

# DECAPADO Y PASIVACIÓN DE TRANSPORTADORES METÁLICOS DE LÁMINAS LITOGRAFIADAS, PARA SECADO OXIDATIVO

Reátegui S. Scila, Valencia Q. Midgely

Facultad de Química e Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

## RESUMEN

El flujo redox que se forma entre los transportadores metálicos y su entorno, da lugar al proceso oxidativo de la aleación del cual están hechos. La aplicación de medios mecánicos y químicos remueven los óxidos formados, contribuyendo a su rehabilitación. De los ácidos ensayados, el ácido clorhídrico al 20%V, fue la solución que cumplió con las especificaciones para la remoción y limpieza (decapado) de una estructura metálica. Luego, la formación de focos oxidativos fueron retardados mediante la aspersion con solución acuosa de nitrito de sodio al 20%V. Asimismo, el secado a temperaturas mayores de 160 °C optimiza el pasivado. Los resultados obtenidos a diferentes tiempos muestran una mínima formación de herrumbre, la que a condiciones industriales, es despreciable.

**Palabras clave:** Parrillas, curado por vía oxidativa, decapado, pasivación, herrumbre.

## ABSTRACT

The flow redox that forms between the metallic transporters and their surroundings, gives rise to the oxidating process of the alloy of which they are done. The application of average mechanics and chemicals remove formed oxides, contributing to their rehabilitation. Of tried acids, the spirit of salt to 20%V, was the solution that fulfilled the specifications for the removal and cleaning (pickling) of a metallic structure. Then, the formation of oxidating centers was slowed down by means of the aspersion with aqueous solution of sodium nitrite to 20%V. Also, the drying to temperatures majors of 160°C optimizes the passivation. The results obtained to different times show a mini formation of rust, the one that to industrial conditions is despicable.

**Keywords:** Grills, cured by oxidating route, pickling, passivation, rust.

## I. INTRODUCCIÓN

Para la impresión offset en láminas de hojalata, la industria litográfica utiliza tintas y recubrimientos químicos, “curados” por vía oxidativa. El secado de las tintas por volatilización de solventes orgánicos requiere de un horno de combustión, a nivel bajo, con aireación interna y recirculación de aire caliente<sup>[8]</sup>.

Este sistema produce, además, concentración de oxígeno y vapor de agua, que son agentes altamente corrosivos que generan el ciclo electroquímico por aireación diferencial, donde las celdas de concentración que se forman en los transportadores metálicos

(“parrillas”) hacen inminente la corrosión de la aleación metálica.

El fijado de la resina polimérica ocurre mediante un proceso de cristalización, donde la expulsión del solvente y su aireación debe ser lo más homogénea posible y en un tiempo controlado. De no ser así, se producirá una redistribución del recubrimiento; la que se inicia con la formación de conglomerados y la aparición de manchas concéntricas cónicas y elipsoides, dejando en la lámina de hojalata zonas descubiertas.

Con la finalidad de reducir estos inconvenientes se utiliza “parrillas” hechas a base de una aleación de Fe / Cu / Mn; que tiene

resistividad elevada a temperaturas que oscilan entre 180 y 50 °C. El flujo redox que se forma entre las “parrillas” y su entorno debe ser inhibido, con la finalidad de disminuir el proceso oxidativo de la aleación. Esto produce serios daños a la estructura metálica; sobretodo, porque disminuye su tiempo de vida útil.

Su proceso de rehabilitación, objetivo de la presente investigación, se inicia con la remoción de los óxidos formados (decapado) mediante la aplicación de medios mecánicos y químicos. Finalmente, mediante procesos de pasivación, son protegidos de potenciales agentes químicos oxidantes y de focos oxidativos; producidos durante el decapado.

