.

Varios son los sulfuros de hierro que pueden formarse, según las condiciones en que se efectúa el pasivado. No todos son compuestos definidos según la ley de Dalton; difieren además en su respectiva estructura cristalina, relación S : Fe y en sus propiedades químicas.

Los sulfuros que habitualmente se forman en la planta GS, son:

FIGURA 1

Tipos de sulfuros de hierro que suelen formarse en las condiciones del proceso GS.

<u>Nombre</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Sist. cristalino</u>
Mackinawita	$\text{Fe}_{(1+x)}\text{S}$	Tetragonal
Sulfuro de hierro cúbico	FeS	Cúbico
Troilita	FeS	Hexagonal
Pirrotita	$\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$	Hexagonal
Pirrotita	$\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$	Monoclínico
Greigita	Fe_3S_4	Cúbico
Marcasita	FeS_2	Ortorrómico
Pirita	FeS_2	Cúbico

En estos sulfuros, a medida que el contenido de azufre es mayor, también aumenta la estabilidad química, y descienden la solubilidad y la velocidad de disolución.

Se efectuaron experiencias de laboratorio, en las que no solamente se comprobó el comportamiento de los citados factores, sino que se obtuvieron los datos numéricos que permitieron arribar a las recomendaciones que se consignan más adelante, en el apartado 4.

Al respecto, se comenzó por tomar muestras decapadas y desengrasadas de acero al carbono ASTM 516 Grado 60, exponiéndolas

- en autoclave - a solución acuosa de H_2S , bajo diferentes condiciones experimentales. Posteriormente, en cada caso se las examinó por difracción de Rayos X y por microscopía electrónica de barrido (SEM). Así se determinó la composición y estructura fina de la capa.

Por otra parte, a sus propiedades de adherencia, homogeneidad y compacidad, se las examinó por métodos basados en medición geométrica, pesada y resistencia a su arranque del material base. En Informes subsiguientes, se estudió el pasivado de superficies no decapadas ^{(5);(6)}.

2.1.2.2. Solubilidad

En la Fig. 2 se representa la solubilidad de los sulfuros en agua, como función de la temperatura; es decir, el comportamiento que se opone a la permanencia del sulfuro formado sobre el material base. Se aprecia entonces:

- a) Gran diferencia entre solubilidades, que están en relaciones de 6000: 80: 40: 10: 1 para mackinawita, troilita, pirrotita monoclinica, pirrotita hexagonal y piritita, respectivamente.
- b) Todos los casos, son de solubilidad invertida (o sea, disminuyendo con el aumento de temperatura).
- c) Disminución de solubilidad cuando crece el contenido de S en el sulfuro.

