

24.17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**“ RECUBRIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO CONTRA LA CORROSION
EN LA INDUSTRIA ”**

T E S I S

Que para obtener el titulo de
INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

MARIA ELENA QUIROZ MACIAS

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1987.



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

T I T U L O

" RECUBRIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CONTRA LA CORROSION EN LA INDUSTRIA. "

CAPITULO DEL TEMA.

INTRODUCCION.

- CAPITULO I. GENERALIDADES
 - CAPITULO II. CORROSION.
 - CAPITULO III. PIGMENTOS ANTICORROSIVOS O INHIBIDORES DE LA CORROSION.
 - CAPITULO IV. VEHICULOS ORGANICOS E INORGANICOS.
 - CAPITULO V. RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS
 - CAPITULO VI. PREPARACION DE SUPERFICIES.
 - CAPITULO VII. METODOS DE APLICACION.
 - CAPITULO VIII. EVALUACION E INTEMPERISMO ACELERADO Y COMO REPRODUCIRLO EN EL LABORATORIO.
- CONCLUSIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

I N D I C E.

	PAG.
Introducción	1

CAPITULO I.

Generalidades	2
Costo de una protección industrial	2
¿ Que se necesita para obtener una Buena - protección con pinturas y recubrimientos - anticorrosivos ?	3
Inspección.	6

CAPITULO II

Corrosión	8
Definición	8
Generalidades	8
Tipos de corrosión	10
Química de la corrosión	18
Electroquímica de la corrosión	20
Productos de la corrosión	22
Fenómeno de polarización	23

CAPITULO III

Pigmentos anticorrosivos o inhibidores de- la corrosión	25
Definición	25
Introducción	25

	PAG.
Pigmentos inhibidores de la corrosión . .	27
Pigmentos no inhibidores	39
Formas en que actúan los pigmentos inhibi dores de la corrosión.	42

CAPITULO IV

Vehículos orgánicos e inorgánicos	44
Definición	44
Introducción	44
Importancia del vehículo	45
Clasificación de vehículos	46
Vehículos orgánicos	47
Vehículos inorgánicos	55
Recubrimientos refractores	57

CAPITULO V

Recubrimientos anticorrosivos	60
Introducción	60
Características de los recubrimientos an- ticorrosivos.	62
Composición de los recubrimientos	64
Relación de composición a protección . .	66
Descripción de algunos recubrimientos - protectores	67

CAPITULO VI

	PAG.
Preparación de superficies	79
Metal rugoso	79
Métodos de limpieza y condicionamiento . .	80
Operaciones a mano	80
Operaciones con herramientas movidas mecá- nicamente.	81
Metal liso.	85
Tratamiento químico	86
Otro metales	94

CAPITULO VII

Métodos de aplicación	95
Introducción	95
Descripción de los métodos de aplicación .	96

CAPITULO VIII

Evaluación e intemperismo acelerado y como reproducirlo en el laboratorio.	102
¿ Porque nadamás UV ?	104
La temperatura acelera el UV	107
¿ Porque condensación ?	108
Conclusiones	118
Conclusiones	118
Bibliografía	120

I N T R O D U C C I O N .

Actualmente, es de gran importancia para la industria, la reducción de costos operativos de mantenimiento, reposición de equipos y sobre todo la protección de construcciones nuevas.

El costo de los daños y pérdidas ocasionados por la corrosión, representa miles de millones de pesos anuales.

La corrosión, el deterioro y el desgaste de los objetos se presenta en todas partes, dañando en diferentes grados de severidad a todas las superficies, especialmente las metálicas.

La corrosión puede evitarse y en algunos casos reducirse considerablemente con buenas normas, con el sistema de pintura para evitar la corrosión, (pinturas anticorrosivas), que resultan en una inversión que paga cxce lentes dividendos a corto y largo plazo.

De allí la importancia de disponer de diferentes tipos de pinturas que tengan aplicabilidad en la industria y en otros sectores donde sea necesaria la protección a bajo costo.

En este trabajo se hace, además una revisión de los pigmentos inorgánicos anticorrosivos que se usan en la fabricación de pinturas, las formas en que actúan y sus características.

C A P I T U L O I .

GENERALIDADES.

Elementos que producen la corrosión.

La exposición constante a los elementos atmosféricos como la lluvia, altas y bajas temperaturas, así como los cambios bruscos de temperaturas y rayos ultravioleta, desgastan las superficies iniciando su deterioro. Un buen sistema de pintura los protege y les proporciona larga vida.

La exposición de mayores grados de humedad, incluyen do vapor, condensación e inmersión en agua es el elemento que también provoca corrosión.

La exposición a los ácidos, álcalis, productos químicos, gases y vapores industriales, derrames y salpicaduras, destruyen todo tipo de superficies, que en este caso son afectadas por la corrosión química esto puede evitarse con sistemas protectores de pintura más especializados que cumplen su objetivo de protección y durabilidad.

Costo de una protección industrial.

El mantenimiento industrial y la protección de construcciones nuevas con pinturas y recubrimientos altamente anticorrosivos, resultan en una inversión que paga --- excelentes dividendos a corto y largo plazo.

Todos los materiales que se usan en la construcción tienen, como es natural, un tiempo de vida o durabilidad, pues el acero se oxida y se corroe; la madera se pudre, se turce y se raja; el concreto se gasta y se desintegra al absorber la humedad.

Todos estos materiales de construcción preservan su estado inicial con la adecuada protección. La pintura es el acabado protector más económico y duradero - que existe y protege a largo plazo los bienes a bajo -- costo.

¿ Que se necesita para obtener una buena protección con pintura y recubrimientos anticorrosivos ?

1.- Conocer la exposición básica de la superficie que causa deterioro, el análisis del medio ambiente es el primer paso para su corrección e indicará el tipo de pintura que debe utilizarse.

La influencia de zonas ambientales sobre áreas geográficas son: localidades rurales, ciudades con alto grado de contaminación de aire, zonas industriales, zonas marinas, inmersión continua o alternada en agua dulce o agua salada, zonas de condensación y de gran -- humedad.

Las condiciones zonales son: interiores normalmente secos; exteriores normalmente secos, humedad frecuente por agua dulce o salada; exposiciones químicas - ácidas (pH 2.0 a 5.0); neutra (pH 5.0 a 10.0); alcalinas (pH de 10.0 a 12.0) y con presencia de disolventes moderados; exposición química severa, incluyendo - - -

productos químicos oxidantes, pH extremos, disolventes fuertes o combinaciones de estas condiciones con temperaturas elevadas,

2.- La selección del sistema de pintura preventiva de corrosión está en función directa del grado de severidad de la exposición o medio ambiente que rodea a los objetivos que tengan que protegerse.

Existen sistemas de pintura para resolver -- problemas comunes en interiores y exteriores. También existen sistemas de pinturas para resolver situaciones especiales.

Un sistema de pintura, generalmente consiste en una capa primaria, una capa intermedia y una capa final de acabado.

En el sistema de pintura, el primario es muy importante ya que contiene pigmentos inhibidores de la corrosión y es el cimientó que se adhiere a la superficie y a la capa final de acabado en un sistema de dos - capas la capa intermedia tiene por objeto el de construir mayor espesor de la película cuando sea necesario y liga el primario con la capa final de acabado en un sistema de tres capas.

La capa final de acabado debe ser compatible con el resto del sistema y además de completar la protección, proporciona el color deseado para darle belleza al objeto.

3.- Ya seleccionado el sistema adecuado de pintura protectora es de suma importancia la preparación - correcta de la superficie para asegurarse que tendrá -- permanente adherencia. Una pintura es tan buena como - el estado de la superficie a la cual se aplique.

Los problemas de contaminación más frecuentes de las superficies, que deben eliminarse mediante la - preparación adecuada de la superficie son: herrumbre, costras de óxido, escama de laminación, suciedad, tierra, polvo, grasa, aceite, humedad excesiva y todo tipo de contaminación ambiental, marina o química.

Existe un método de limpieza y preparación de superficies para cada necesidad, en función del sistema de pintura seleccionado, que va desde los más sofisticados hasta los más sencillos y se indican en orden de importancia:

A .- Soplete de abrasivo con aire a alta presión, como: arena, granalla de acero, derivado de alquitrán de hulla, etc.

B .- Mediante herramientas accionadas por fuerzas eléctricas o neumáticas, como: cardas, lijaduras, pistolas de agujas, etc.

C .- Mediante herramientas accionadas a mano, como: cepillos de acero, lijas, rasquetas, etc.

D .- Mediante limpieza con productos químicos, como: disolventes, ácidos o álcalis. En ocasiones es necesario utilizar más de un método de limpieza.

4 .- Una vez preparada adecuadamente la superficie se utilizará el método de aplicación más conveniente. Existen diferentes métodos de aplicación:

Brochas y rodillos son los métodos más sencillos y los más utilizados en la mayoría de los casos de aplicación de sistemas de pintura convencionales.

Aspersión es el método más rápido cuando se trata de superficies grandes ofreciendo una aplicación más uniforme de la pintura. Con este sistema de aplicación existen tres tipos:

A.- El tipo de pistola convencional, con aplicación de la pintura a temperatura ambiente.

B.- El tipo de pistola convencional, con aplicación de la pintura en caliente.

C.- Tipo de aspersión sin aire, aplicada la pintura a temperatura ambiente o en caliente. En este caso no se utiliza compresor de aire, sino de bomba a alta presión. Este sistema se utiliza para áreas grandes.

I n s p e c c i ó n .

El éxito de un programa de combate efectivo de protección anticorrosiva con sistemas de pintura, -- concerniente a la ingeniería de planta, consiste en -

estar alerta continuamente de los problemas que causan el deterioro de las superficies.

Mediante inspección periódica de las estructuras, maquinaria, equipos y otras instalaciones, las fallas serán detectadas a tiempo y permitirán restaurarlas mediante su oportuno mantenimiento protector con -- pintura.

Capítulo II.

C O R R O S I O N

- Definición.-

La palabra corrosión denota la destrucción o pérdida del material por la interacción de este -- con el medio ambiente. Dicha interacción puede ser de naturaleza química o electroquímica.

La corrosión puede definirse también como el índice de estabilidad de un material frente al -- medio ambiente.

El término corrosión se aplica a la alteración destructiva de materiales por reacción química con una sustancia cualquiera, sólida, líquida, gaseosa o una combinación de estas. Además del estado físico del ambiente, deben considerarse otros factores que están en juego en el mecanismo de la corrosión -- tales como: Temperatura, presión, tiempo, impureza, fuerza erosivas, si el ambiente es estático o dinámico, etc.

- Generalidades.-

Al hablar de corrosión, generalmente la referimos a los metales, ya que estos constituyen -- prácticamente la totalidad de los materiales sujetos a este problema. Los metales constituyen el grupo -- más importante de materiales de uso común.