## II. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Caracterización Fisicoquímica de las “Parrillas”

Las “parrillas” son mallas metálicas con elongaciones rectas (paralelepípedos de 0.5 cm de arista) ubicadas en el centro y de forma circunferencial (cilindros de 0.6 cm de radio) ubicadas en los extremos superior e inferior, respectivamente [3,8]. Las uniones son de estaño; en un total de 32 puntos por malla, de conglomerado metálico. En estas zonas se concentra superficialmente la oxidación; caracterizada por una coloración naranja-rojiza, de aspecto arenoso con adherencia débil al contacto por rozamiento. Su coeficiente de dilatación es de 0.01mm

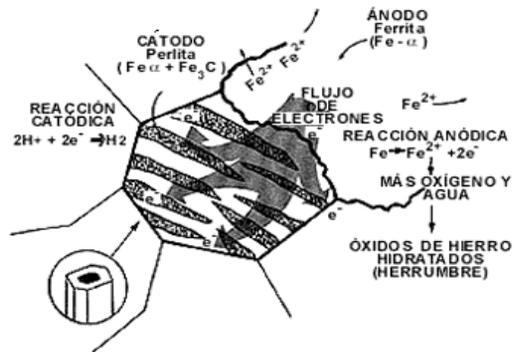


Figura N.º 1. Mecanismo preliminar de corrosión en la aleación de las “parrillas”[5].

a temperaturas menores de 250 °C, y fácilmente deformable con fuerzas mayores a 2.5 N [6]. Asimismo, presenta incandescencia a temperaturas mayores de 209 °C.

La aleación de la cual está hecha la “parrilla” es soluble en ácidos fuertes a concentraciones 12M. El tratamiento de las parrillas, durante un periodo de 7 minutos, al sumergirlas y/o al aplicar un “chorro” de estas soluciones, produce la generación de hidróxidos férrico-ferrosos y estánnico-estannosos; en medio acuoso.

### 2.2. Extracción y Caracterización del Óxido de las “parrillas”

Todo el sistema de parrillas del horno alcanza una longitud horizontal total de 456 metros, organizada en un recorrido cíclico - elipsoide con separación de 25 centímetros, entre una y otra parrilla. Las “parrillas” están sujetas dentro del horno y en general todo el sistema presenta oxidación. El muestreo de óxido se realizó en base a una parrilla de referencia y las muestras sucesivas fueron tomadas cada quince (15) unidades de “parrillas”.

#### 2.2.1. Extracción

El muestreo se realizó mediante fricción vigorosa de la superficie de las diferentes partes de cada parrilla, de un total de 94 “parrillas” que constituyen el 20.9% de todo el sistema de “parrillas” del horno litográfico. Las muestras extraídas fueron de,

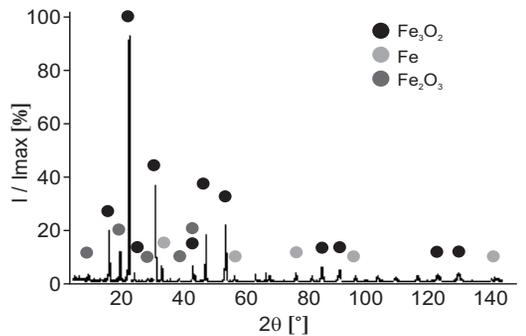


Figura N.º 2. Difractograma de la Herrumbre de las Parrillas[5]

aproximadamente, 2 gramos de óxido en cinco puntos de la parrilla (inferior derecha e izquierda, superior derecha e izquierda y centro); haciendo un total de muestra de 10 gramos por "parrilla".

### 2.2.2. Caracterización por Vía Húmeda<sup>[4]</sup>

Los remanentes resinosos de la muestra, adheridos por cocción en algunos sectores de la parrilla, son eliminados con hexano. Luego, la aleación es disuelta con agua regia, se filtran las impurezas y se añade tiocianato de amonio. La formación de un precipitado nos indica la presencia de Fe(III); mientras que la presencia de Fe(II) es detectada por la formación de una solución verdosa al adicionar bromuro de potasio, en presencia de tetracloruro de carbono.

### 2.2.3. Selección del Ácido Decapante

Considerando la reactividad de la muestra (óxidos férrico-ferroso) en ácidos inorgánicos, los ensayos fueron realizados para evaluar las condiciones más adecuadas que nos permitan producir el decapado de las superficies metálicas maltratadas. En cada uno de ellos se buscaba disolver al hierro en sus estados de oxidación más frecuentes y en los cuales se formen óxidos hidratados ó hidróxidos con baja energía electrostática y que al permanecer adheridos a la superficie metálica, permitan su remoción por contacto, fricción o enjuague acidificado. Para identificar la capacidad decapante de los ácidos se evaluaron todos los ácidos mostrados en la Tabla N.º 2 <sup>[7]</sup>.