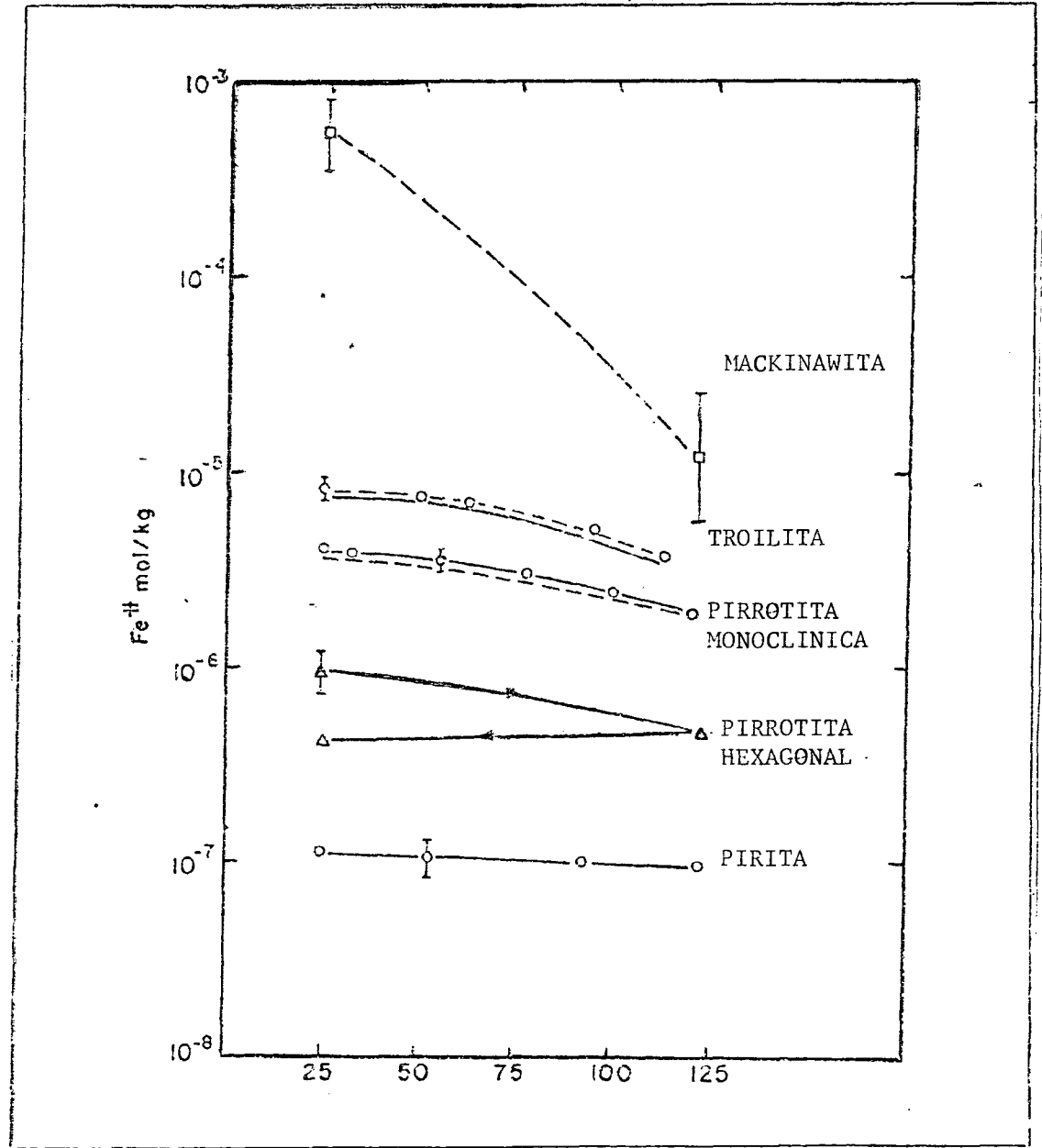
2.1.2.3. Velocidad de disolución.

Según la bibliografía ⁽⁹⁾, la velocidad de disolución crece marcadamente con la temperatura, según se muestra en la Fig. 3.

2.1.2.4. Influencia del pH sobre la solubilidad.

En la Fig. 2, se apreció que disminuye la solubilidad al aumentar el pH. Este tema se estudió posteriormente ⁽³⁾, y se lo detallará en el Apartado 3.

FIGURA 2



Solubilidad de los sulfuros de hierro a 1,8 MPa de presión de H_2S . Las curvas adyacentes para troilita representan presiones de H_2S de 0,1 MPa (arriba) y 1,8 MPa (abajo). Las flechas para pirrotita hexagonal muestran el sentido de variación de la temperatura.

FIGURA 3

Velocidad de disolución de los sulfuros de hierro
a 25 °C y pH 3

<u>Sustancia</u>	<u>Velocidad (mol/m²s)</u>
mackinawita	2×10^{-6}
troilita	$(8 \pm 1) \times 10^{-7}$
pirrotita hexagonal	$(5 \pm 5) \times 10^{-9} *$
pirrotita monoclinica	$(1 \pm 1) \times 10^{-9} *$
pirita	$(8 \pm 4) \times 10^{-11} *$

* La variación en las velocidades se debe primariamente a la incertidumbre en la superficie específica de las muestras de sulfuros. Los datos de velocidad son en sí precisos en $\pm 5\%$.

2.2. Conclusiones sobre el control de la corrosión generalizada.

De lo expuesto en (2.1.), se concluye que:

- Conviene que el sulfuro de hierro que forme la capa, sea alguno de los más estables, menos solubles, y que más lentamente se disuelvan : pirrotita; pirita.
- Un suave incremento en el pH reduciría la solubilidad del sulfuro formado inicialmente, que es inestable⁽¹⁰⁾, y que se transforma en otra especie más estable.
- La temperatura de formación del sulfuro se debe ser alta, para favorecer el pasaje a fases más estables.

d) Con igual objeto, se debería exponer el acero a la mezcla pasivante, durante cierto tiempo (algunos días).