Su aplicación se apoya en la gran variedad de propiedades que pueden lograrse de ellos, por medio de aleaciones adecuadas o tratamientos térmicos que son particularmente útiles por sus propiedades de resistencia, ductibilidad, maleabilidad, etc. Desafortunadamente la casi totalidad de dichos materiales son susceptibles de ser atacados por el medio ambiente y sufrir la corrosión.

Los productos de corrosión pueden ser solubles en el medio corrosivo, observándose un ataque más rápido. En la mayoría de los casos, los productos de corrosión son insolubles y forman escamas poco adherentes sobre la superficie del metal o bien forman películas protectoras estrechamente adheridas y que sofocan el proceso de corrosión.

Considerando como generalmente aceptada la teoría electroquímica de la corrosión esta implica la oxidación de un ánodo y reducción de un cátodo, o sea pérdida o ganancia de electrones de los átomos del metal a otros átomos o iones .

Al ser un proceso electroquímico implica que la destrucción química va acompañada de circulación de electricidad, por lo tanto, dicho proceso obedece a la Ley de Faraday.

La circulación de electrones del ánodo al cátodo a través del metal es función de la diferencia de potencial entre las zonas anódicas y catódicas. La diferencia de potencial puede originarse a causa de la homogenidad de la superficie respecto

a la variación de las películas sobre el metal, de los diferentes componentes metalúrgicos, de la forma de impurezas, de esfuerzos, del gradiente de temperatura, etc.

La magnitud de la corrosión será proporcional a la intensidad de la corriente que circula entre las zonas anódicas y catódicas. Dicha intensidad viene regulada por los procesos en los electrodos que están influenciados por factores como: la acidez de la solución, fuerza electromotriz, agentes oxidantes, temperatura, concentraciones y otros factores físicos.

El índice de corrosión (cantidad de metal eliminado por unidad de tiempo), tiene que relacionarse con la distribución o la intensidad del ataque, por que, si la concentración se enfoca sobre una superficie reducida, puede causar más daño que si estuviera sobre una superficie mayor.

-- Tipos de corrosión.-

Se distinguen varias formas de corrosión, según la distribución del ataque y el efecto de los factores internos y externos que modifican la distribución y la rapidez.

Los factores más frecuentes encontrados, sin tomar en cuenta su importancia relativa, son los siguientes:

- 1).- Corrosión General o Uniforme.
- 2).- Corrosión por Picado o Alveolar.
- 3).- Corrosión Selectiva (deszincación).
- 4).- Corrosión Bajo película.
- 5).- Corrosión Galvánica.

1).- Corrosión General o Uniforme.-

Es la disminución uniforme del volúmen de un metal por la acción química o electroquímica.

La corrosión de este tipo es uniforme respecto al tiempo; el metal es convertido a productos solubles de la corrosión con un ritmo constante, y el ataque puede predecirse y, en cierto grado controlarse.

Casi toda la superficie metálica expuesta al aire, reacciona espontáneamente y forma productos de corrosión. El proceso se limita a la formación de una capa fina de paño (usualmente invisible), que lo protege contra una acción ulterior.

En algunos metales la reacción con el oxígeno no continúa a velocidad constante hasta que se consume el metal.

2).- Corrosión por Picado o Alveolar.-

Ni las superficies de los metales ni el medio externo que los rodea son homogéneos. Se forman -

picaduras, que penetran en el metal en lugar de extenderse sobre la superficie de la que resulta el deterioro por perforación; la picadura es difícil de evaluar y controlar porque no es uniforme con respecto a la superficie, ni su rapidez es constante respecto al tiempo.

Esta forma de ataque ocurre fácilmente en soluciones de cloruros que contienen un despolarizante, sea oxígeno o sales oxidantes.

El efecto de la picadura sobre las propiedades mecánicas, (resistencia a la tracción y elongación) suele ser pequeño porque es poco el metal efectivamente perdido.

La perforación de un recipiente puede equivaler a la destrucción completa del mismo, desde el punto de vista de la utilidad, aunque la mayor parte del metal permanece esencialmente intacta.

3).- Corrosión Selectiva.-

Este tipo de corrosión se da con frecuencia en la aleación de dos o más metales, es posible que ocurra la eliminación selectiva de un componente quedando lo demás. Así el latón rico en zinc sufre la llamada " deszincación ", por lo cual es lixiviado el zinc y queda una masa porosa de cobre casi puro. Esto puede producirse localmente y se denomina corrosión de tipo " tapón ", o en toda la superficie, y entonces se llama " Capa ".

Por lo general, se carece de datos relacionados con la actividad de los componentes de la aleación, y mientras no se disponga de ellos no podrá -- hacerse una descripción completa del mecanismo.

La concentración del medio corrosivo define, si solo se disolverá el componente menos noble o si ambos se disolverán con el depósito subsiguiente del metal más noble por sustitución.

4).- Corrosión Bajo Película.-

Este tipo de corrosión ataca al metal debajo de la película y se presenta en dos formas: -- Filiforme y Granular o Intergranular.

a).- Corrosión Filiforme.- Este tipo de corrosión se presenta generalmente en los metales recubiertos con sustancias orgánicas, y tiene forma de numerosos filamentos serpenteados. La característica de los hilos es de que nunca se cruzan. Si la punta de un hilo se aproxima a otro, al tocarla se desvía o detiene su crecimiento.

b).- Corrosión Granular.- Es un tipo de ataque que ocurre en los espacios que limitan los granos de un metal y produce pérdidas de las resistencias mecánicas y de la ductibilidad.

Este ataque puede ser rápido, penetra con profundidad en el metal y algunas veces causa averías de bastante consideración.

La corrosión granular, se produce en esca la microscópica sin que se observen indicios visibles de ataque intenso. La corrosión granular se produce por las diferentes concentraciones en los componentes de la aleación en los límites de los granos.

El control de la corrosión granular se -- funda en principios metalúrgicos, y el tratamiento -- apropiado es definido por la electroquímica del sistema particular de que se trate.

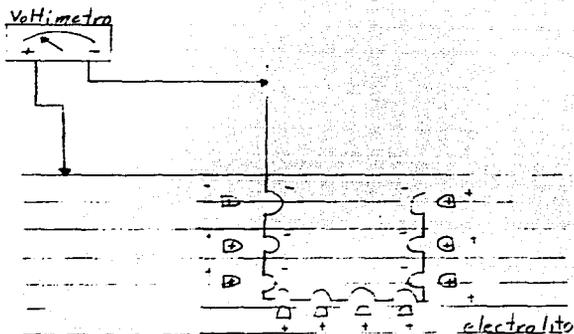
5).- Corrosión Galvánica.-

La corrosión adicional directamente rela cionada con el paso de la corriente en una pila se - denomina Corrosión Galvánica.

Esto es:

Si se sumerge un pedazo de metal en un - recipiente que contenga agua, (fig. 1). el metal - tiende a disolverse en forma de iones metálicos - con una carga positiva que pasan a la solución con - carga negativa con respecto a la solución. Si se -

conecta un voltímetro lo suficientemente sensible -- se observará que se ha establecido una corriente -- eléctrica.



Generalmente la superficie del metal tiene - distinta composición; causa suficiente para formar - diferencias de potencial, que al tener contacto el me - tal con un electrolito, forma una pila galvánica, - - tendiendo así a disolverse a estas zonas. En estos - lugares se desarrollaran potenciales eléctricos-nega - tivos, dichos potenciales se transmiten a las zonas - que tienen mayor tendencia a disolverse y que al ad - quirir un potencial tan negativo invierten el sentido del flujo iónico y por lo tanto reciben cargas posi - tivas en lugar de cederlas, formando así áreas cató - dicas, (fig. 2).

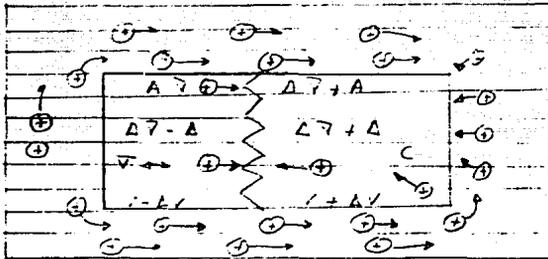


Fig. 2.

Se forma entonces el circuito galvánico, ya que se tienen los componentes necesarios: ánodo, cátodo, electrolito y conductor metálico, que conecta eléctricamente el ánodo y el cátodo; y mientras prevalezcan las mismas condiciones, las regiones catódicas; seguirán recibiendo iones positivos y las áreas aniónicas continuarán perdiéndolos, consumiéndose paulativamente. La explicación química en el caso de la descomposición del hierro cuando éste entra en solución, es:



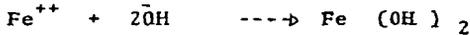
En el agua tenemos



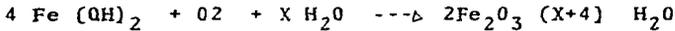
El ión H^+ se neutraliza con los electrones libres produciendo moléculas de hidrógeno que se desprenden en forma de gas.



Mientras los iones ferrosos se neutralizan - con los iones OH^- produciendo hidróxido ferroso que es insoluble:



y con la acción del agua y del oxígeno, este hidróxido ferroso se convierte en óxido férrico hidratado:



Los daños causados por una corrosión de tipo galvánico pueden ser muy grandes y en períodos de -- tiempo muy cortos, caracterizándose por mostrar grandes pérdidas de material que se pueden localizar en áreas clave. Algunas veces estas zonas son muy reducidas, como en el caso de un remache, una junta de soldadura, una unión entre trabe y columna, etc., -- que comparada con la masa total es muy pequeña, permaneciendo casi intacto el resto del material. La causa de esto es que debido a la consistencia porosa que tiene el óxido, éste absorbe humedad, observándose en algunos casos, corrosiones hasta de un centímetro de profundidad.

Siempre que sea posible la elección de dos metales de mínima diferencia de potencial, en circuito abierto, se reducirá la fuente primaria de corriente galvánica y con ello la corrosión producida por esta.