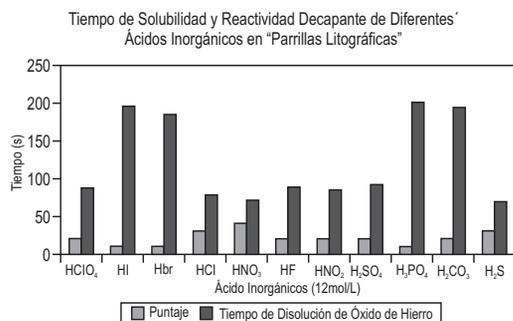


Figura N.º 3. Tiempos de Disolución de los Óxidos Férrico-Ferrosos con Diferentes Ácidos Inorgánicos.

Procedimiento:

Con cada uno de los ácidos ensayados y a una concentración 12 M, se hicieron reaccionar las muestras de óxido; en una proporción masa / volumen de 1:1. Para ello se pesaron 5 gr de óxido a los que, en un vaso de precipitado, se les añadió 5 ml de ácido decapante. Agitados levemente se les evaluaron parámetros de reactividad como:

- Emanación de gases: Formación de hidrógeno molecular, por ejemplo.
- Cambio de color: Producido por el nuevo pH o los estados de oxidación frecuentes que presente el metal ( $Fe^{+2}$  ó  $Fe^{+3}$ ).
- El cambio de temperatura: Que por lo general es exotérmica, debido al proceso de migración redox de los electrones transferidos.
- La disminución de masa de óxido: Que evaluada gravimétricamente (masa inicial-masa final), el resultado obtenido se lleva a una escala de solubilidad cualitativa.

Como el objetivo fue seleccionar al ácido más reactivo y así discriminar aquellos ácidos que no reaccionaban eficientemente con la aleación férrico-ferrosa, sólo fue necesario un rango de valores numéricos. Los datos estadísticos se ordenaron y distribuyeron de acuerdo a la Tabla N.º 3<sup>[9]</sup>.

El tiempo de referencia está relacionado con el tiempo promedio de disolución que se logra con el agua regia; a la que se le considera como el mejor disolvente para

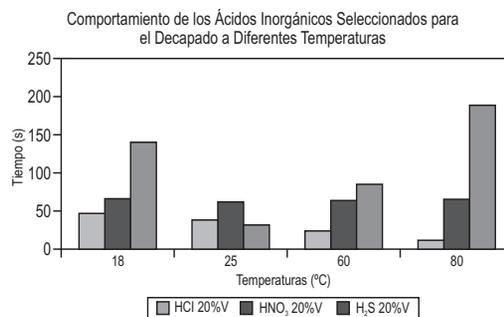


Figura N.º 4. Tiempo de Decapado, por los Ácidos Seleccionados, en Función de la Temperatura.

**Tabla N° 1:** Componentes Químicos de la Aleación Ferrosa; Constituyente Principal de las “Parrillas”

Elemento Químico	Símbolo Químico	Porcentaje (%)
Hierro	Fe	94.480
Cobre	Cu	4.5540
Manganeso	Mn	0.8940
Estaño	Sn	0.0714
Zinc	Zn	0.0004
Cromo	Cr	0.0002

aleaciones férrico-ferrosas [2] y donde dos [2] gramos de óxido es disuelto en 120 segundos [1]. Luego se compara la reactividad del óxido con cada uno de los ácidos inorgánicos evaluados.

#### 2.2.4 Selección del Pasivante-Inhibidor

Otro de los objetivos del presente trabajo fue el de incorporar un catalizador negativo o retardador de la corrosión, el cual debe bloquear el circuito galvánico de oxidación metálica. Se sabe que el proceso de corrosión metálica es un proceso de transferencia electrónica y si se limita el medio donde ocurre dicha transferencia, se habrá pasivado la superficie. Así mismo, si se añaden sustancias que bloqueen, interrumpan, desvíen o se sacrifiquen como producto final de la corrosión metálica, habremos conseguido también la pasivación[5]. La finalidad de los ensayos fue la de establecer las condiciones que impidan la formación de focos oxidativos en la superficie tratada, después del decapado.

Procedimiento:

Mediante ensayos de prueba y error fueron evaluadas cada una de las soluciones de sustancias pasivante - inhibidoras, mostradas en la Tabla N° 4. En cada uno de estos ensayos se buscó el “contacto efectivo” del pasivante-inhibidor con la superficie decapada; a través de ensayos de aspersion, de escurrimiento, untado, empaado a chorro y sumergimiento.

