

Corrosión por depósitos salinos de los aceros SA213-T22 y SA213-TP347H en presencia de una mezcla 80% V₂O₅-20% Na₂SO₄^(*)

F. Almeraya^(*), A. Martínez-Villafañe^(*), C. Gaona^(*), M.A. Romero^(**) y J.M. Malo^(***)

Resumen Muchos problemas de corrosión por depósitos salinos en la industria eléctrica, especialmente en los generadores de vapor, se deben al ataque por sales fundidas. El proceso de corrosión en sales fundidas es de naturaleza electroquímica; así, puede estudiarse empleando técnicas electroquímicas. Este proceso de corrosión en un sistema de sales fundidas, mezcla de 80% V₂O₅ y 20% Na₂SO₄ a temperaturas comprendidas entre 540 y 680 °C, se evaluó en esta investigación por medio de técnicas electroquímicas. Para medir la velocidad de corrosión por depósitos salinos se parte de curvas de polarización potenciodinámicas determinando la resistencia de polarización por extrapolación de las pendientes de Tafel. Las sales se fundieron en un crisol de cuarzo dentro de un soporte de acero inoxidable. La atmósfera empleada fue aire; un termopar tipo K cubierto con tubo de cuarzo se introdujo en la sal fundida para controlar la temperatura del medio. En la mezcla fundida se evaluaron dos materiales: SA213-T22 y SA213-TP347H. Los valores de la velocidad de corrosión obtenidos empleando técnicas electroquímicas están entre de 0,58-7,14 mm/año (22,9-281 mpy). La velocidad de corrosión se incrementa con el tiempo.

Palabras clave: **Corrosión por depósitos salinos. Técnicas electroquímicas. Velocidad de corrosión.**

Hot corrosion of the steel SA213-T22 and SA213-TP347H in 80% V₂O₅-20% Na₂SO₄ mixture

Abstract Many hot corrosion problems in industrial and utility boilers are caused by molten salts. The corrosion processes which occur in salts are of an electrochemical nature, and so they can be studied using electrochemical test methods. In this research, electrochemical techniques in molten salt systems have been used for the measurements of molten corrosion processes. Electrochemical test methods are described here for a salt mixture of 80% V₂O₅-20% Na₂SO₄ at 540-680 °C. To establish better the electrochemical corrosion rate measurements for molten salt systems, information from electrochemical potentiodynamic polarization curves, such as polarization resistance and Tafel slopes were used in this study to generate corrosion rate data. The salt was contained in a quartz crucible inside a stainless steel retort. The atmosphere used was air. A thermocouple sheathed with quartz glass was introduced into the molten salt for temperature monitoring and control. Two materials were tested in the molten mixture: SA213-T22 and SA213-TP347H steels. The corrosion rates values obtained using electrochemical methods were around 0.58-7.14 mm/yr (22.9-281 mpy). The corrosion rate increase with time.

Keywords: **Hot corrosion. Electrochemical techniques. Corrosion rate.**

(*) Trabajo recibido el día 9 de septiembre de 1997.
(*) Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. División de Deterioro de Materiales – Dpto. de Corrosión. Miguel de Cervantes, 120. Complejo Industrial Chihuahua, 31110 Chihuahua, Chih. (México).
(**) Universidad Autónoma Metropolitana. Área Ciencia de los Materiales.
(***) Instituto de Investigaciones Eléctricas. Dpto. de Físicoquímica Aplicada.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la problemática que se presenta en las centrales generadoras de energía eléctrica, sin importar su fuente de energía primaria (agua, geotermia, petróleo, carbón, gas o nuclear) está ligada fuertemente al deterioro que sufren los materiales involucrados en su diseño y/o construcción (1).

La mayoría de los componentes de los sistemas de conversión de energía, como generadores de vapor y turbinas de combustión, entre otros, requieren trabajar por períodos prolongados de tiempo, en ambientes hostiles, a altas temperaturas y bajo esfuerzos. El diseño de tales componentes, se ha basado primeramente en los requerimientos mecánicos; sin embargo, es claro que el mecanismo primordial limitante de su vida operativa es la corrosión.

Desde el punto de vista mecánico, basta con el reemplazamiento o reparación de aquellas partes que han cesado de trabajar óptimamente para reiniciar su trabajo. Cuando la corrosión ha causado deterioro, los componentes han perdido (en forma significativa) su capacidad de trabajo por efectos de la pérdida de material estructural que efectuaba trabajo redituable.