Potenciales standard de óxido-reducción
(redox)

18

Electrodo	Reaccion	E° volts vs. L.S.H.
Li ⁺ , Li	Li ⁺ + e → Li	- 3.045
K ⁺ , K	K ⁺ + e → K	- 2.925
Ba ²⁺ , Ba	Ba ²⁺ + 2e → Ba	- 2.90
Sr ²⁺ , Sr	Sr ²⁺ + 2e → Sr	- 2.89
Ca ²⁺ , Ca	Ca ²⁺ + 2e → Ca	- 2.87
Na ⁺ , Na	Na ⁺ + e → Na	- 2.744
La ³⁺ , La	La ³⁺ + 3e → La	- 2.52
Ce ⁴⁺ , Ce	Ce ⁴⁺ + 3e → Ce	- 2.48
Mg ²⁺ , Mg	Mg ²⁺ + 2e → Mg	- 2.37
Be ²⁺ , Be	Be ²⁺ + 2e → Be	- 1.85
Al ³⁺ , Al	Al ³⁺ + 3e → Al	- 1.66
Ti ²⁺ , Ti	Ti ²⁺ + 2e → Ti	- 1.63
V ²⁺ , V	V ²⁺ + 2e → V	- 1.18
Mn ²⁺ , Mn	Mn ²⁺ + 2e → Mn	- 1.18
Zn ²⁺ , Zn	Zn ²⁺ + 2e → Zn	- 0.763
Cr ³⁺ , Cr	Cr ³⁺ + 3e → Cr	- 0.74
Ga ³⁺ , Ga	Ga ³⁺ + 3e → Ga	- 0.53
Fe ²⁺ , Fe	Fe ²⁺ + 2e → Fe	- 0.44
Cd ²⁺ , Cd	Cd ²⁺ + 2e → Cd	- 0.403
Co ²⁺ , Co	Co ²⁺ + 2e → Co	- 0.277
Ni ²⁺ , Ni	Ni ²⁺ + 2e → Ni	- 0.250
Mo ³⁺ , Mo	Mo ³⁺ + 3e → Mo	- 0.2
Sn ²⁺ , Sn	Sn ²⁺ + 2e → Sn	- 0.136
Pb ²⁺ , Pb	Pb ²⁺ + 2e → Pb	- 0.126
H ⁺ , H ₂	2H ⁺ + 2e → H ₂	+ 0.000
Cu ²⁺ , Cu	Cu ²⁺ + 2e → Cu	+ 0.377
I ₂ , I ⁻	I ₂ + 2e → 2I ⁻	+ 0.536
Fe ³⁺ , Fe ²⁺	Fe ³⁺ + e → Fe ²⁺	+ 0.771
Hg ₂ ²⁺ , Hg	Hg ₂ ²⁺ + 2e → 2Hg	+ 0.789
Az ⁺ , Az	Az ⁺ + e → Az	+ 0.799
Pd ²⁺ , Pd	Pd ²⁺ + 2e → Pd	+ 0.987
Cl ₂ , Cl	Cl ₂ + 2e → 2Cl ⁻	+ 1.360
Au ³⁺ , Au	Au ³⁺ + 3e → Au	+ 1.500
F ₂ , F ⁻	F ₂ + 2e → 2F ⁻	+ 2.65

- Química de la Corrosión.-

La corrosión como una reacción química.

Para poder comprender el fenómeno corrosivo como resultado de una reacción química, es necesario disponer de algunos principios elementales de la química, los cuales se enunciarán brevemente.

Corrosión en Acidos.- Una de las formas de obtener hidrógeno en el laboratorio, es colocar un pedazo de zinc metálico dentro de un vaso conteniendo un ácido diluido como el clorhídrico o el sulfúrico.

El zinc se ataca rápidamente desprendiendo el hidrógeno:



Otros metales como lo son el hierro y el aluminio también son corroídos o disueltos por el medio ácido liberando hidrógeno:

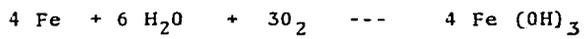


Corrosión en soluciones Neutras y Alcalinas.-

La corrosión de los metales también puede presentarse en agua limpia, agua de mar, soluciones salinas y soluciones alcalinas o básicas.

En la mayoría de estos sistemas, la solución solamente ocurre cuando éstas contienen oxígeno disuelto.

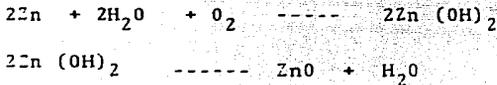
La corrosión más familiar de este tipo, es la oxidación del hierro al exponerlo a atmósferas húmedas o al agua.



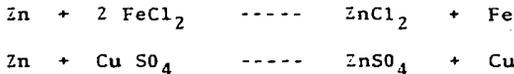
El hierro al combinarse con el agua y el oxígeno no nos da una sustancia insoluble de color café rojizo que es el hidróxido férrico, que a su vez se deshidrata y forma el óxido café rojizo.



Reacciones similares le ocurren al zinc que nos dá el depósito blanco de óxido de zinc que se observa en equipos galvanizados.



Corrosión en otros sistemas.- Los metales también pueden ser atacados por soluciones que se denominan oxidantes que contienen sales férricas y compuestos cúpricos, donde sus reacciones reciben el nombre de reacciones de sustitución metálica.



- Electroquímica de la Corrosión.-

Reacciones electroquímicas.- Una reacción electroquímica se define como una reacción química que comprende el fenómeno de oxidación y reducción. En el cual hay una transferencia de electrones.

Ejem:

Una reacción química como lo es:

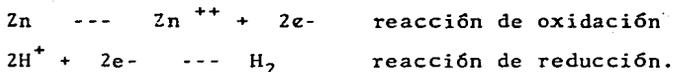


En forma electroquímica se reduce a:



ya que el ión cloruro no cambia de valencia.

Durante esta reacción el zinc es oxidado y el hidrógeno reducido, por lo que tenemos:



En términos de corrosión, una reacción de oxidación, recibe el nombre de reacción anódica y la de reducción se denomina reacción catódica.

Todo proceso de corrosión necesita por lo menos una reacción de oxidación y una de reducción, por lo que podemos resumir que las reacciones de corrosión son electroquímicas en naturaleza y debido a esto es posible dividir el proceso de la corrosión, en reacciones anódicas y catódicas que permiten simplificar la presentación de la mayoría de los procesos.

Reacciones Anódicas.- Durante el ataque corrosivo la reacción anódica siempre es la oxidación de un metal a un estado superior de valencia.



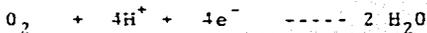
es decir, la corrosión del metal me da por resultado su oxidación para formar iones con valencia n y la liberación de n electrones

Reacciones Catódicas.- Hay varias reacciones catódicas que se encuentran durante la corrosión de los metales, tales como las que se enlistan a continuación.

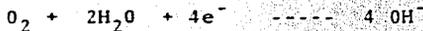
Desprendimiento de hidrógeno:



Reducción de oxígeno (en solución ácida).



Reducción de oxígeno (en solución neutra o al
calina).



Reducción de iones metálicos.



Depósitos de metal.



Todas estas reacciones tiene en común que consu
men electrones y todas las reacciones de corrosión son-
simplemente combinaciones de una o más de las reaccio-
nes catódicas indicadas, unidas con una reacción anódi-
ca similar.

- Productos de la Corrosión.-

El término productos de la corrosión, se refie
re a las sustancias obtenidas durante las reacciones de
corrosión y estas pueden ser solubles, como en el caso-
del cloruro de zinc y del sulfato de zinc o insolubles-
como en el caso del óxido de hierro e hidróxido de fie-
rro.

La presencia de los productos de la corrosión es una de las formas por las cuales se detecta ésta, - por ejemplo, el óxido.

Sin embargo es conveniente notar que los productos insolubles de la corrosión, no siempre son visibles, por ejemplo, al exponer una pieza del aluminio al aire, se forma una película de óxido casi invisible porque es extraordinariamente delgada, siendo ésta la razón del uso extensivo del aluminio en la construcción de ventanas, cancelos y molduras automotríces.

- Fenómeno de Polarización.-.-

A continuación se presenta, en forma breve, el -- concepto de polarización, el cual es muy importante -- para comprender el comportamiento corrosivo y las reacciones electroquímicas de la corrosión.

Polarización.- Es el cambio de potencial de un electrodo, al fluir una corriente hacia él o desde él.

La velocidad de una reacción electroquímica está limitada por varios factores fisico-químicos y ambientales que la retardan, diciéndose en este caso, que -- está polarizada. La polarización se puede clasificar en forma conveniente en dos tipos diferentes a saber:

Polarización por activación.

Polarización por concentración.

La polarización por activación es un proceso electroquímico controlado por la secuencia de la-

reacción en interfase metal-electrolito, que se puede fácilmente, considerando la reacción de disolución -- del zinc por el ácido clorhídrico con desprendimiento de hidrógeno.

La polarización por concentración es un proceso controlado por las concentraciones en contacto, esto es, la concentración existente entre la interfase con el electrodo y la concentración de la solución en que está sumergido. Como ejemplo tenemos un metal de hierro sumergido en agua. Si el oxígeno esta en exceso se forma el acero de hierro, el cual se deposita en la superficie metálica, provocando una caída de potencial .

CAPÍTULO III

PIGMENTOS ANTICORROSIVOS O INHIBIDORES DE LA CORROSIÓN.

- Definición.-

Pigmento.- Partículas finas, sólidas coloridas y sustancialmente insolubles en el vehículo.

- Introducción.-

Se hace uso de pinturas anticorrosivas resistentes a los productos químicos para proteger las instalaciones industriales y las estructuras de los ataques de la interperie y de los productos corrosivos. Generalmente el término "pintura anticorrosiva", se aplica a los recubrimientos que protegen los objetos metálicos, tales como los puentes de acero tanques de almacenamiento, líneas de conducción de líquidos -- del ataque de los elementos naturales y del medio ambiente inmediato. Las "pinturas resistentes a los productos químicos", son utilizadas para proteger las estructuras y los equipos en las industrias químicas, así -- como los vehículos de transporte químico, las estructuras de cemento y hormigón sometidos a ataques de atmósfera conteniendo gases u ocasionales derrames procedentes de la industria química y a una amplia gama de objetos asociados a los procesos industriales.

Se ha desarrollado una amplia gama de revestimientos de protección que cumplen las distintas necesidades en relación con las condiciones de servicio, los métodos de aplicación, las condiciones generales de secado y otra serie de características técnicas y económicas a tener en consideración. Algunos de estos productos se utilizan sin pigmentar y están basados -- fundamentalmente, en sistemas de resinas sintéticas y caucho; otras contienen pigmentos especiales inhibidores de la corrosión y se preparan con vehículos o -- aglutinantes del tipo de aceites secantes, barnices, -- resinas gliceroftálicas, barnices oleorresinosos y -- resinas epoxi.

Sin embargo los recubrimientos anticorrosivos basados en aceites secantes, barnices oleorresinosos, etc., son muy permeables al agua y al oxígeno, y estos recubrimientos dependen casi por completo de la naturaleza de los pigmentos inhibidores en cuanto al control de la corrosión.

Es evidente que existen un gran número de -- factores que deben ser considerados en relación con el desarrollo de los sistemas de pinturas adecuados para proteger los metales y otros productos de la gran variedad de situaciones corrosivas a las que pueden estar sometidos. En muchos casos los mejores resultados se han obtenido mediante la combinación de imprimaciones anticorrosivas y recubrimientos altamente resistentes. Sin embargo, en todos los casos se ha demostrado claramente que los sistemas de pintado deben tener un espesor suficiente si se desea alcanzar la protección - -

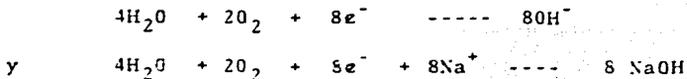
adecuada. En general, se supone que el espesor mínimo del sistema debe ser 125 micras y en algunos casos incluso superior.