Cada pasivante-inhibidor fue evaluado en las “parrillas” que fueron sometidas al decapado, considerando diluciones en agua (v/v): 1:1, 1:2, 1:5 y 1:10 y aplicando cada uno de los métodos de “contacto efectivo”. La determinación de la efectividad de los “métodos de contacto” se realizó mediante la identificación de focos oxidativos; luego de 2, 12, 24 y 72 horas; y de 7 días de haberse realizado la aplicación de la sustancia pasivante-inhibidora.

### III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La identificación del ácido que libere en forma eficaz la herrumbre presente en las “parrillas”, fue lograda mediante una limpieza fisicoquímica en la que los agentes químicos de la formulación cumplieran de manera adecuada con el desprendimiento de los óxidos férrico-ferrosos. Los ensayos nos muestran que son varios los factores que contribuyeron en el decapado. La solubilidad a 25 °C y la reactividad de los ácidos: HCl<sub>(ac)</sub>, HNO<sub>3(ac)</sub> y H<sub>2</sub>S<sub>(ac)</sub>, a concentraciones entre 10 y 12M, permitieron las interacciones efectivas con las partes maltratadas de las “parrillas”, los que favorecieron los choques intermoleculares y la disociación respectiva. La evaluación a diferentes temperaturas (Fig. 4), de los ácidos seleccionados, nos permite conocer su reactividad química, la generación de subproductos o la formación de residuos que perjudiquen la limpieza. La aparición de remanentes tiene relación con la formación de conglomerados debido a la remoción de recubrimientos resinosos cuando los ácidos interactúan con la herrumbre; reduciendo, con el tiempo, la capacidad decapante de la formulación [10] y por ende su actividad limpiadora al incrementar su densidad.

Al evaluar el efecto de la temperatura: 18, 25, 50 y 80 °C (Fig. 4), se observa que el menor tiempo de decapado ocurre a temperaturas menores de 50 °C, particularmente a 25 °C. Temperaturas mayores de 50 °C producen la evaporación de las soluciones decapantes; siendo necesario diluirlas hasta un 20%V;

**Tabla Nº 2:** Constantes de Ionización de los Ácidos Evaluados

Nombre Común	Fórmula en Medio Acuoso	Constante de Acidez	pK <sub>a</sub>
Ácido Perclórico	HClO <sub>4</sub>	ca. 10 <sup>10</sup>	ca. -10
Ácido Yodhídrico	HI	ca. 10 <sup>9</sup>	ca. -9
Ácido Bromhídrico	HBr	ca. 10 <sup>9</sup>	ca. -9
Ácido Clorhídrico	HCl	ca. 10 <sup>7</sup>	ca. -7
Ácido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	ca. 200	ca. -2
Ácido Fluorhídrico	HF	6.6 * 10 <sup>-4</sup>	3.2
Ácido Nitroso	HNO <sub>2</sub>	5.0 * 10 <sup>-4</sup>	3.3
Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (HSO <sub>4</sub> ) <sup>-1</sup>	K <sub>1</sub> = 2.4 * 10 <sup>6</sup> K <sub>2</sub> = 1.0 * 10 <sup>-2</sup>	-6.62 1..99
Ácido Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sup>-1</sup> (HPO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	K <sub>1</sub> = 7.1 * 10 <sup>-3</sup> K <sub>2</sub> = 6.2 * 10 <sup>-8</sup> K <sub>3</sub> = 4.6 * 10 <sup>-13</sup>	2.15 7..21 12..34
Ácido Carbónico	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	K <sub>1</sub> =4.35 * 10 <sup>-7</sup> K <sub>2</sub> =4.69 * 10 <sup>-11</sup>	6..36 10..33
Ácido Sulfhídrico	H <sub>2</sub> S HS <sup>-1</sup>	K <sub>1</sub> = 9 * 10 <sup>-8</sup> K <sub>2</sub> = ca. 10 <sup>-15</sup>	6..97 ca. 15

con el fin de evitar la evaporación del solvente. Esta concentración permite, además, la separación de las moléculas de decapante y mejora su movilidad; sin que se produzcan obstaculizaciones entre ellas mismas [12]. En este mismo ensayo, también, se observa que el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S<sub>(ac)</sub>) disminuye su poder decapante con la temperatura. Esto se debe a su estabilidad como gas después del punto umbral de ebullición en solución acuosa. El ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), por su parte, mantiene casi constante su capacidad de decapado debido a la formación de dipolos. Esto incrementa la tensión superficial y la densidad de la solución decapante, disminuyendo la movilidad molecular. Sin embargo, el Hcℓ<sub>(ac)</sub> al 20%V presentó alta reactividad con la herrumbre y estabilidad térmica en

diferentes tiempos; por lo que se optó por el uso de esta solución (Figs. 3 y 4).