Las instalaciones asociadas al generador de vapor o caldera de una central termoeléctrica lo constituye un enorme complejo de kilómetros de tubería que forman el circuito por el que el agua se calienta, se convierte en vapor y se condensa para transformar la energía térmica de los combustibles fósiles en energía eléctrica. En una caldera típica de una central termoeléctrica de 300 MW, el hogar suele llegar a medir 10×11 m de base, alcanza una altura equivalente a la de un edificio de siete pisos, y en él se encuentran cerca de 115 km de tuberías que presentan una superficie de calentamiento de aproximadamente 2,5 Ha.

Los elementos metálicos del generador de vapor, la turbina, el condensador, los calentadores de agua y demás componentes de las centrales termoeléctricas se encuentran expuestos al efecto de esfuerzos, temperaturas y sustancias corrosivas que, en muchos casos, imponen unas condiciones muy nocivas para los materiales. Estas condiciones extremas provocan, en muchas ocasiones, las fallas de los materiales y la consiguiente salida de servicio de las unidades que integran las centrales (2).

En México, el gasóleo (residuo de la refinación del petróleo) que se consume en los generadores de vapor proviene, generalmente, de una mezcla de los crudos Istmo y Maya (el primero de 28 a 35° API de gravedad específica y el segundo varía entre 20 y 24° API). El gasóleo es un compuesto pesado y viscoso (densidad relativa cercana a 1,0), así como difícil de manejar y quemar. El gasóleo resultante de combinar los destilados de los productos de los yacimientos petrolíferos mexicanos incluye cantidades muy altas de azufre (alrededor del 4 % contra menos del 2 % en combustóleos de otras partes del mundo), de vanadio y de asfaltenos. Estos compuestos pueden ocasionar, si no se afina el proceso de combustión, problemas de corrosión en los materiales metálicos del generador de vapor así como emisiones contaminantes.

La corrosión a alta temperatura es también el resultado de una acción electroquímica donde participan los gases de combustión y la escoria depositada sobre las superficies metálicas. Además de los gases, en la combustión se produce una ceniza rica en azufre, sodio y vanadio, que forma una escoria que se va depositando sobre las paredes de los tubos, formando una capa de electrolito sólido fundido que a temperaturas elevadas da lugar a severos fenómenos de corrosión. Entre los compuestos que forman el azufre, sodio y vanadio se encuentran algunos con puntos de fusión por debajo de los 600 °C. De tal manera, que durante la operación normal de la caldera se forman depósitos fundidos, en extremo adherentes, que permiten una mayor velocidad de difusión de los elementos nocivos, deteriorando el material de manera acelerada.

La degradación de los materiales en operación bajo condiciones severas de trabajo dan como resultado una velocidad de corrosión a elevada temperatura dependiente de los siguientes factores:

La composición química del depósito, que es función del contenido de contaminantes en el combustóleo y de la calidad de la combustión. El tipo de material empleado en el proceso de fabricación del tubo, la temperatura de los gases de combustión y la temperatura de la superficie metálica, que depende del diseño específico del generador de vapor.

De estos cuatro factores, los más importantes suelen ser la temperatura en la interfase metal-depósito y el tipo de material empleado, debido a que sobre los otros dos factores se tiene menor posibilidad de control.

Desde el punto de vista de México, los problemas de degradación que se ocasionan, a partir de los aspectos arriba mencionados, se intensificarán en relación directa con el escenario energético nacional, donde la tendencia operativa se perfila hacia la obtención de mayor eficiencia, lo que se traduce en mayores presiones y temperaturas de trabajo de las instalaciones, donde se utilizan cada vez con mayor frecuencia por razones de costos, combustibles con mayores contenidos de impurezas.

Cuando se utiliza combustóleo pesado, la corrosión a temperaturas elevadas depende exponencialmente de la temperatura en la superficie externa del metal, siendo pequeña hasta los 590 °C, normal hasta los 600 °C, severa hasta los 625 °C y catastrófica por arriba de esta última (3).