En muchos casos los materiales que inhiben la corrosión están solamente en el recubrimiento inicial o imprimación, aunque se han desarrollado sistemas de pintado que incluyen pigmentos inhibidores en cada una de las tres capas del sistema.

- Pigmentos inhibidores de la corrosión.-

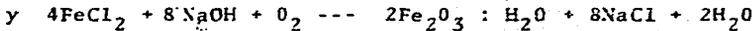
En la formulación de las imprimaciones anticorrosivas se utilizan pigmentos que confieren al recubrimiento las propiedades normales de color, opacidad y refuerzo de la película, pero, que al mismo tiempo, deben tener las necesarias cualidades de prevenir o retardar la corrosión. La mayor parte de las condiciones necesarias para el control de la corrosión se puede visualizar mediante la discusión del mecanismo de esa corrosión.

Por ejemplo, puede verse que los pigmentos -- que producen una condiciones alcalinas, tienen un efecto retardante sobre las reacciones representadas mediante las ecuaciones:



Además tales pigmentos al mismo tiempo neutralizan la acidez libre que se produce en el vehículo, evitando la aceleración de la corrosión por la presencia de acidez libre. Algunos de los jabones que se forman al reaccionar estos ácidos libres con el pigmento presentan propiedades repelentes del agua que hacen disminuir la absorción de ésta por parte del recubrimiento. Cuando se utilizan en proporciones inferiores a la concentración crítica de pigmento en volumen, los pigmentos impiden el paso del agua a través del recubrimiento y, por ello, contribuyen a una menor absorción de agua y a mejorar la integridad de la película.

Los pigmentos que presentan una acción oxidante tienden a bloquear las reacciones representadas mediante las ecuaciones:



por formación de productos oxidados que se encuentran en íntimo contacto con la superficie del metal. Ciertos tipos tienen una acción pasivante porque proporcionan iones que reaccionan con el metal y reducen la tendencia de éste a la corrosión. Otros pigmentos pueden actuar como ánodo de sacrificio respecto al hierro y facilitan una protección catódica.

Los pigmentos que son utilizados en los re-
vestimientos o pinturas inhibidoras de la corrosión -
son fundamentalmente los siguientes:

- Minio (97%)
 - Azul de plomo
 - Cromato de plomo (Amarillo Cromo)
 - Oxido de plomo (subóxido)
 - Silicromato básico de plomo
 - Sulfato de plomo
 - Amarillo de zinc
 - Cromato y tetraoxicromato de zinc
 - Fosfato de zinc
 - Oxido y sulfato de zinc
 - Zinc en polvo
 - Cromato de estroncio
 - Fosfato crómico y Plumbato cálcico.
- Minios de Plomo. $Pb_3 O_4 + PbO_2$

Los minios de plomo estan formados esencial-
mente por peróxido de plomo (97%) y dióxido de plomo-
(3 %) comercialmente se encuentran varias calidades, --
que difieren tanto por su grado de dispersión que deter-
minan las variaciones en su tono de color, que va desde
un rojo pardo o rojo amarillento hasta un rojo anaran-
jado, como por su contenido de PbO_2 el minio se ob-
tiene por oxidación del plomo metálico en hornos - -

especiales (hornos de minio). De acuerdo a su pureza existen cuatro clases:

Clase	Ala.	Alb.	Alc.	Ald.
Contenido minio				
$Pb_3 O_4$	26%	27%	31.5%	32.5%
Contenido max. impu rezas (incluida Hu- medad).	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%

Presentan pesos específicos que van desde -- 8.9 a 9.1. Los minios representan a uno de los colores de fondo preferidos que pueden aplicarse como base de pinturas protectoras frente a la corrosión en estado puro, sin embargo al ser diluïdas con un 40% de espato pesado ($BaSO_4$) o de rojo de óxido de hierro su propiedad anticorrosiva se ve incrementada. La dilución con espato pesado tiene la ventaja frente a la realizada -- con óxido de hierro, de que permite, por simple inspección ocular, en que momento ha sido consumido el minio; la dilución con rojo de óxido de hierro proporciona, por su parte, una mayor facilidad de aplicación a causa de su pequeño peso específico (relativo), dando mayores - rendimientos, por su color rojo pardo de gran poder - cubriente, no permite apreciar a simple vista el consu - mo del minio durante la disolución, por lo que su pre - paración resulta más difícil.

Este tipo de pigmento actúa de tres modos - para retardar la corrosión:

- Da lugar a un medio alcalino,
- Reacciona por su basicidad con los ácidos grasos libres para producir jabones que actúan como repelentes del agua y
- Presentan una acción oxidante.

Es un producto que se comporta muy bien como reforzante del recubrimiento, pero presenta un peso específico muy elevado, o lo que es lo mismo, un volumen por peso muy bajo, lo cual hace que sea un producto caro cuando se utiliza solo en la composición pigmentaria.

No debe utilizarse en las capas de terminación debido a su escasa durabilidad cuando se expone a las condiciones de exterior.

- Azul de Plomo.-

El azul de plomo o el sulfato básico de plomo azul se ajusta a la siguiente composición aproximada:

- 78% Sulfato básico de plomo
- 10% Sulfuro de plomo
- 4% Sulfito de plomo
- 4% Óxido de zinc
- 4% Carbono y otros productos.

El azul de plomo no es un pigmento inhibidor de la corrosión del tipo activo, sino que forma jabones con los ácidos libres y confiere a la película unas -- buenas propiedades de compactación y de repelencia del agua.

- Cromato de plomo (Amarillo cromo).

La importancia que tienen los amarillos y -- naranjas de cromo, es que son relativamente baratos y, por otro lado, la poca desventaja de sus características generales. Se obtiene en una gama considerable de tonos, que va, desde el amarillo verdoso muy claro al naranja oscuro. La composición química de los tonos -- es aproximadamente la siguiente:

Color.	$PbCrO_4$	$PbSO_4$	PbO
Amarillo verdoso	60	40	-
Amarillo claro	80	20	-
Amarillo medio	100	-	-
Naranja claro	80	-	20
Naranja oscuro	60	-	40

Esta clase de pigmentos son de tonos y matices bastante brillantes y tienen buena intensidad, pero un bajo poder cubriente por kilo. Los tonos intermedios muestran el mejor poder cubriente así como una-- mayor intensidad.

Los amarillos y naranjas de cromo en su mayor parte tienen poca reactividad con los vehículos y buena estabilidad de envasado. Además de que tienen una resistencia bastante buena a los cambios de color.

Los amarillos de cromo son ampliamente usados en construcciones, conservación y acabado industrial de toda clase, algunas veces no está permitido su empleo a causa de su contenido de plomo.

- Oxido de plomo (subóxido)

El subóxido de plomo, PbO_2 , se obtiene mediante un proceso electroquímico por la firma Subox In incorporated en New Jersey. Esta empresa, única productora de este pigmento en América lo utiliza enteramente en la producción de sus propias pinturas. El subóxido de plomo es una forma inestable de este metal y reacciona con los ácidos grasos de la película húmeda y la película seca. La reacción conduce a la formación de jabones de plomo metálico. La reacción continúa durante la vida del recubrimiento, lo que da lugar a una película fuertemente repelente del agua que presenta propiedades inhibitoras de la corrosión.

- Silicromato básico de plomo.-

El silicromato básico de plomo es un pigmento compuesto, en el cual las partículas están formadas por un núcleo de sílice rodeado de una capa de cromato básico de plomo. La acción anticorrosiva no responde a la composición de cromato básico de plomo,

mientras que el núcleo de sílice aumenta su volumen - por unidad de peso y consiguientemente disminuye su costo. Este pigmento se ajusta la siguiente composición:

47.0 % óxido de plomo (PbO)
 47.6 % sílice (SiO₂)
 5.4 % óxido de cromo (CrO₃)

y presenta un color naranja .

Como consecuencia de su buena retención de color y durabilidad al exterior, se puede utilizar ampliamente con gran éxito en los sistemas de "protección en profundidad", que consta de tres manos, cada una - de ellas con este pigmento.

El silicocromato básico de plomo tiene -- una baja solubilidad en agua y produce iones cromato- cuando se encuentra en solución, los cuales son activos en cuanto a la acción inhibidora de la corrosión - tanto por su acción oxidada como por su acción pasivadora.

- Sulfato de Plomo.-

Es uno de los principales tipos de pigmento **blanco**, es un compuesto inorgánico del plomo, en donde se utilizan pequeñas cantidades de óxido de antimonio- en pinturas de tipo antinflama y como inhibidor de ca- leo.

Los pigmentos de este tipo se obtienen me- diante dos procedimientos:

- por precipitación y
- por gasificación.

La composición de los pigmentos y su tamaño de partícula pueden controlarse dentro de ciertas limitaciones variando convenientemente las condiciones del proceso.

Los sulfatos de plomo son algo más económicos a diferencia de otros pigmentos.

- Amarillo de Zinc.-

El amarillo de zinc se ajusta a la siguiente fórmula empírica $4ZnO \cdot K_2O \cdot 4CrO_3 \cdot 3H_2O$. El amarillo de zinc tiene una ligera solubilidad en agua, pero suficiente para producir iones cromato que actúan controlando las reacciones de corrosión. Los iones cromato ejercen una acción pasivadora produciendo una película protectora en los ánodos que impide el proceso de las reacciones anódicas. Naturalmente, debe haber presente suficiente cantidad de iones cromato para asegurar la película protectora, y esto depende fundamentalmente de la solubilidad del pigmento inhibidor y de su concentración en el recubrimiento.

El amarillo de zinc se emplea frecuentemente como pigmento inhibidor en las imprimaciones para aluminio, debido a que los pigmentos que contienen plomo pueden causar la corrosión de este metal. La composición del vehículo es un factor importante y decisivo en la corrosión del aluminio y magnesio por los pigmentos de plomo, como lo demuestran el hecho conocido de los minios de tipo vinílico, que ofrecen una buena -

protección a estos metales. El amarillo de zinc más conveniente es aquel que presenta un bajo contenido de cloruro, y sulfatos solubles y que cumplen la especificación TT-Z-415 tipo 1 y 2. La presencia de cantidades apreciables de estas sales en el pigmento aumenta la absorción de agua del recubrimiento y disminuye su capacidad como producto inhibidor de la corrosión.

N O T A .-

TT - Z - 415

Tipo I debe contener como máximo 0.20% de SO_3 y 0.10% de Cl.

Tipo II debe contener como máximo 3.0% de SO_3 y 0.80% de Cl.

- Cromato de zinc y tetraoxicromato de zinc.

El cromato de zinc se conoce comercialmente como amarillo de zinc, es una sal compleja de potasio, -- zinc y ácido crómico, presenta un color amarillo claro de tonalidades vivas. Su preparación se realiza a partir del blanco de zinc, que se disuelve incompletamente en ácido sulfúrico y se precipita con bicromato potásico. El amarillo de zinc es extraordinariamente sólido y resistente a la interperie.