La solución decapante más adecuada y que incorpore una cantidad equivalente de pasivante-inhibidor, fue seleccionada bajo el criterio de funcionalidad del anión para ocupar zonas intersticiales y que al mismo tiempo forme una malla molecular, que adherida a la superficie metálica permita deslocalizar el flujo de electrones, realice la compensación de cargas o genere una nube eléctricamente neutra en la nueva superficie formada. De todo lo anterior se puede establecer que existe un tiempo umbral de reactividad del medio agresivo externo con el metal, que permita retirar partículas que generen debilidad durante la

**Tabla Nº 3:** Correlación entre el Tiempo de Solubilidad de la Herrumbre y su Concentración

Descripción Cualitativa	Concentración (g Óxido / mL Ácido)	Tiempo de Solubilidad (s)	Puntaje
Excelente	0.500 – 0.100	<75	40
Buena	0.100 – 0.070	89-75	30
Regular	0.070 – 0.050	90-100	20
Mala	0.050 – 0.005	>120	10

adhesión del pasivante-inhibidor particular; considerando la homogeneidad del pasivado. Adicionalmente, debe considerarse la estabilidad de las sustancias a temperaturas mayores de 200 °C; por lo que se descartan las sustancias orgánicas y los de bajo punto de ebullición.

La base de selección del pasivante-inhibidor fue la de retardar la aparición del primer foco oxidativo, considerando las características establecidas para las “parrillas”. Los pasivantes propuestos fueron sales oxisales de sodio y un ácido oxácido de anión común (Tabla Nº 4), en concentraciones de 5, 10 y 15%V, en medio acuoso. La elección de dichas concentraciones se basa en las curvas anódicas del hierro. Cuando estas sobrepasan del 20%V, se transforman en aceleradores de la corrosión [10, 11]. Así mismo, el secado a temperaturas mayores de 160°C optimiza el pasivado, debido a que el grado de formación de herrumbre es mínima y despreciable para fines industriales.

Los resultados obtenidos tanto con el nitrito de sodio, como con el ácido fosfórico fueron buenos; ya que la limpieza generada por el decapante se mantuvo en el tiempo. Esta limpieza se traduce en el retardo de la oxidación [8]. Asimismo incrementan ligeramente su protección con el aumento de su concentración; sin llegar al umbral donde actúan como corrosivos.

El tiempo que demora en aparecer el primer foco oxidativo es mayor con el nitrito de sodio. Esto, porque después de la remoción ácida a la que fueron sometidas las “parrillas” existe un tiempo donde el pasivante-inhibidor no tendrá interacción simultánea con

**Tabla Nº 4:** Propiedades de Pasivantes - Inhibidores para Aleaciones de Hierro

Pasivante - Inhibidor	P <sub>eb</sub> (° C)	P <sub>f</sub> (° C)	D (g/mL)
Trietilamina (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N	90	-115	0.728
Diisopropileter [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH] <sub>2</sub> O	68	-86	0.724
Dietileter (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	35	-116	0.713

Pasivante - Inhibidor	P <sub>eb</sub> (° C)	P <sub>f</sub> (° C)	D (g/mL)
Fosfato Diácido de Sodio NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	248	45.65	1.98
Hidracina NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	114	1	1
Amoniaco NH <sub>3</sub>	-33	-78	8

Pasivante - Inhibidor	P <sub>eb</sub> (° C)	P <sub>f</sub> (° C)	D (g/mL)
Nitrito de Sodio NaNO <sub>2</sub>	197	98.8	1.74
Bórax Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	321	75	1.7
Ácido Fosfórico H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	169	42.35	1.83

todas las “parrillas”, es decir la culminación del pasivado deberá esperar la aspersión del pasivante-inhibidor a la última parrilla, para secarlo a 180 °C. Esta temperatura mejora la adhesión del pasivante-inhibidor a la “parrilla”.