De aquí que la importancia de esta investigación radica en intentar analizar los problemas de corrosión por depósitos salinos CDS, o corrosión salina a altas temperaturas CSAT, y mejor conocida como *hot corrosion* (algunas veces *fireside orrosion*) (Fig. 1). Problemas que se tienen en centrales termoeléctricas del país, dado que en este tipo de plantas es donde se produce la mayor parte de energía

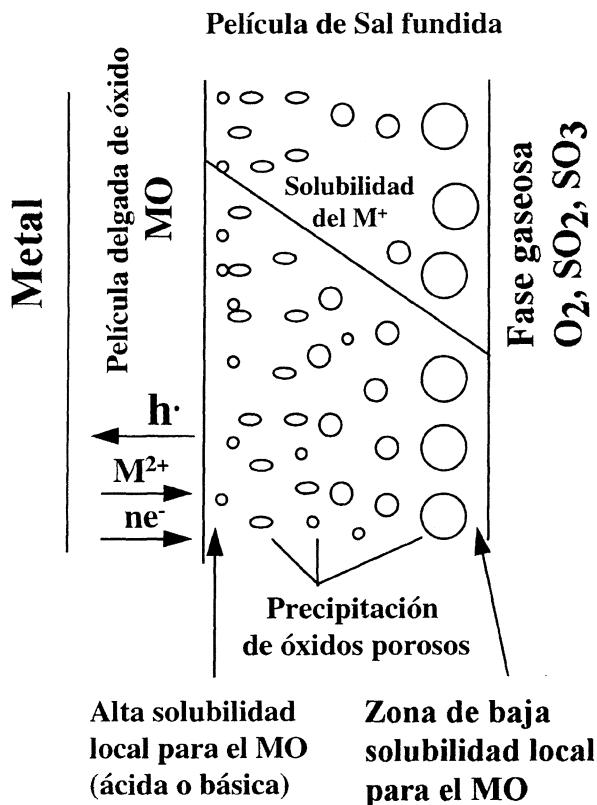


FIG. 1.— Reprecipitación de óxidos metálicos porosos MO, soportados por el gradiente de solubilidad en una película de sal fundida.

FIG. 1.— *Reprecipitation of a porous MO oxide supported by the solubility gradient in fused salt film.*

eléctrica utilizada doméstica e industrialmente. (Más del 70 % de la energía eléctrica que consume México se genera principalmente quemando combustible en centrales termoeléctricas).

Las fallas en los materiales que han sufrido una degradación metálica por corrosión de alguno de sus componentes suponen altos costos de mantenimiento, debido a paros no programados, dando como resultado sensibles disminuciones de la productividad de la planta. La estadística de fallas ocurridas en las zonas de alta temperatura indican la problemática de cada diseño. La figura 2 muestra el porcentaje de fallas registradas desde el inicio de operación hasta marzo de 1988 en cuatro de los once diseños principales (de 158 a 350 MW) con que se genera parte de la electricidad en México.

Parece ser que las irregularidades del proceso de corrosión pueden inducir fallas prematuras (o sea fugas antes de falla y fractura catastrófica) siempre inesperadas. Es importante señalar que los ingenieros de planta suponen exactamente lo opuesto; que las fallas serán observadas en algún momento de su desarrollo. Por ello, que aquí se haga énfasis en criticar una posición tan especulativa. Está claramente

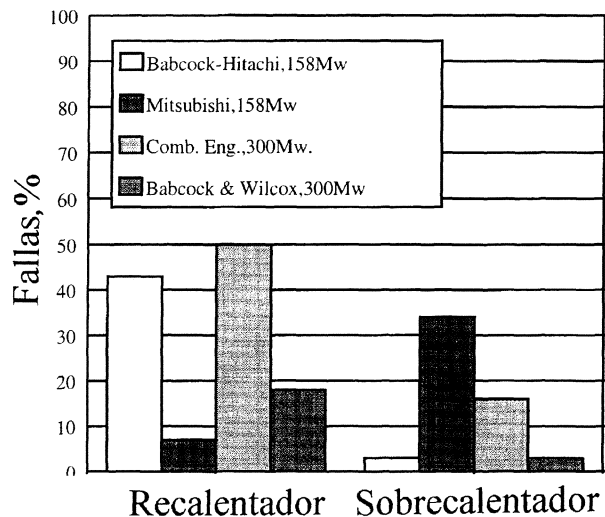


FIG. 2.— Porcentaje de fallas en tubería de alta temperatura, recalentador y sobrecalentador, en generadores de vapor de diversos diseños.

FIG. 2.— *Percentage of failure in high temperature tubing, in steam generators of diverse designs.*

documentado que las fallas por corrosión conducen muy frecuentemente a paros no programados de las instalaciones. Por ejemplo, el resultado de un paro forzado de una central termoeléctrica y la sustitución del suministro de ésta por el de otra planta, que entre a cubrir la situación, bien puede traer aparejados costos aproximadamente del orden de 25×10^4 \$/día (4).