El tetraoxicromato de zinc ($\text{ZnO} \cdot \text{CrO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), se presenta en forma de polvo amarillo claro, y se -

diferencia del cromato de zinc en particular por su insolubilidad en el agua. Se usa sobre todo como pintura de fondo en la protección frente a la corrosión, formando uno de los componentes fundamentales del "wash - primer" (capa base o de imprimación).

- Oxido y Sulfuro de Zinc.

El grupo de los pigmentos del zinc contienen dos compuestos principales: óxido de zinc y sulfuro de zinc. El óxido de zinc se produce y se vende como material sin plomo y también en forma de óxido de zinc emplomado, que contiene hasta 75% de sulfato básico de plomo. El sulfuro de zinc se encuentra como producto comercialmente puro y también en combinación con sulfuro de bario con el nombre de litopón.

El óxido de zinc, en las pinturas facilita la mezcla y la molienda; sirve para controlar la consistencia y la penetración; mejora el secado y el endurecimiento de la película; reduce el amarilleo y el entizamamiento y mejora la autolimpieza y la resistencia al moho. Es un pigmento básico activo que reacciona con el aglutinante de la pintura y los productos orgánicos-ácidos de degradación formados por exposición a los --agentes atmosféricos. Estas propiedades dan al óxido de zinc un lugar importante en las pinturas de acabado y esmaltes blancos para el exterior.

El sulfuro de zinc, de la calidad de pigmento comercial de 98%. Índice de refracción 2.37 . El -

elevado índice de refracción contribuye a su capacidad relativamente grande de cubrimiento. Es inerte con -- los vehículos comunes de pintura.

- Zinc en polvo.-

Teóricamente, cualquier metal que sea menos noble que el hierro actuaría como inhibidor de la corrosión cuando se utilizase en forma de polvo; como pigmento de una pintura, entre estos metales está el zinc.

Los pigmentos de zinc metálicos en forma de polvo recibe generalmente la denominación de polvo de - zinc. Se emplea en pinturas para su aplicación sobre - hierro en forma de imprimación anticorrosiva con las -- que se consiguen recubrimientos del tipo galvanizado y - también en pinturas de terminación. Estas pinturas deben contener una concentración de pigmento que sea lo - suficientemente alta como para establecer un contacto -- eléctrico entre las partículas del pigmento y el hierro. Otros usos son en la conservación general cuando se requiere una especial adherencia, resistencia a los agentes químicos y duración.

- Cromato de Estroncio.-

El cromato de estroncio es algo menos soluble que el amarillo de zinc, pero lo es mucho más que - el cromato básico de zinc y, actúa como un inhibidor de la corrosión cediendo iones cromato.

Su precio es considerablemente más elevado que el del amarillo de zinc lo cual restringe su utilización, sugiriéndose el empleo de una mezcla 50:50 --

cromato de estroncio y cromato básico de zinc. El cromato de estroncio tiene un poder colorante muy bajo y es el único pigmento de cromato que no interfiere en la flotación del aluminio en las pinturas. Por esta razón, se emplea con pinturas de aluminio para mejorar la resistencia a la corrosión de éstas.

- Fosfato Crómico y Plumbato Cálcico.-

Se conoce un compuesto llamado fosfato crómico, que se ha sugerido como pigmento inhibido, y que puede emplearse en composiciones vinílicas de un solo componente para su uso como recubrimiento sobre metales.

El empleo del plumbato cálcico en las pinturas de imprimación ha sido descrito por Read y Chilver. Read afirma que con el empleo comercial durante siete años, de las imprimaciones del plumbato cálcico se confirma en cuanto que este pigmento es de utilidad en la protección del hierro y del acero.

- Pigmentos no inhibidores.

Ciertos pigmentos son utilizados en las pinturas anticorrosivas debido a las buenas propiedades de construcción de películas que presentan y a su costo inferior al de los pigmentos inhibidores. Los pigmentos de óxido de hierro, son unos productos excelentes para este fin. Sin embargo, hay gran variedad de tipos de óxido de hierro rojo y debe tenerse un especial cuidado

al seleccionar el tipo más conveniente para las imprimaciones resistentes a la corrosión. Las dos propiedades más importantes que deberán comprobarse son:

- el pH de estos pigmentos y
- su tamaño de partícula.

Los pigmentos de óxido de hierro que dan reacción ácida cuando se empastan con agua, no se deberán utilizar en las formulaciones de esta clase de pintura. Existen óxidos de hierro baratos con un pequeño porcentaje de partículas comprendidas entre 20-30 micras, y cuando se emplea esta clase de productos en imprimaciones que alcancen espesores de 1-2 mils, cada partícula ocupa por lo menos la mitad del espesor de la película y pueden producir protuberancias que sobresalgan de la superficie. Cada una de estas protuberancias son puntos débiles en el recubrimiento que disminuyen su durabilidad.

El color de las imprimaciones anticorrosivas generalmente, oscila entre amarillo naranja, rojo y marrón, como consecuencia de que todos ellos suelen estar basadas en los pigmentos de óxido de hierro. Si se precisa la preparación de imprimaciones de color - gris deberá emplearse azul de plomo o combinaciones de blanco de plomo y óxido de hierro negro con la cantidad necesaria de pigmento inhibidor. El negro de humo y el negro de lámpara no se deben utilizar en estas formulaciones como consecuencia de que presentan un carácter ácido y estimulan la corrosión.

El grafito tiene un color gris oscuro y en algunas ocasiones se emplea en las películas de terminación como consecuencia de su buena resistencia a la humedad, pero tiende a estimular la corrosión si se emplea en imprimaciones.

Los principales pigmentos inertes empleados en las imprimaciones anticorrosivas son:

- Silicato magnésico
- Mica
- Mica grafitica
- Sílice de diatómeas
- Silicato magnésico.- $H_2 Hg_3 (SiO_3)_4$

El silicato magnésico tiene una acción reforzante mecánica del recubrimiento, como consecuencia de la forma acicular de sus partículas, y al mismo tiempo disminuye el sedimento que pueda formarse en el envase.

- Mica.- $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2 \cdot 2H_2O$

La mica retarda la absorción de humedad por el recubrimiento como consecuencia de su forma laminar.

- Sílice de diatómeas.-

La sílice de diatómeas, en pequeños porcentajes, produce unos grados de brillo en la superficie de

las imprimaciones que favorecen la adherencia de las manos posteriores.

Además de estos encontramos otro tipo de pigmentos como: La barita que es un pigmento muy inerte que puede emplearse para alcanzar un elevado contenido de sólidos, como consecuencia de su escaso volumen por unidad de peso, aunque presenta el inconveniente de su tendencia a la formación de sedimentos duros en el envase.

El carbonato cálcico alcalino químicamente activo, pero ligeramente soluble en agua lo que puede aumentar la sensibilidad al agua del recubrimiento.

En general, los pigmentos del tipo caolín contribuyen a la compactación de los recubrimientos oleorresinosos, pero tienden a sedimentar en el recipiente y son muy difíciles de dispersar.

Formas en que actúan los pigmentos inhibidores de la corrosión.

- a).- Pueden producir condiciones alcalinas y así prevenir o retardar la corrosión
- b).- Neutralizar los ácidos libres de los vehículos ya que estos ayudan a la corrosión.
- c).- Los jabones que se producen al reaccionar los pigmentos con los ácidos -

grasos de los vehículos tienen propiedades repelentes al agua.

- d).- Si se usan en las concentraciones - apropiadas impiden el paso del agua, y por consiguiente, contribuyen a - baja absorción de ella por las películas de pintura, aumentando así la integridad de la capa.
- e).- Otros pigmentos tienen propiedades oxidantes y forman productos que están en contacto estrecho con el metal retardando la corrosión.
- f).- Otros tienen una acción "pasivadora" ya que dejan iones libres que reaccionan con el metal y reducen su -- tendencia a oxidarse.
- g).- Algunos otros pigmentos pueden ac--tuar como ánodo de sacrificio impi--diendo que el metal se corroa.

CAPITULO IV.

VEHICULOS ORGANICOS E INORGANICOS.-

Vehículo.-

Definición.-

El vehículo es la mezcla de polímeros, disolventes, agentes tensioactivos y otros que forman la fase líquida en que se dispersan los pigmentos, y actúa como formador de película.

Es necesario hacer investigaciones sobre polímeros que produzcan vehículos con mejores propiedades de dispersión.

Investigaciones fundamentales de los procesos de humectación, en el sistema pigmento-vehículo demuestran que las condiciones óptimas para la dispersión son desconocidas en muchos aspectos y aún lo que se ha aclarado no ha sido empleado en la práctica.

Introducción.-

El vehículo está formado por la resina que se disuelve en el o los disolventes. Esta resina es generalmente la parte más importante desde el punto de vista de resistencia química.

Actualmente hay un sinnúmero de resinas que tienen aplicación y su número crece cada año conforme se obtienen posibilidades de llevarlas al estado líquido. En el caso de las resinas que son muy viscosas, su fluidez -

se logra con disolventes fuertes, diluyentes reactivos o por temperatura.

El balance de disolventes deberá ser calculado de acuerdo al tipo de resina, al tiempo requerido de se cado, sistema de aplicación, costo, etc.

Importancia del vehículo.-

Al formular la barrera primaria, el vehículo - es muy importante. Como la humedad penetra vía los - grupos polares del polímero los recubrimientos sin estos grupos serían los más impermeables.

Pero como la adherencia al sustrato es pro-- porcional a los grupos polares es necesario buscar un equilibrio que nos dé las características óptimas. - - También es muy importante la resistencia a los álcalis- que tengan el polímero, ya que en el proceso corrosivo- en medio neutro, la reacción catódica es:



Por tanto los vehículos deben escogerse según - el caso.

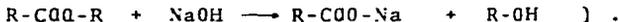
La composición del vehículo también es importante en la permeabilidad. Relaciones epoxi-poliamida 2 a 1 son más impermeables que los de relación 1 a 1. Esto - se debe al mayor grado de polimerización cruzada.

Clasificación de Vehículos.-

Los vehículos se pueden clasificar:

Más impermeables.- vinílicos, cloruro de vinilideno, acrílo nitrilos, hule clorado, etc.

Más adherentes.- epóxicos, alquidálicos, (es tos últimos sufren ataque bajo la película cuando ya hay corrosión, debido a que el ión OH^- saponifica los ésteres como lo hacen los aceites con la sosa al formar jabón y esto produce corrosión bajo película,



Las epóxicas y vinílicas no contienen grupos éster.

También deberán ser calificados en entrecruzables y no entrecruzables; los primeros son capaces de producir un entrecruzamiento de la película del recubrimiento mediante tres sistemas generales:

- polimerización por oxidación,
- conversión catalítica y
- polimerización térmica..

Tanto los vehículos de secado al aire como los de secado al horno se podrán encontrar entre los tipos convertibles o entrecruzables.