**Tabla Nº 5:** Resisistividad de Pasivantes - Inhibidores Previo a la Aparición del Primer Foco Oxidativo

Fórmula Química del Inhibidor-Pasivador	20% HCl / Agua + X % (masa) Inhibidor -Pasivador	5	10	15
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Tiempo (min)	136.8	146.8	116.3
NaNO <sub>2</sub>		144.8	150.9	150.7
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O		138.2	116.5	115
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		136.5	138.7	140.8

Este comportamiento se basa en la deslocalización del ión nitrito y el reconocimiento molecular de los iones férrico-ferrosos, que generan una coordinación intramolecular. Estas fueron las razones por las que el ión fosfato fue descartado; además de que su reconocimiento estérico-molecular no es favorable a las condiciones termodinámicas establecidas en el horno litográfico.

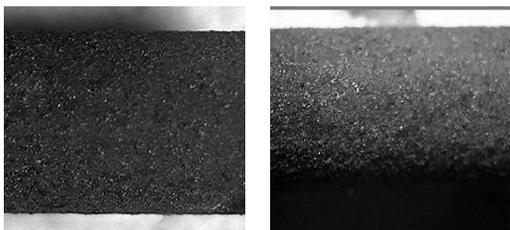
Los resultados y las variables termodinámicas evaluadas en el desarrollo de una solución que permitiese la remoción, limpieza

y pasivado de las “parrillas” de un horno litográfico fueron: Ácido Clorhídrico(20%V) y Nitrito de Sodio(20%V).

#### IV. RESULTADOS

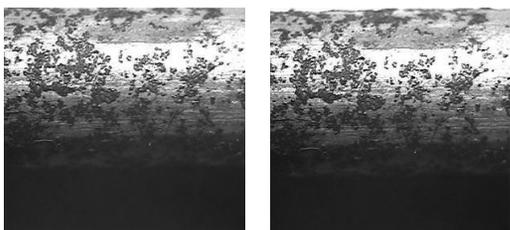
En esta parte se muestran fotografías tomadas con un aumento de 400 veces su tamaño original, por el Microscopio DIGIPRO TM 4.0 LABOMED; con Acoplamiento DIGI-ZOOM CZM4 y Captador de Reflectancia 4122080.

#### A. Muestras de “Parrillas” con Corrosión Generalizada

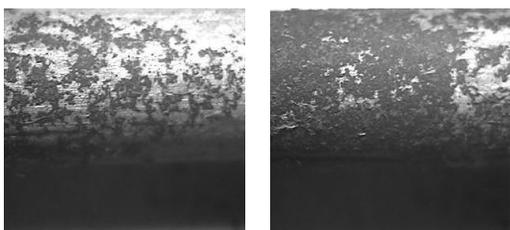


#### B. “Parrillas” decapadas, sin aplicación del pasivante – inhibidor, evaluadas a temperatura ambiente y tiempos de reposo (en horas) diferentes

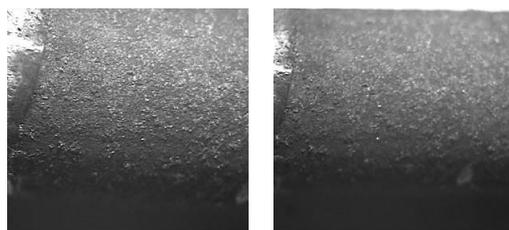
##### B1. Dos horas



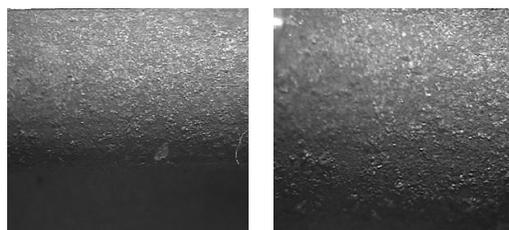
##### B2. Cuatro horas



##### B3. Doce horas



##### B4. Veinticuatro horas

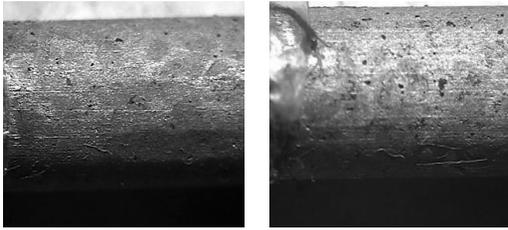


#### C. “Parrillas” decapadas con aplicación del pasivante – inhibidor, evaluadas a temperatura ambiente y a tiempos (horas y días) de reposo diferentes