Es por esta razón que es deseable familiarizarse con la aplicación de las técnicas electroquímicas empleadas en sistemas de alta temperatura, además de buscar una aplicación posterior en el control de corrosión en línea de plantas termoeléctricas.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para valorar el comportamiento electroquímico que rige el proceso de corrosión a elevada temperatura, se sometieron a estudio materiales féreos de uso frecuente en las centrales termoeléctricas (acero SA213-T22 e inoxidable SA213-TP347H) en presencia de la mezcla de sales fundidas 80% V_2O_5 -20% Na_2SO_4 , que emulan cenizas de combustión.

Se montó una operación experimental que permitiera estudiar la corrosión por depósitos salinos, en un intervalo de 540 a 680 °C en laboratorio, bajo condiciones controladas. Empleando técnicas electroquímicas de corriente directa, como extrapolación de Tafel y resistencia a la polarización, se determinó la velocidad de corrosión de los materiales en estudio.

Para realizar los experimentos electroquímicos se diseñó una celda de tres electrodos en la que los

electrodos de trabajo que se emplaron fueron preparados con tubos comerciales de los aceros en estudio (tubería de diámetro = 5,397 cm y espesor = 0,355 cm) fabricando barras rectificadas en forma cilíndrica de 0,317 cm de diámetro y una longitud de 2,54 cm. Como electrodo de referencia se utilizó el de platino, en contacto con una composición molar de 80%V₂O₅-20%Na₂SO₄, el cual tuvo como soporte y protección un tubo de cuarzo de 0,635 cm de diámetro y una membrana porosa de cemento cerámico (5). Por último, el electrodo auxiliar fue un alambre de platino de 0,5 mm de diámetro. Dentro del mismo montaje experimental se utilizó un termopar tipo K, protegido con tubería de cuarzo, para determinar la temperatura del medio.

El medio agresivo que se empleó consistió en una mezcla sólida de sales de pentóxido de vanadio, V₂O₅, y sulfato de sodio, Na₂SO₄, grado reactivo. La composición de la mezcla de sal empleada (% en peso) fue de 80%V₂O₅-20%Na₂SO₄, cuyo punto de fusión es de 618 °C. La cantidad de sal empleada en cada experimento fue de 30 g, utilizando siempre sal fresca para no tener problemas de contaminación o porcentajes erróneos. Cada mezcla empleada, se mezcló por agitación antes de usarse .

Con el propósito de medir la resistividad del medio, se procedió a determinar la resistencia eléctrica de la mezcla de sal empleada, utilizando dos alambres de platino (de 20 cm de longitud y 0,5 mm de diámetro) en contacto con el medio corrosivo; estos alambres estaban separados por tubos de cuarzo, presentando una separación de aproximadamente 1 cm, obteniéndose así la resistencia eléctrica de la mezcla de pentóxido y sulfato de sodio.

Para determinar la velocidad de corrosión instantánea se aplicaron curvas de polarización efectuando un barrido de ± 300 mV respecto al potencial de corrosión a una velocidad de polarización de 60 mV/min. Con este nivel de polarización quedan perfectamente definidas las pendientes de Tafel en las curvas de polarización anódica y catódica; determinando, además, otros parámetros electroquímicos como el E_{corr} , i_{corr} , y la R_p para estimar posteriormente el valor de la velocidad de corrosión.

Las pendientes de Tafel anódica y catódica se determinaron en la región lineal que aparecía en el intervalo de ± 100 mV, pero alejándose al menos 20

mV del E_{corr} en circuito abierto. Las pendientes de Tafel no se apreciaban claramente en todos los casos (6), limitándose la región lineal a un reducido intervalo de 0,3 a 0,5 décadas.

Las mediciones se realizaron con un equipo electroquímico de ACM Instruments Gill 8AC programado por un ordenador personal y su respectivo software.

Todos los electrodos de trabajo se desengrasaron y limpiaron en cada ensayo con acetona y agua destilada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los aceros se indica en la tabla I.

En la figura 3 se muestran los resultados de las mediciones del potencial efectuados con dos electrodos de referencia idénticos, donde se representan como función del tiempo el momento a partir del cual se mantiene constante la diferencia de potencial entre ambos.

Se evaluaron dos membranas porosas de las que sólo la del cemento cerámico tuvo consistencia en el tiempo, no presentando degradación prematura como fue el caso de la membrana porosa de cemento refractario.