La variedad no entrecruzable produce unas estructuras lineales en los recubrimientos que permanecen termoplásticos y solubles frente a los disolventes orgánicos. Normalmente, este tipo de recubrimientos seca mediante evaporación simple del disolvente a la temperatura ambiente, aunque frecuentemente se tiende a -- forzar el secado a temperatura del orden de 140° - 180°F para acelerar el proceso.

Otra clasificación de los vehículos puede hacerse según el tipo de producto volátil que contenga. Los vehículos que contienen agua pueden encontrarse en forma de emulsiones o de soluciones. El agua tiene las ventajas de un costo inferior, una fácil disponibilidad, el no ser flamables y la ausencia de olor, pero deben tenerse demasiadas precauciones en la formulación y el manejo de este tipo de productos para evitar la corrosión de los recipientes donde se envasan y de los equipos de fabricación y aplicación, así como la degradación bacteriana de las pinturas.

- Vehículos Orgánicos.

Los estearatos metálicos que van a ser comentados aquí, son los correspondientes al aluminio, zinc, magnesio, calcio, y plomo. De todos ellos los estearatos de zinc y aluminio son los más ampliamente utilizados en las industrias de pintura. Estos tienen tres aplicaciones fundamentales:

1. 1 Como agentes enmatecedores, para disminuir el brillo de las películas.

2. 1 Como agentes antisedimentantes , para -
prevenir la formación de sedimentos du
ros en las pinturas envasadas, y

3. 1 Como lubricantes, para facilitar el lija
do de la imprimación nitrocelulósica en-
los sistemas de la imprimación nitrocelu-
lósica en los sistemas de barnizado de -
madera o similares.

Teniendo en cuenta que estos tipos de produc-
tos presentan una enérgica acción repelente del agua, -
contribuyendo a incrementar la resistencia frente a la
humedad de la película donde intervienen.

La mayor parte de los vehículos conocidos en -
la actualidad se relacionan en la tabla, pero existen -
muchas variedades dentro de cada uno de ellos.

T A B L A .

Tipo general de vehículos utilizados en pintu-
ras.

Aceites secantes

Copolímeros grasos

Aceites poliuretananados

Barnices Spirit

Barnices oleorresinosos

Resinas gliceroftálicas de s/aire
Resinas gliceroftálicas no secantes
Sistemas gliceroftálicos-melamina
Sistemas gliceroftálicos-urea

Esteres epoxi
Resinas epoxi catalizadas
Sistemas epoxi poliamida
Resinas fenólicas de secado al horno
Poliuretanos

Resinas de caucho clorado
Resinas de estireno-butadieno
Cauchos de cloropreno
Cauchos de polisulfuro
Resinas de polivinilo
Resinas poliacrílicas
Polímeros celulósicos

Resinas de silicona
Fluorocarbonos
Titanatos orgánicos

Emulsiones de resinas poliméricas
Resinas solubles en agua.

A continuación se describirá brevemente algunos de los vehículos más utilizados en la fabricación de pinturas anticorrosivas.

Vehículos grasos de secado al aire.

Los aceites de linaza y pescado son los principales aceites de secado al aire que se utilizan en pinturas al exterior aplicadas sobre maderas y también en pinturas antioxidantes utilizadas sobre maderas y también en pinturas antioxidantes utilizadas sobre estructuras de acero. El aceite de linaza crudo tiene una viscosidad relativamente baja y su peso molecular es muy pequeño, presenta buenas propiedades de humectación sobre las superficies de acero laminado en caliente y tienden a penetrar a través de la costra de laminación y dentro de los espacios que quedan en las zonas de solape de perfiles, así como uniones y puentes.

En aplicación de exterior, este tipo de películas llega a endurecer e incluso a convertirse en recubrimientos rígidos como consecuencia de un proceso oxidativo producido por radiaciones ultravioleta. El tiempo de secado inicial puede, acortarse mediante combinación del aceite crudo con aceites polimerizados o resinas glicetálicas o fenólicas.

Las pinturas grasa presentan escasa resistencia a la humedad y son muy sensibles a los ataques de los álcalis. Por esta razón, las pinturas grasa oleoresinosas han sido situadas en un gran porcentaje por las pinturas basadas en resinas en emulsión que no resultan atacadas por los álcalis.

La copolimerización de los aceites secantes con monómeros vinílicos tales como el estireno y el

vinil-tolueno produce vehículos de secado mucho más rápido, y que tienen mejor resistencia a los alcalis y al agua que los aceites de linaza. Este tipo de copolímeros no son suficientemente duraderos cuando se utilizan en pinturas al exterior, pero, sin embargo, son adecuados en pinturas mate y semibrillantes de interiores.

Los aceites de poliuretano obtenidos mediante reacción del aceite de ricino con isocianatos presentan unas importantes mejoras en la resistencia al agua y a los productos químicos, y son vehículos más adecuados para pinturas de mantenimiento industrial en plantas de industria química.

Vehículos oleorresinosos.-

Los barnices graso-fenólicos, preparados con resinas fenólicas, son muy utilizados como vehículos para esmaltes de interiores de secado rápido y en manos de fondo de secado al horno empleados como recubrimientos para el acabado industrial de metales. Cuando esta clase de barnices se obtienen mediante el empleo de aceites de madera o mezcla de aceites de madera y linaza y resinas fenólicas puras, el barniz presenta una resistencia al exterior excepcional, obteniéndose productos muy recomendables para ser utilizados en zonas marinas o en condiciones similares.

Se obtiene unas resistencias al exterior muy buenas con empleo de resinas fenólicas modificadas, mediante las cuales se consiguen barnices grasos que son-

productos muy adecuados para ser utilizados en pinturas de aluminio.

Vehículos gliceroftálicos.-

Las resinas gliceroftálicas han conseguido pasar a ser el caballo de batalla de los vehículos utilizados en la industria de pinturas y, en la actualidad, se puede decir que solo ellas representan más del 50 % de los aglomerantes utilizados en recubrimientos. Este tipo de vehículos puede ser considerado como del mejor color y retención del mismo cuando se compara con otros barnices y presenta, a la vez, una buena retención de brillo y durabilidad en recubrimientos al exterior.

Las resinas gliceroftálicas conteniendo aceites de soja, ricino deshidratado o de linaza y diluídas secan al aire mejor que otras muchas, particularmente cuando se emplean pigmentos coloreados, tales como los negros de humo y pigmentos orgánicos que tienden a retardar el secado.

Puede considerarse como un hecho afortunado el que las resinas gliceroftálicas y las amínicas sean comparables, ya que estas últimas contribuyen a mejorar las condiciones de dureza y resistencia al exterior que no podrían obtenerse con el empleo de las gliceroftálicas exclusivamente.

Las resinas amínicas de melamina o urea también contribuyen a aumentar la resistencia al agua y a los álcalis.

Los ésteres epoxi pueden considerarse como uno de los más interesantes con propiedades intermedias --- entre las de los barnices oleorresinosos y las de los gliceroftálicos, especialmente cuando se utilizan en imprimaciones para metales de secado al horno, como con secuencia de su excelente adherencia combinada con una buena resistencia al agua y a los productos químicos, - así como una buena coherencia de la película que forman.

Una mezcla de aproximadamente partes iguales de - caucho clorado y resinas gliceroftálicas presenta una buena resistencia al agua y a los productos químicos con propiedades de secado buenas, y pueden considerarse como adecuadas por su resistencia para ser utilizado en - pinturas de mantenimiento en plantas industriales.

Vehículos de resinas epoxi .-

Las resinas epoxi son utilizadas solas o en combinación con resinas de poliamida y también, después de su esterificación con ácidos grasos en forma de - - ésteres epoxi.

La combinación epoxipoliámida proporciona película las más elásticas como consecuencia de su entrecruzamiento no es tan elevado, pero este mismo hecho significa igualmente una menor resistencia a los disolventes y a los productos químicos. Sin embargo, esta combinación de resinas epoxi y poliamida encuentran un amplio campo de aplicación en pinturas resistentes a la corrosión y a los productos químicos.

Los ésteres epoxi pueden considerarse casi tan buenos en cuanto color y resistencia al exterior -- como las resinas gliceroftálicas, pero presentan un -- comportamiento superior frente a los ácidos, álcalis y al agua, también son satisfactorias en pinturas de mantenimiento industrial que han de soportar ambientes relativamente agresivos en plantas químicas, y son similares, por su comportamiento, a los aceites uretados recomendados para esta clase de aplicaciones.

Las resinas epoxi catalizadas de secado alaire, proporcionan recubrimientos duros y con una excelente resistencia a los disolventes y muchos productos químicos.

Poliésteres y uretanos .-

Los aceites uretanados son empleados en los recubrimientos destinados al mantenimiento industrial, especialmente, en aquellos casos para los que se -- precisan buenas resistencias químicas.

Las pinturas de poliuretanos ofrecen una excelente protección contra la corrosión.

La superficie pintada es impermeable y mantiene alejados del fondo los agentes causantes de la corrosión. Se ha conseguido, incluso, desarrollar imprimaciones que garantizan una buena protección anticorrosiva también sin emplear pigmentos activos.

Las imprimaciones de poliuretanos se adhieren bien a las superficies metálicas.

Su campo de aplicación es muy extenso, por lo que hace que este tipo de vehículo desempeñe un papel importante bajo los aspectos técnico-económico.

Así entre otras aplicaciones, se distinguen:

- Obras de ingeniería. - Instalaciones para productos químicos y petroquímicos.
- Instalaciones transportadoras.
- Construcción de tuberías

Obras hidráulicas de acero.

Protección anticorrosiva en el sector de transportes.

- Vehículos Inorgánicos.

Los vehículos inorgánicos son difíciles de encontrar, por lo que aquí hablaremos en particular de uno de ellos, como ejemplo.

El etil silicato, utilizado en una gran variedad de funciones vitales para la industria, es el - -

principal agente para pinturas resistentes a la corrosión y al calor, es un excelente vehículo refractor para capas refractantes y recubrimientos.

Los vehículos de etil silicato son el origen del dióxido de vinilo, pueden utilizarse donde el sodio u otras impurezas metálicas deterioran el vehículo.

Información general.- Los vehículos de etil silicato pueden utilizarse con cualquier material refractario. La técnica es satisfactoria, adaptable a refractarios que reaccionan con el silicato a altas temperaturas.

Las ventajas en el empleo del proceso del silicato de etilo para preparar formas cerámicas son:

- Rápido.- Las formas pueden hacerse en minutos.
- Fácil de moldear.
- Fácil de usar.- Solo cuatro pasos:
 - 1.- Mezcla el vehículo refractor y agentes gelatinosos.
 - 2.- Mueva sobre un patron vibracional.
 - 3.- Deje gelaficar.
 - 4.- Caliente inmediatamente o cuando sea conveniente.
- Alta resistencia durante la descarga
- Alta refractancia.

- Versatilidad.- Alta resistencia al impacto con diferentes tiempos de gelificación y puede utilizarse vibradores, prensas, torneadores, etc. Fácil de conservar y calentar.