Según se informó en el Apartado 2, los sulfuros de hierro más solubles e inestables (mackinawita, troilita y sulfuro cúbico), se forman en las primeras etapas de la corrosión del acero, y no son aptos como capa pasivante. Estas fases, tan o más ricas en hierro que en azufre, van transformándose en otras más ricas en azufre. La formación del más rico en azufre, pirita, requiere un agente oxidante, ausente en las condiciones de trabajo del proceso GS, y en experiencias de laboratorio, tampoco aparecen sulfuros de Fe trivalente.

Sin embargo, hay antecedentes de acumulación de pirita y azufre en tubos de acero inoxidable de intercambiadores de calor, en que el calentamiento de la solución hace que precipiten sulfuros, dada su solubilidad invertida (2.1.2.2.). Además, esta presencia de pirita y de azufre ocurre por influencia de la polarización anódica de aquella aleación, en contacto con el fluido de proceso.

Por lo tanto, no es de esperar que durante el pasivado se forme una capa protectora estable cuyo componente principal sea azufre. Se debe entonces obtener capas de pirrotita o de pirrotita y pirita, suficientemente estables como para proteger el material base.

2.3. Método de pasivación

Aunque en la bibliografía extranjera no se ha encontrado la información detallada que fuera de desear, a partir de las escasas y confusas alusiones disponibles en las fuentes que se analizaron, se llega a las siguientes condiciones generales:

- a) Se procede a pasivar los equipos previamente a la puesta en marcha de la planta, poniéndolos en contacto con el fluido de proceso H_2O/H_2S , haciéndolo bajo las condiciones más adecuadas para desarrollar la capa protectora.
- b) La mezcla pasivante es líquida: H_2O saturada con H_2S , pues las mezclas en fase vapor originan capas de sulfuro poco eficaces

como barrera contra la corrosión⁽⁷⁾.

- c) El tiempo de exposición nunca es inferior a 4 días.
- d) Las condiciones de presión, temperatura, pH y tiempo de exposición, no concuerdan en la bibliografía hallada; véase al respecto el subsiguiente Apartado 3.

3.- ESTUDIOS SOBRE EL TRATAMIENTO PASIVADOR (PQ/Q/FQ-66)

3.1. Objetivo.

Existe falta de coincidencia entre las condiciones propuestas por autores dedicados a este tema. Por lo tanto, se efectuaron ensayos de laboratorio para:

1° Evaluar influencia de factores que rigen el pasivado:

- a) Temperatura
- b) Medio pasivante (mezclas H₂O/H₂S)
- c) pH del medio pasivante
- d) Tiempo de tratamiento
- e) Características del metal y su pre-tratamiento

2° Definir una técnica para pasivar probetas de acero al carbono ASTM A 516 Grado 60, apto para aplicar a materiales de la P.E.A.P., una vez montados, pero previamente a su puesta en marcha.

3° Evaluar influencia de factores que afecten al comportamiento de la capa de material pasivante:

- a) Movimiento del líquido de proceso (fenómenos de erosión-corrosión)
- b) Influencia de las condiciones de torre: fría, o caliente.

4° Determinación de la velocidad de corrosión, empleando la "celda de hidrógeno".

Según lo expuesto en (2.2.), se trata de obtener capas protectoras, estables, de pirrotita o de pirrotita-pirita.

3.2: Experiencias de pasivación

3.2.1. Descripción general

Se prepararon probetas, sacadas de las planchas con que se construyen las torres de enriquecimiento de la P.E.A.P.. Previo arenado y desengrasado, se las trató - en autoclave - con fluido de proceso, bajo condiciones de presión y temperatura elegidas según valores límite dados por las correspondientes a torres de proceso GS.:

Torre caliente,	2,2 MPa; 130 °C
Torre fría,	2 MPa; 33 °C

Se realizaron experiencias de 2; 4; 10; y 20 días de duración, bajo las condiciones citadas de temperatura y presión. Se modificó el pH de la solución partiendo de soluciones acuosas de NaOH de distintas concentraciones.

Como al pH en las condiciones experimentales no fue posible medirlo, se lo calculó; concluyéndose que se trabajó en $3,38 \leq \text{pH} \leq 6,59$ obteniéndose los resultados tabulados en Fig. 4.

3.2.2. Sulfuros en la capa pasivante lograda

En experiencias de 2 días de duración, a 40 °C y 1,40MPa el componente principal fue mackinawita, con algunos cristales de troilita y sulfuro de hierro cúbico destacándose que la superficie de las probetas no se cubría totalmente con la capa de sulfuros.