La degradación que sufren los metales en presencia de sales fundidas ocurre generalmente a temperaturas superiores a las de fusión de las sales (7). Por esta razón, evaluar la resistencia eléctrica del medio, para saber si posee propiedades conductoras de la corriente eléctrica es de suma importancia y, además, la conductividad variará sobre un amplio intervalo de valores según las condiciones de trabajo.

Conocer en qué momento el medio corrosivo se vuelve más conductor y en qué intervalo de temperaturas se podrá trabajar con determinado medio sin problemas en el comportamiento electrolítico, permitirá conocer si las condiciones del servicio se sitúan dentro o fuera del intervalo conductor de la sal.

Con el propósito de medir la resistencia del medio corrosivo, se obtuvieron valores para tres diferentes sales:

TABLA I.– Composición química de los aceros evaluados (% en peso)

TABLE I.– Chemical composition (% wt.)

Acero	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Otros	Fe
SA213-T22	0,09	0,31	0,49	0,015	0,01	–	2,19	0,91	–	Balance
SA213-TP347H	0,08	0,49	1,5	0,024	0,004	12,3	18,45	–	0,72 Cb+Ta	Balance

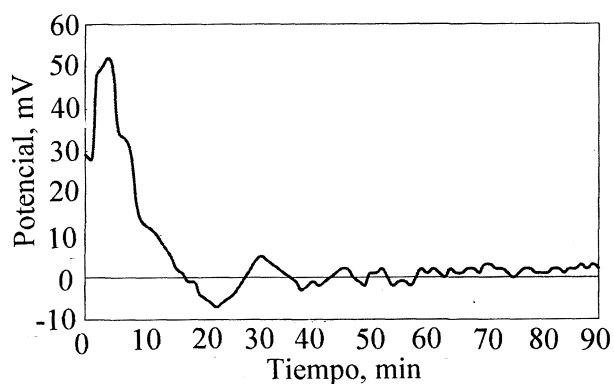


FIG. 3.— Mediciones de potenciales entre dos electrodos de referencia de platino. Sal de trabajo y referencia 80%V₂O₅-20%Na₂SO₄.

FIG. 3.— *Measure of potentials between two electrodes of reference of platinum.*

- Mezcla 80%V₂O₅-20%Na₂SO₄, punto de fusión: 618 °C.
- Pentóxido de vanadio, V₂O₅, punto de fusión: 690 °C, y
- Sulfato de sodio Na₂SO₄, punto de fusión: 884 °C.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos al evaluar la resistencia eléctrica del medio corrosivo frente a la variación de la temperatura. A partir de los datos de la gráfica se puede apreciar el comportamiento que presentan las sales puras y la mezcla al presentar mayor conductividad a medida que se incrementa la temperatura. Además, los resultados de esta gráfica ilustran sobre qué intervalo de temperaturas las sales presentan propiedades de un electrolito.

La mezcla de sales 80%V₂O₅-20%Na₂SO₄ presenta una resistencia de 3,9 a 6,8 Ω en el intervalo de trabajo desde 550 a 660 °C; mientras que las

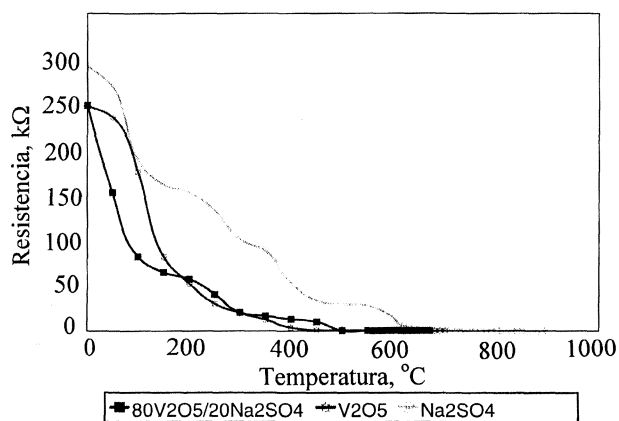


FIG. 4.— Determinación de la resistencia eléctrica de las sales de trabajo.

FIG. 4.— *Determination of the electric resistance of the salts from work.*

sales en estado puro, como el pentóxido de vanadio, tienen un intervalo de 620° a 710°C con una resistencia de 30,2 a 33,4 Ω, y en el sulfato de sodio puro se tiene un intervalo de 840 a 910 °C con una resistencia de 79 a 86 Ω (Fig. 5).