Una de las más importantes propiedades es que provee sustancialmente la adhesión de partículas refractorias, importante resistencia al fuego.

Recubrimientos refractores.-

Este tipo de vehículos pueden ser utilizados con varios materiales refractarios para recubrimientos o como componentes de ladrillos, ladrillos contra fuego, bloques de cemento, y recubrimientos de carburo de silicio con aluminio o zirconio para minimizar la oxidación a altas temperaturas.

- Refractantes sugeridos.- Son fluor fino de silicio de arcilla calcinada, zirconio, y alumina. - Los usos del zirconio producen recubrimientos de baja permeabilidad.

- Pigmentos sugeridos.- Son el rojo, el café, el amarillo, negro de óxido de hierro, verde de cromo, azul de cobalto, blanco de titanio, algunos pigmentos como el óxido de titanio deben ser empleados con una técnica de corte especial dentro del solvente - el cual es adicionado al vehículo anterior a su utilización.

En general la selección del refractor puede ser hecha en base a la compatibilidad con las características físicas del sustrato cuando son sujetas a altas temperaturas.

Formulación típica.- Esta formulación es sugerida como guía para preparar recubrimientos refractores.

- 1.- Seleccione el refractor apropiado y el pigmento, mezcle estos cuidadosamente para una distribución uniforme.
- 2.- Adicione la mezcla al vehículo. La cantidad de vehículo debe estar a razón de 1:2 o 1:4 vehículo a mezcla refractoria. Para secado rápido incorpore 2 % en base al peso del vehículo azeotrópico trimetilborato.

Esta relación puede variar en las características de porosidad de un refractor en particular.

- 3.- Entonces pulverice en la superficie a cubrir. En superficies que tienen una gran área es recomendable que se pulverice con agua o vehículo para minimizar la absorción del vehículo de la mezcla refractoria en la superficie que se va a recubrir.
- 4.- Lave la superficie con aire seco. Para prevenir rompimientos de aplicaciones gruesas de recubrimientos utilice cantidades sustanciales de granos grandes de refractor. P. ej. para utilizar mezcla -

50-50 arena de zircon malla 100 y zircon de 600 mallas fluor producirá un recubrimiento liso.

Toxicidad.- La experiencia indica que los vehículos de este tipo pueden ser manejados con facilidad cuando se utilizan precauciones normalmente -- practicadas en el empleo de alcohol etílico. El etil-silicato es una sustancia flamable, nociva si se ingiere, irrita piel y ojos y vapores deben ser evitados.

Manejo.- Utilice este vehículo en lugares ventilados. Cuando lo aplique en áreas cerradas utilice máscaras faciales con alimentos de aire fresco para evitar la inhalación de vapores concentrados. Si los vehículos etil silicato caen a la piel lave con agua y jabón. Si cae a los ojos limpie con chorro de agua por lo menos 15 minutos, consulte al médico.

Almacenamiento.- los vehículos prehidrolizados de silicato de etilo se almacenan en un área -- seca, lejos del calor, chispas o flamas abiertas. -- Si se protege del aire y la humedad son estables un mímo de 6 meses.

CAPITULO y.

RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.

Introducción.-

En 1980, el costo anual por corrosión en los E.E.U.U. fue estimado en 70 mil millones de dólares. El uso de pinturas y recubrimientos industriales es la forma más común de atacar éste problema. Los recubrimientos industriales pueden proporcionar una mayor resistencia a sustancias químicas, el agua, calor y abrasión.

Aquí presentamos una breve guía de especificaciones de recubrimientos para proteger estructuras u otros equipos de acero.

En la tabla I se enlistan los recubrimientos usados en las plantas químicas, y muestra su resistencia a ácidos, álcalis, solventes orgánicos, agua, abrasión, etc.

La tabla II es una comparación de recubrimientos protectores.

Generalidades.-

Los recubrimientos protectores pueden formarse por medios naturales o sintéticos o por ambos a la

vez. Los recubrimientos protectores naturales son productos de corrosión de determinadas características -- que pueden obtenerse mediante la introducción del agente protector en el metal, como p. ej., el caso del empleo del cromo y del níquel en las aleaciones de acero. Los recubrimientos protectores sintéticos o artificiales son de una gran variedad. Los tipos más corrientes son los metálicos, que suelen utilizar cualquier metal no ferroso con exclusión de los alcalinos y alcalinotérreos, y los orgánicos representados por las pinturas, las lacas, los esmaltes, los aceites, las ceras o los betunes.

Los recubrimientos de sustancias inorgánicas tales como los esmaltes vítreos, el cemento, el hormigón y los productos arcillosos se emplean cada vez más para ciertos fines, aunque son de una importancia relativamente menor.

No basta, sin embargo que el revestimiento sea resistente; debe constituir una barrera que impida que las reacciones de la corrosión prosigan a través de la película. Como el proceso de la corrosión depende de circuitos eléctricos, otros requisitos de una barrera es que no sea conductora. La mayor parte de las pinturas no son en realidad conductores eléctricos pero varían gradualmente en cuanto a su permeabilidad a los iones.

Algunas pinturas permiten la difusión de los iones a través de la película con una rapidez cien veces mayor que otros. Esta característica de la ---

permeabilidad a los iones es pasada por alto, frecuentemente cuando se considera un revestimiento protector, pero es de enorme importancia.

Otro requisito es que la película sea impermeable al vapor de agua. Muchos materiales son extremadamente resistentes a las sustancias químicas, y no son afectados, en sí mismos, por la humedad; sin embargo, puede permitir que pasen cantidades importantes de agua a través de la película. Si ocurre esto, la corrosión puede progresar bajo la pintura aunque aparentemente se conserva intacta.

En resumen, una pintura anticorrosiva, para que sea eficaz, debe llenar los siguientes requisitos:

- 1.- Resistir al ambiente exterior.
- 2.- Excluir los iones
- 3.- Excluir la humedad.
- 4.- Excluir el oxígeno.
- 5.- Adherirse a la superficie.

No existe actualmente una pintura que satisfaga todos estos requisitos, pero hay una gran variedad de revestimientos, y cuando se presenta un serio problema de corrosión, es muy importante escoger el tipo más apropiado.

Características de los recubrimientos anticorrosivos.-

Los recubrimientos son películas delgadas (50 micrones hasta 1. mm) que aplicados convenientemente so bre una superficie la protegen y le dan una apariencia - agradable.

La acción protectora de los recubrimientos puede ser por uno o más de los 3 mecanismos siguientes:

a) Como barreras que eviten el contacto del -- agua, iones y oxígeno, con el metal; o aumentando la resistencia de la batería de corrosión al paso de la corriente eléctrica, debido a la misma barrera.

b) Inhibiendo la corrosión en ánodos o cáto-- dos por la acción de ingredientes solubles y/o básicos - del pigmento; o por acción polarizante.

c) Protegiendo catódicamente a base de un me-- tal más electronegativo que el acero, y que además forma una barrera protectora aislante.

Si existen en el ambiente cloruros o sulfatos, - estos contrarrestan la acción de los inhibidores, por lo que no se recomiendan para esos ambientes. Lo mismo su cede con otros agentes corrosivos que evitan la acción- del inhibidor.

Para estos ambientes, la opción de las barreras es mucho mejor que la de los primarios inhibidores.

El sistema de recubrimientos es tan importante,

que puede significar la protección o la pérdida de estructuras u objetivos muy valiosos por causas de la corrosión.

Cada componente del sistema tiene su función-propia:

Primario: Adherencia al sustrato, inhibir la corrosión.

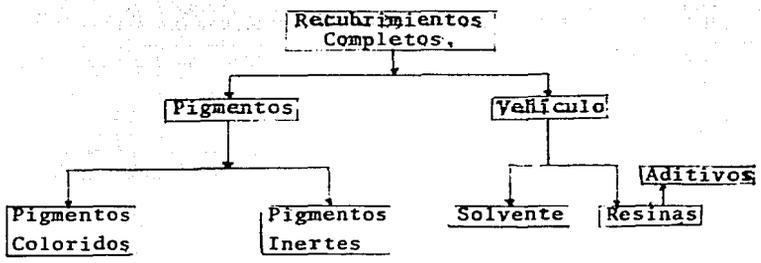
Intermedio: Aumentar la resistencia física, impermeabilidad a iones, humedad y oxígeno.

Acabado: Dar color, apariencia decorativa-resistencia al ambiente externo (químico o intemperie).

Composición de los recubrimientos.

Hay multitud de recubrimientos, pero todos ellos se aplican en estado líquido y forman películas sólidas y continuas, al secar o ser catalizados u horneados.

Sus componentes básicos son: el pigmento y el vehículo.



Primarios.-

Por ser el primero un elemento fundamental en un sistema de recubrimientos protectores es importante estudiar su composición más a fondo.

El poder protector del primario consiste en:

- a) Aumentar la resistencia eléctrica entre el metal base y el electrodo, a veces, hasta que la corriente de corrosión sea despreciable.
- b) Reducir el acceso de oxígeno y agua.
- c) Proporcionar buena adherencia.
- d) Inhibir o polarizar.

Desafortunadamente los coeficientes de transmisión de oxígeno y agua de las películas de pintura, aun en las más impermeables (asfálticos) son mayores que los que necesita de oxígeno y agua para

transformar el hierro en óxido.

(Permeabilidad de H_2O , $0.13 \text{ g } H_2O/100 \text{ m} -$
 $\text{ /cm}^2 \text{ año}$ y la O_2 es $0.04 \text{ g } O_2/100 \text{ m} \text{ / cm}^2 \text{ año}$ a 25° C ;
 lo necesario es de 0.11g y 0.03 respectivamente, para
 convertir 0.07 g de Fe/cm^2 año, a óxido.].

Esto nos indica la necesidad de tener altos gro-
 sores de película pues su valor tiene gran efecto en la
 protección. Se considera que 5 mil es lo mínimo para -
 proteger acero.

Relación de composición a protección.

La composición de la pintura tiene gran impor-
 tancia en su capacidad protectora, principalmente los -
 pigmentos hacen variar el coeficiente de transmisión de
 vapor de agua de 12.1 hasta $34.8 \text{ g/m}^2 /24 \text{ hr.}$ a 60° C ,
 según sean hojuelas de aluminio o talco.

La difusión de iones es mucho más lenta que -
 la de vapor de agua y oxígeno, por lo tanto, la pelícu-
 la de electrolito en contacto con la superficie es muy-
 poco conductora y el proceso corrosivo no se produce, o
 es muy lento, si se ha podido evitar el paso de oxígeno
 y agua.

Si embargo si la película de "primer " tiene-
 pigmentos solubles, aditivos y jabones, la conductividad
 del electrolito y el proceso corrosivo se acelera. Por
 esto se checa la resistividad de los pigmentos anticorro-
 rosivos y de los pigmentos utilizados en los primarios.

Aplicación de recubrimientos.