En otras experiencias, también de 2 días de duración, pero a 125 °C y 2 MPa, el componente principal también fue mackinawita, pero no se observaron cristales de troilita, sino de pirrotita. Este material, más deseable según lo dicho en (2.1.2.1), se genera por transformación en fase sólida a partir de embriones de troilita, o bien directamente por nucleación y crecimiento a partir de la solución acuosa saturada de H_2S .

En estas experiencias, la probeta quedaba totalmente cubierta por la capa de sulfuros de hierro, cuyo componente principal

TABLA 4
RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS DE PASIVACION

Exp.N°	Tiempo de exposición	Presión MPa	Temperatura °C	pH	Pérdida peso de probetas mg Fe	Velocidad media de corrosión		Peso capa de sulfuros g FeS . m ⁻²	Fases presentes en la capa de sulfuros	
	días					gFe.m ⁻² .d ⁻¹	mm.año ⁻¹		Componentes mayoritarios	minoritarios
1	2	1,4	41	3,41	---	---	---	---	M,T	
2	2	1,4	41	3,87	---	---	---	---	M,T	
3	2	2,0	125	3,38	115,2 102,0	27,7 24,5	1,24 1,10	66,6 ---	P	M,C
4	2	2,0	125	3,81	52,0 41,8	12,5 9,9	0,56 0,45	---	M	P
5	4	2,3	125	3,38	---	---	---	97,8 98,0	P	
6	4	2,2	123	3,38	280,8 271,8	33,8 32,7	1,51 1,46	120,6 149,4	P,T	
7	4	2,4	126	3,38	308,4 328,0	37,1 39,5	1,66 1,76	147,9 132,7	P,T	M
8	4	2,4	123	3,81	108,5 113,4	13,0 13,6	0,58 0,61	67,9 30,8	P	
9	4	2,1	123	5,45	63,4 74,5	7,6 8,9	0,34 0,40	37,9 36,7	M	T,P
10	4	2,3	124	5,45	43,5 42,5	5,2 5,1	0,23 0,23	26,8 27,9	M	P
11	4	2,3	122	6,53	85,3 84,7	10,3 10,2	0,46 0,46	11,6 11,3	M	
12	4	2,0	122	6,53	104,4 93,6	12,6 11,3	0,56 0,51	---	M	P
13	10	2,3	123	3,38	144,4 176,2	6,9 8,5	0,31 0,38	79,7 83,1	P	
14	10	2,4	125	3,81	---	---	---	---	P	Py
15	10	2,4	102	3,38	214,0 197,5	10,3 9,5	0,46 0,42	133,9 118,4	P	T
16	10	2,4	105	3,81	158,6 172,2	7,6 8,3	0,34 0,37	111,8 112,2	P	T
17	10	2,4	130	3,38	270,9 173,3	13,0 8,3	0,58 0,37	130,4 120,4	P P	Py M,P (*)
18	10	2,3	123	3,81	105,0 360,0	5,0 17,3	0,22 0,77	139,4 142,6	P,T P,T	M,Py (*) Py
19	20	2,4	125	3,81	120,2 138,0	2,9 3,3	0,13 0,15	78,9 90,8	P	

(*) Probetas expuestas a H₂S húmedo (fase gaseosa)

era pirrotita.

Se concluyó que las mayores temperaturas de trabajo, aceleran la transformación de los sulfuros de hierro, pasando a fases más estables.

Los ensayos duraron (10; 20 días), resultaban en mayor homogeneidad y compacidad de las capas, y mayor tamaño de cristales: de pirrotita hexagonal, y en algunos casos, cierta cantidad de pirita.

Cabe señalar que la capa formada a los 20 días no difiere mucho de lo que se observa luego de 10 días de tratamiento con la mezcla pasivante: si no se observa pirita, la capa es totalmente formada por pirrotita hexagonal.

3.2.3. Influencia del pH (DQ/FQ-86).

En el trabajo (2) se observó que si se incrementaba levemente el pH de la solución acuosa saturada con H_2S usada para la pasivación (cuyo valor de equilibrio a 2,3 MPa y 125 °C es igual a 3,38) se formaban capas de sulfuros más homogéneas, compactas y adherentes al metal base. Esto quedó comprobado en experiencias realizadas bajo pH de 3,38 y 3,81, en las que se obtenía el efecto buscado luego de un tratamiento de 10 días de duración.

Este aumento del pH, es además beneficioso por otra circunstancia: disminuye la velocidad del ataque inicial del metal cuyo Fe forma sulfuros protectores, y consiguientemente es menor la cantidad de hidrógeno que penetra en el mismo, así como la de barros que se forman.