De los resultados obtenidos, se deduce que el intervalo de trabajo de experimentación coincide con el de la mezcla de sales y, de acuerdo a los valores anotados, la conductividad de las sales aumenta a medida que se incrementa la temperatura hasta llegar a ser prácticamente constante, y conforme aumente la temperatura se tendrá un medio más conductor hasta alcanzar la fusión.

En la figura 6 se muestra el comportamiento del acero SA213-T22, para todas las temperaturas del intervalo en estudio. A medida que se incrementa la temperatura, se aprecia que los resultados de las curvas de polarización anódicas y catódicas muestran mayores intensidades para iguales polarizaciones, como consecuencia del incremento de las velocidades de disolución del material en presencia del medio corrosivo.

En la tabla II se pueden observar los parámetros electroquímicos del acero SA213-T22. A la temperatura de 540 °C la velocidad de corrosión del orden de 0,724 mm/año (28,5 mpy), se vuelve más severa después de los 640 °C siendo de 1,43 mm/año (56,4 mpy) llegando a alcanzar 7,14 mm/año (281 mpy) a los 680 °C; este incremento de la velocidad de corrosión se da cuando las sales se vuelven más agresivas conforme aumenta la temperatura y se llega a la fusión de la mezcla.

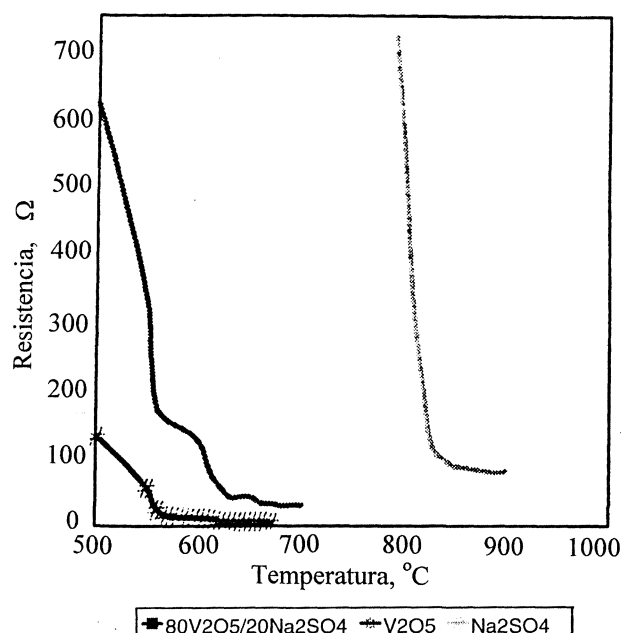


FIG. 5.— Resistencia eléctrica de las sustancias puras.

FIG. 5.— *Electric resistance of the pure salts.*

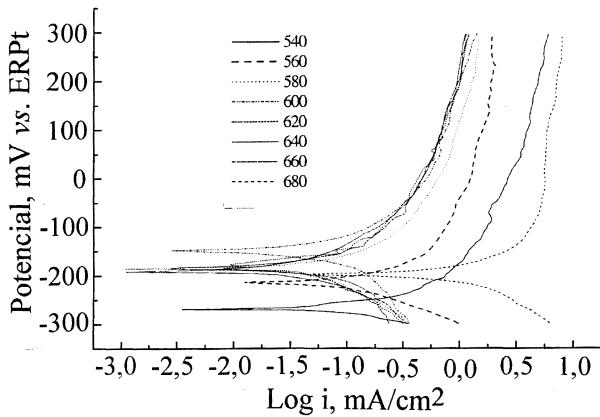


FIG. 6.— Técnica de extrapolación de Tafel para el acero SA213-T22.

FIG. 6.— Potentiodynamic polarization plots for the Steel SA213-T22.