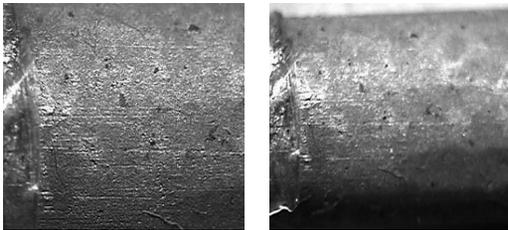
##### C1. Dos horas de reposo



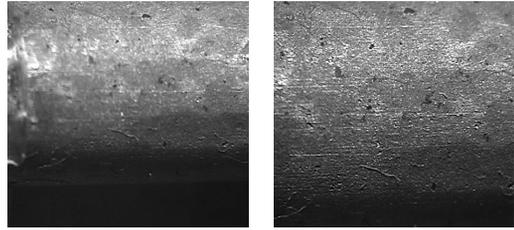
## C2. Cuatro horas



## C3. Setenta y dos horas



## C4. Siete días



## V. CONCLUSIONES

- El incremento de la concentración del ácido decapante disminuye su capacidad de remoción; debido a la poca movilidad de sus aniones, que le impiden interactuar con la herrumbre de la superficie de las “parrillas”.
- La remoción de la herrumbre, hasta en zonas intersticiales microscópicas, se mejora mucho cuando el decapado es realizado mediante el sumergimiento de las “parrillas” en la solución formulada.
- El reconocimiento molecular de los iones férrico-ferrosos <sup>[4]</sup>, producido por el pasivante-inhibidor, retarda la aparición de focos oxidativos, generados por el medio ácido electrolítico durante el decapado de las “parrillas” litográficas.

## VI. REFERENCIAS

- [1] ASTM A395 (1997). Fundiciones Dúctiles de Hierro
- [2] ASTM A476 (1997). Fundiciones Dúctiles de Hierro
- [3] Alexeiev (1998). Análisis Cualitativo, Edit. Reverte, México, pp. 100-156.
- [4] Béranger, G, Henry, G, and Saiz, G, (1996). The Book of Steel, Scierlog Editor, Intercept Ltd
- [5] Evans, Ulick R (1989). Corrosiones Metálicas, Edit. Reverte S.A., Madrid, 1989, pp. 29-36 y 86-123.
- [6] Frenier W W and Growcock F B (1984). Mechanism of Iron Oxide Dissolution-A Review of Recent Literature, Corrosion-NACE, 40(12): 663-668.
- [7] Gines, MJL(Agosto 2000). Estudio de la Decapabilidad en HCl, de Chapa Laminada en Caliente. Jornadas SAM 2000 – IV, Centro de Investigación Industrial, CC 801, 2900, San Nicolás. Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, pp. 839-845.
- [8] Groover, Mikell P (1997). Fundamentos de Manufactura Moderna, Materiales, Procesos y Sistemas, Prentice Hall S.A., 1.ª ed., impreso en México, 1997, pp. 130-148 y 150-160.
- [9] Hudson R M (1991). Pickling of hot rolled strip: an Overview, Iron & Steel-maker, pp. 31-39.
- [10] Hudson RM and Warning, C. J., Met. Finished (1980), 78(6): 21-28.
- [11] Pizarro R (2006). Protección contra la Corrosión Mediante el Empleo de Inhibidores, Rev. Per. Quím. é Ing Quím, 9(1): 25-32.
- [12] Yamaguchi S Yoshida T and Saito T (1994). Improvement in Descaling of hot strip by Hydrochloric acid, ISIJ International, 34(8): 670-678.



CEPREDIM



SE TERMINÓ DE IMPRIMIR  
EN EL MES DE NOVIEMBRE DE 2008  
EN LOS TALLERES GRÁFICOS DEL  
CENTRO DE PRODUCCIÓN EDITORIAL E IMPRENTA DE  
LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
JR. PARURO 119. LIMA 1.  
TELÉFONO: 619-7000 ANEXOS: 6011, 6015 / FAX: 6009  
E-MAIL: VENTAS.CEPREDIM@UNMSM.EDU.PE  
TIRAJE: 200 EJEMPLARES