Sin embargo, y tal como se comprobó en las mismas experiencias (2), un aumento del pH hasta valores relativamente elevados (en el caso, 5,45 y 6,53) resultaban en formación principalmente de mackinawita, el sulfuro de hierro menos protector, por ser el más soluble, y el químicamente menos estable.

En consecuencia, se estudió con mayor precisión la influencia del pH sobre la formación de la capa, adoptándose el valor 4,43, correspondiente a solución acuosa $10^{-3} M$ de NaOH, saturada

con H_2S . Esta cifra es intermedia entre el de 3,81, que forma una capa protectora, y el de 5,45 en que, aunque ha disminuído la liberación de H y la formación de barros, las propiedades de la capa no son adecuadas.

3.2.4. Características de la superficie del acero (D/Q/FQ-75);
(D/Q/FQ-92)

Según se explicó más arriba en 3.2.1, las experiencias de pasivación en laboratorio se efectuaron sobre probetas (muestra de chapas de acero) cuya superficie había sido maquinada, arenada y desengrasada. Sin embargo, cuando se proceda a efectuar el tratamiento pasivante a los equipos de planta, no será posible efectuar el mismo tratamiento que a las probetas. Cabe entonces comenzar por distinguir entre cuatro estados o condiciones de superficies de equipos, y determinar los efectos que las películas preexistentes en la superficie del metal (formadas con otros compuestos de hierro), ejercen sobre la formación y consolidación de las películas protectoras - constituídos por sulfuros - que se pretende lograr mediante un pasivado eficaz.

Se trata ⁽⁵⁾ de superficies de acero, cubiertas de:

- a) Óxido de hierro, producto de corrosión atmosférica;
- b) Pinturas protectoras;
- c) Capas resultantes de decapado con productos químicos (seguido de fosfatizado);
- d) Cascarilla (en el interior de caños).

a.- Eliminación de óxido (PQ/Q/FQ-72)

Se efectuó con producto comercial de la firma Drew Chemical, que ofrece una técnica que consta de la aplicación sucesiva de: una solución a base de ácido fosfórico y agentes emulsio-nantes ("RUST STRIPPER"), y de otra, alcalina, que se aplica posteriormente con fines pasivantes.

Ensayos de laboratorio permiten concluir recomendando

la eliminación de la capa de óxidos aplicando la solución "Rust Stripper", y luego la segunda solución "TT", lo que permite efectuar el pasivado mediante sulfuros, con similar eficiencia que si se hubiera arenado el acero base.

Caben dos observaciones:

1a. Reemplazar la aplicación de solución "TT", por una solución de NaOH de igual pH, visto que el propósito de aquella era contribuir a formar una capa pasivante a base de fosfatos, mientras que en la PEAP, la capa protectora es la que posteriormente se formará a base de sulfuros de hierro.

2a. Los líquidos ("Rust Stripper" y "TT") aquí empleados, lo fueron en solución al 30% en agua destilada, encontrándose que, una vez diluidos, contenían más de 50 ppm y 50 a 80 ppm de cloruros, respectivamente.

Dichos tenores de cloruros, en líquidos que entren en contacto con piezas de acero inoxidable tensionado, plantean riesgo de ataques localizados, de corrosión bajo tensiones.

Esta circunstancia se tendrá en cuenta, cuando corresponda tratar equipos bajo las condiciones aquí citadas, y que comprendan piezas de acero inoxidable dispuestas en su interior.

b.- Eliminación de pinturas protectoras (PQ/FQ-75)

El material usado para las torres de proceso, tiene la superficie interna cubierta por una película de pintura especial con el objeto de protegerla de la corrosión atmosférica. Para aliviar tensiones creadas durante la soldadura de las virolas que conforman estos equipos, se los trata térmicamente a 580 °C durante 1 hora.

Según se comprobó experimentalmente, la pintura resiste al tratamiento térmico, impidiendo que se forme la capa pasivante de sulfuros: esto obliga al arenado de la superficies pintadas, tras lo cual se logra un pasivado correcto.

c.- Presencia de fosfatizado (PQ/Q/FQ-75)

No se encuentra que interfiera en la formación de una buena capa pasivante a base de sulfuros de hierro.

d.- Cascarilla (D/Q/FQ-92)

La película que recubre el interior de caños para proceso (ASTM A 333 grado 60, formada por residuos calcinados y óxidos de hierro (magnetita, hematita y wüstita), interfiere el proceso de formación de la capa pasivante. Sin embargo, aquellos materiales ("cascarilla"), tienen otro efecto, esta vez favorable, en lo que se refiere al pH de la solución pasivante: ya no es necesario reducirlo a fin de disminuir el ataque previo a la formación de la capa protectora, pues la misma cascarilla protege al metal base. En otras palabras (2.1.2.4), ya no habrá que ajustar el pH hasta el valor 3,81, y bastará operar directamente con solución saturada de H_2S en H_2O , a 2,5 MPa y 125 °C, cuyo pH = 3,38.