TABLA II.— Parámetros electroquímicos del acero SA213-T22

TABLE II.— Results of potentiodynamic polarization scans and calculated corrosion rates of the steel SA213-T22

Intervalo de temperatura, °C	Velocidad de corrosión		E_{corr} , mV	i_{corr}^* , mA/cm ²	R_p , Ω
	(mm/año)	(mpy)			
540	0,724	28,5	-191,50	6,26 e ⁻²	4,17 e ²
560	0,76	29,9	-186,03	6,57e ⁻²	3,97 e ²
580	0,765	30,1	-185,08	6,62 e ⁻²	3,94 e ²
600	0,88	34,6	-148,02	7,61 e ⁻²	3,43 e ²
620	0,97	38,2	-185,26	8,39 e ⁻²	3,11 e ²
640	1,43	56,4	-213,89	1,24 e ⁻¹	2,1 e ²
660	3,19	126	-269,26	2,76 e ⁻¹	9,46 e ¹
680	7,14	281	-197,02	6,18 e ⁻¹	4,22 e ¹

(*) Los valores obtenidos de la velocidad de corrosión se calculan empleando la i_{corr} estimada por la técnica de Extrapolación de Tafel.

(**) The values obtained of the corrosion rate are calculated using the i_{corr} based on the technique of extrapolation of Tafel.

En la figura 7 se observa el comportamiento electroquímico del acero inoxidable SA213-TP347H, en el intervalo de 540 a 680 °C y en presencia de las sales de trabajo. Los resultados nos muestran que las curvas de polarización anódicas y catódicas desplazan su potencial de corrosión a potenciales más nobles, notándose más el desplazamiento a partir de los 640 °C hasta los 680 °C. Por otro lado, las curvas catódicas se muestran desplazadas hacia valores mayores de corriente, en cuanto

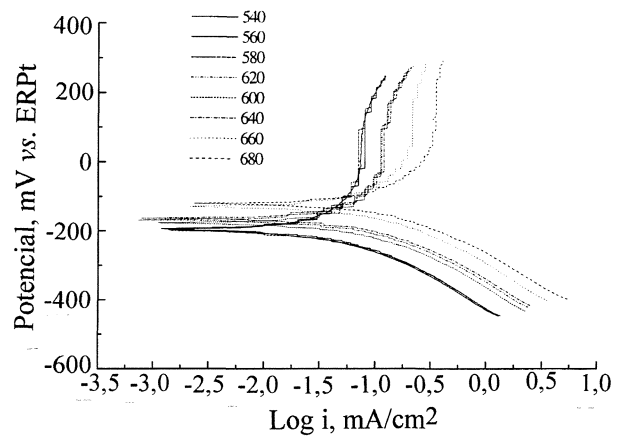


FIG. 7.— Técnica de extrapolación de Tafel para el acero SA213-TP347H.

FIG. 7.— Potentiodynamic polarization curves for the Steel SA213-TP347H.

los valores de temperatura son mayores. Una apreciación de las curvas anódicas es el incremento irregular de corriente en intervalos pequeños de potencial (en las partes iniciales de las curvas), lo cual se puede atribuir al equipo electroquímico; es decir, a un barrido/adquisición deficiente.

La tabla III resume, para el acero SA213-TP347H, los valores obtenidos por extrapolación de Tafel, las velocidades de corrosión a diferentes temperaturas, además de los equivalentes en mm/año y mpy.

TABLA III.— Parámetros electroquímicos del acero SA213-TP347H

TABLE III.— Results of potentiodynamic polarization scans and calculated corrosion rates of the steel SA213-TP347H

Intervalo de temperatura, °C	Velocidad de corrosión		E_{corr} , mV	i_{corr}^* , mA/cm ²	R_p , ω
	(mm/año)	(mpy)			
540	0,581	22,9	-196,53	5,03 e ⁻²	5,19 e ²
560	0,608	22,39	-197,51	5,26e ⁻²	4,96 e ²
580	0,613	24,1	-200,53	5,3 e ⁻²	4,92 e ²
600	0,638	25,1	-192,66	5,52 e ⁻²	4,73 e ²
620	0,657	25,9	-183,29	5,68 e ⁻²	4,59 e ²
640	0,660	26	-194,01	5,71 e ⁻²	4,57 e ²
660	0,734	28,9	-174,96	6,35 e ⁻²	4,11 e ²
680	0,917	36,1	-169,10	7,93 e ⁻²	3,29 e ²

(*) Los valores obtenidos de la velocidad de corrosión se calculan empleando la i_{corr} estimada por la técnica de Extrapolación de Tafel.

(**) The values obtained of the corrosion rate, they are calculated using the i_{corr} based on the technique of extrapolation of Tafel.

De los resultados obtenidos de las curvas de polarización y reportados en la tabla III, se puede observar que el aumento de la temperatura provoca un incremento en la velocidad de corrosión (de igual manera que en la i_{corr}), mientras que la R_p tiende a ser menor.

Además, se puede notar que el incremento de la velocidad de corrosión con la temperatura, desde 0,581 mm/año (22,9 mpy) estimados a 540 °C hasta los 0,917 mm/año (36,1 mpy) correspondientes a 680 °C, es poco severo para el acero inoxidable SA213-TP347H, si se compara con el incrementado experimentado por el acero SA213-T22, debido a la superior resistencia a la corrosión de aquél en presencia de depósitos salinos.

En la figura 8 se presenta el comportamiento exponencial que tienen los aceros evaluados electroquímicamente, mostrando un incremento en la velocidad de corrosión conforme se incrementa la temperatura. El análisis anterior nos lleva a la conclusión de que el acero inoxidable resulta ser más resistente a la corrosión en presencia del medio corrosivo elegido.

4. CONCLUSIONES

- Las técnicas electroquímicas empleadas en este estudio brindan una alternativa idónea para eva-

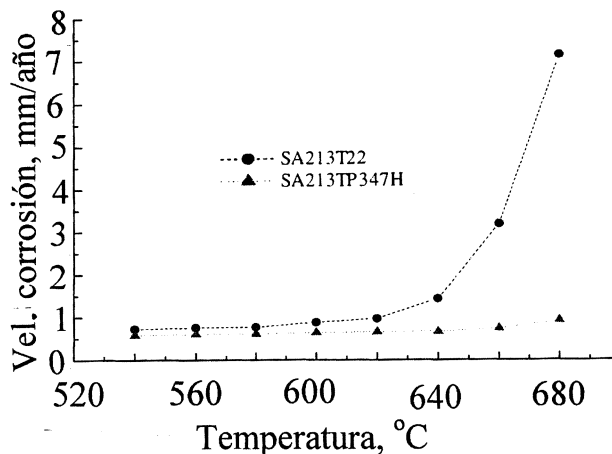


FIG. 8.— Determinación de velocidad de corrosión por técnicas electroquímicas frente a la temperatura de la mezcla salina (540-680 °C) para los aceros SA213-TP347H y SA213-T22.

FIG. 8.— *Determination of corrosion rate for techniques electrochemistries vs. the temperature of the salt mixture (540°-680°C) for the steels SA213-TP347H and SA213-T22.*

luar la velocidad de corrosión de aquellos materiales que se encuentran expuestos en presencia de depósitos salinos a alta temperatura.

- De los parámetros electroquímicos derivados de las curvas de polarización para el acero SA213-T22, (Tabla II), se comprueba que la moderada velocidad de corrosión correspondiente a 540 °C (0,724 mm/año), aumenta considerablemente a partir de los 640 °C, al aumentar la agresividad de las sales fundidas con la temperatura, llegando a ser unas diez veces mayor a 680 °C.
- Los resultados obtenidos de las curvas de polarización indican que el aumento de la temperatura provoca un incremento en la velocidad de corrosión (de igual manera que en la i_{corr}), mientras que la R_p tiende a ser menor.
- Para el acero inoxidable SA213-TP347H, se encontró un incremento en la velocidad de corrosión, desde 540 °C, menos severo, debido a que resulta ser más resistente a la corrosión en presencia de los depósitos salinos, en comparación con el acero SA213-T22.
- Con estos resultados se puede corroborar que la corrosión por depósitos salinos es de naturaleza electroquímica, dado que el sistema metal/ceniza fundida es similar al sistema metal/solución acuosa, aunque existen diferencias importantes como son la temperatura y conductividad eléctrica.
- Se recomienda que en trabajos futuros se utilicen técnicas de corriente alterna, como el ruido electroquímico y la impedancia electroquímica, para corroborar resultados y poder establecer qué técnica es la más idónea en este tipo de estudios.

REFERENCIAS

- (1) MARTINEZ, V.A. Problemática de Materiales en Centrales Termoeléctricas. 1ª edición. Imicorr-Matecor Asesores, México. 1994: 1.
- (2) FUENTES, S.R. *Bol. IIE*. 8, (4), 1984: 160-171.
- (3) LAI, Y.G. High Temperature Corrosion of Engineering Alloys. American Society for Metals. 1990: 145.
- (4) ALMERAYA, C.F. Tesis Maestría. UNAM. México, 1997.
- (5) RAPP R.A. High Temperature Science, Vol.27 1990, p. 355-367
- (6) RAHMEL A. Materials Science and Engineering. 1987: 345-351.
- (7) RAPP R.A. Materials Science Engineering. 87. 1987: 319-327.