4.- CONDICIONES SUGERIDAS PARA PASIVAR COMPONENTES DE PLANTA.

Según lo expuesto en los anteriores apartados, y ad referendum de los resultados experimentales que se obtengan de la operación del CEMI, se concluye en las condiciones que se pasa a citar.

4.1. Superficie arenada o fosfatizada

pH = 3,81
presión = 2,0 MPa
temperatura = 125 °C
tiempo = 10 días

4.2. Superficie interna de tuberías

pH = 3,38
Restantes condiciones, similares a 4.1

En caso de tener que uniformar el pH para el tratamiento de toda la planta, no sería inconveniente que en todos los casos fuese el mismo valor, igual a 3,81.

Precaución importante: ausencia de fase gaseosa.

La mezcla pasivante debe estar en fase líquida, pues el pasivado producido por mezcla en fase gaseosa no es efectivo (7). Un tratamiento en escala industrial, implicará entonces la inundación total de los equipos por tratar. Por lo tanto no solo se pondrá especial cuidado en que no queden bolsones de aire en su interior, sino que tampoco deberán quedar huecos llenos con mezcla H_2O/H_2S en fase vapor.

Esta necesidad de lograr la perfecta inundación de los equipos, implica el requisito básico de prever cuidadosamente la operación de carga con mezcla pasivante, disponiendo llaves para su venteo, en los puntos que así lo requieran.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bruzzoni, P; Burkart, A.L.; Garavaglia, R.
Pasivación de aceros al carbono y monitoreo instantáneo de la corrosión en plantas de agua pesada. Antecedentes y trabajos preliminares. PQ/Q/FQ-61) (1981).
- 2.- Bruzzoni, P.; Burkart, A.L.; Garavaglia, R.
Protección de aceros al carbono en plantas GS. Condiciones de formación de capas protectoras de sulfuros de hierro. PQ/Q/FQ-66 (1981).
- 3.- Bruzzoni, P.; Burkart, A.L.; Garavaglia, R.
Protección de acero al carbono en plantas GS. III Formación de capa protectora en solución saturada de ácido sulfhídrico en agua a pH 4,43. D/Q/FQ-86. (1985).
- 4.- Burkart, A.L.
Informe sobre decapado de superficies de acero al carbono con productos químicos. Pruebas de aplicación de "Rust Stripper" y "Solución TT" (Drew Química) PQ/Q/FQ-72 (1982).
- 5.- Burkart, A.L. y Garavaglia, R.
Protección de aceros al carbono en plantas GS. II Influencia del estado de la superficie del material. PQ/Q/FQ-75 (1983).
- 6.- Burkart, A.L.
Protección de aceros al carbono en plantas GS. IV Formación de la capa protectora de sulfuros de hierro sobre superficies cubiertas de cascarilla de fabricación. D/Q/FQ-92 (1986).
- 7.- Dautovich, D.F. y Hay, M.G.
Iron sulfide coatings to reduce Hydrogen damage in H₂S environments. Materials Perf. 16, (8), 15 (1978).
- 8.- Delfino, C.A. y Molinari, M.A.
Daños por H₂S y permeación de hidrógeno en aceros. Antecedentes bibliográficos. II) Ensayo experimental de un equipo de permeación de hidrógeno. PQ/Q/FQ-51 (1979).
- 9.- Tewari, P.H.; Wallace, G.; Campbell, A.B.
The solubility of iron sulfides and their role in mass transport in G.S. Heavy Water Plants. AECL 5960 (1978)

10.- Tewari, P.H. y Campbell, A.B.

Dissolution of iron during the initial corrosion of carbon steel in aqueous H_2S solutions. Can. J. Chem. 57, 188, (1979)

11.- Thayer, V.R. y De Long, W.B.

Materials of construction for the dual temperature exchange process for producing heavy water. Chem. Eng. Progr. 58, 86-93, (1962).