Al ser el método de aplicación del recubrimiento a una parte muy importante se tratará en un capítulo aparte.

Descripción de algunos tipos de recubrimientos protectores.

A continuación se dará una breve descripción de algunos de los recubrimientos protectores más empleados en la industria, para la protección del equipo y el mantenimiento de la planta.

Así también se hablara de las pinturas vinílicas que también son empleadas como protectoras de materiales de construcción importantes en la industria.

Recubrimientos bituminosos.-

La clasificación de recubrimientos bituminosos incluye los asfaltos procedentes del petróleo y los de origen natural, así como los obtenidos como productos de la destilación seca del carbón y sus combinaciones o mezclas con resinas o reactivos bi o polifuncionales, tales como el caucho clorado, los polímeros de acrilonitrilo, resinas epoxi, poliésteres, isocianatos, polisulfuros y resinas vinílicas. Todos los tipos pueden ser formulados tanto en forma fundida como en soluciones en disolventes.

Los recubrimientos bituminosos son ampliamente utilizados en la protección de los aceros, del hormigón y de la madera debido a su costo relativamente bajo, a la excelente resistencia al agua que presenta, a la inercia química, a la adherencia y a la resistividad eléctrica tan elevada que tienen. Con la excepción de los tipos en emulsión pigmentados y los de curado químico, son termoplásticos en general y tienden a presentar un flujo de la película incluso a temperaturas moderadas.

Los bitúmenes son negros o de color marrón oscuro; por esta razón se emplean en forma limitada en la preparación de pinturas coloreadas.

Los bitúmenes aplicados en caliente, comúnmente denominados "esmaltes", son los conocidos y consumidos en mayor volumen. El consumo anual en la actualidad, fundamentalmente destinados a la prevención de la corrosión de estructuras subterráneas, excede las 200.000 ton. por año, de las cuales las breas representan, aproximadamente, el 90 %. Los esmaltes aplicados en caliente se utilizan ampliamente sobre la superficie exterior de estructuras y tuberías subterráneas, y tanto en el interior como en el exterior de conductos de agua cuando los productos de este tipo son los únicos permitidos.

Deberá recordarse que los recubrimientos bituminosos en general pueden aplicarse solamente sobre imprimaciones bituminosas, aunque en algunos casos sea aceptable la utilización del Wash Primer NP-1. Los

recubrimientos bituminosos del tipo brea, exceptuando los tipos de emulsión, no pueden aplicarse sobre imprimaciones oleorresinosas por emplear disolventes más fuertes, que pueden destruir la imprimación. Los recubrimientos asfálticos en forma disuelta utilizan disolventes menos enérgicos y pueden ser aplicados sobre imprimaciones oleorresinosas con ciertas precauciones.

El cambio más radical en el campo de los recubrimientos bituminosos ha llegado mediante la incorporación de resinas del tipo diepoxi y poliepoxi y de isocianatos en los materiales bituminosos. Los productos resultantes son modificados con disolventes y pigmentos para obtener sistemas de dos componentes, uno de los cuales contiene el agente entrecruzante que se adiciona inmediatamente antes de la aplicación.

Los productos de reacción entre la brea y la resina alcanzan una mejor resistencia a los productos químicos y al envejecimiento y mejor adherencia que las resinas solas.

En general, la adherencia de esta clase de revestimientos a los metales es tan grande que el recubrimiento puede ser eliminado sólo mediante el empleo de chorro de arena o de granalla. Estos recubrimientos se pueden emplear dentro de una gama de temperaturas comprendidas entre - 40 y + 400° F, y tienen una resistencia a la ruptura eléctrica superior a los 400-500 voltios por 25m de espesor. La resistencia química a los disolventes es superior a la que se

obtiene con los compuestos no mezclados con brea cura dos a la temperatura ambiente, pero inferior a la obtenida cuando se someten los recubrimientos a un horneado.

Recubrimientos de resinas fenólicas.-

Las resinas fenólicas del tipo soluble en alcohol no secan al aire, sino que deben ser secadas por calor a temperaturas comprendidas entre 275-400^oF. Estos productos proporcionan unos recubrimientos duros y entrecruzados que son resistentes a una gran gama de disolventes y productos químicos.

Los recubrimientos obtenidos mediante estas resinas son empleados tanto sobre los metales féreos como no féreos, son duros y avances cuartean con facilidad y no deberán utilizarse sobre soportes metálicos que puedan estar sometidos a flexiones. Tienen buena adherencia sobre metales limpios, pero se consiguen mejores resultados si el metal se chorrea o se ataca mediante un tratamiento ácido. Los recubrimientos se pueden aplicar por pulverización, inmersión o rodillo, y en ocasiones se pueden emplear recubrimientos de esta naturaleza para recipientes tales como bidones, mediante vertido. Los recubrimientos se pueden hornear en estufas convencionales y, cuando se trata de maquinarias de grandes dimensiones, tales como camiones cisternas, haciendo circular aire caliente en el interior del tanque. Generalmente, los recubrimientos se aplican en forma de sistemas de --

múltiples capas, cada una de ellas no superior a los 0.75 mils. de espesor. En esta clase de sistemas, cada mano deberá ser, por lo menos, parcialmente polimerizada, antes de aplicar sobre ella las sucesivas y el sistema recibirá un tratamiento de secado final sobre el recubrimiento total, La resistencia máxima a la corrosión se consigue bajo una condiciones de secado del orden de 20 - 30 minutos a 350-400°F, pero se alcanzan mejores resultados de color y flexibilidad secado durante 30-60 minutos a 275-350°F. Cada mano deberá secarse al aire durante 10-20 minutos antes de introducirse en las estufas de secado para permitir una completa evaporación de los disolventes. Los recubrimientos secados al horno se encontrarán relativamente libres de tensiones internas causadas por contracciones si se les deja enfriar lentamente a temperaturas del orden de - - 225°F. antes de sacarlos al exterior.

En general, los recubrimientos son resistentes a los ácidos débiles, pero son atacados por el ácido -- nítrico concentrado y otros agentes oxidantes energéticos, así como por álcalis fuertes y compuestos que liberan cloro nascente. Esta clase de recubrimientos tiene una buena resistencia a la mayor parte de los disolventes - orgánicos a las temperaturas normales, pero, son atacados cuando se encuentran expuestos a la acción de ésteres clorados o de fenoles fundidos. Los recubrimientos son empleados sobre una amplia variedad de maquinaria y equipos industriales e instalaciones químicas, así como la protección del interior de tanques y conducciones, - en la protección de instrumentos ópticos, biológicos y equipos farmacéuticos altamente especializados.

Resinas fenólicas en dispersión.-

Las resinas fenólicas en dispersión son un producto de polimerización térmica de resinas fenólicas y aceites secantes. Estos productos son polimerizados en presencia de agentes dispersantes hasta el estado general. Por esta razón, secan mediante simple evaporación de los disolventes. Esta clase de materiales produce unos recubrimientos que presentan un secado al aire muy rápido y que pueden ser repintados 5 minutos después de su aplicación sin peligro de levantamiento de las primeras manos. Los recubrimientos tienen una buena adherencia y excelente resistencia al agua y a los productos químicos, pero, generalmente, son reblandecidos por la acción de los disolventes fuertes. Las dispersiones no producen recubrimientos flexibles cuando se utilizan -- como aglomerante único; por esta razón, se emplean generalmente mezcladas con resinas gliceroftálicas en -- aceite o barnices de resinas fenólicas. Muchas especificaciones militares para imprimaciones de secado rápido al aire están basadas en esta clase de combinaciones, - junto con pigmentos inhibidores de la corrosión.

Como existe un gran número de variables con cada recubrimiento en particular, su resistencia a las - condiciones de servicio deberán ser determinadas en el laboratorio antes de especificar el tipo de recubrimiento .

Pinturas vinílicas.-

Sistemas vinílicos que tengan buenas propiedades anticorrosivas y de resistencias químicas, pueden obtenerse con un mínimo de una mano de producto del tipo Wash Primer, una mano de imprimación anticorrosiva y dos manos de terminación. Se consigue mejor resistencia química con tres o cuatro manos de terminación para alcanzar un espesor suficiente, el cual podría conseguirse con más facilidad utilizando una técnica de aplicación en caliente.

Cuando este tipo de sistemas vinílicos es aplicado sobre superficies de acero chorreadas con arena, - presenta una excelente adherencia y resistencia a la - abrasión, así como muy buenas propiedades de durabilidad al exterior. Su resistencia a los ácidos inorgánicos es muy buena, pero resultan afectados por ácidos orgánicos del tipo acético y fórmico. Las resistencias a la mayor parte de los álcalis puede considerarse como excelente, excepto frente al hidróxido amónico y resultan sensibles al calor, por lo que no deben estar sometidas a temperaturas superiores a los 150^oF. Son atacados por disolventes del tipo cetona y ésteres, pero resisten bien a los alcoholes y a los hidrocarburos alifáticos.

El comportamiento de los sistemas vinílicos depende en gran medida de la aplicación correctiva de los mismos. La sensibilidad a las condiciones de aplicación y el costo inicial de los sistemas vinílicos son un freno en el desarrollo de su utilización, pero, por otra parte, cuando estos productos se aplican convenientemente su costo resulta económico calculado sobre la base

de años de protección,

En algunos trabajos de mantenimiento, en donde el costo de pintado es un factor muy importante, el Wash Primer se elimina por su escasa contribución al espesor del sistema completo.

Los recubrimientos vinílicos tienen unas resistencias químicas mejores cuando se preparan con copo límeros que contengan un elevado porcentaje en cloruro de vinilo.

También es esencial que los pigmentos que intervengan en estas composiciones sean inertes frente a los productos químicos que haya de soportar el sistema, por lo que no deben utilizarse, por ejemplo, aluminios en polvo que producen un excelente efecto de terminación, pero, sin embargo, presentan una mala resistencia a los álcalis. Como el elevado contenido en pigmento disminuye la resistencia de esta clase de producto, solamente deberán utilizarse pigmentos que tengan un poder cubriente elevado, siendo preferible utilizar varias manos de pintura para alcanzar un poder cubriente determinado que utilizar un recubrimiento con alto contenido en pigmento.

La imprimación se puede aplicar a brocha o a pistola para dejar un revestimiento de 1 mils. y se dejará secar al aire 24 horas. La capa de acabado vinílica se aplica a pistola, para conseguir una capa de 4-6 mils. y se deja secar al aire. Este sistema vinílico de bajo costo cumplirá los requisitos de muchas aplicaciones de mantenimiento.

TABLA 1
COMPARACION DE RECUBRIMIENTOS PROTECTORES

	ALQUIDALES	VINIL	HULE CLORADO	EPOXI
RESINA O POLIMERO	Resina alquídica corta, mediana o larga.	Copolímeros PVC/PVA	Hule clorado	Epóxica
MATERIALES BASICOS	Poliálcohol poliacido aceite secante	Acetato de vinilo y cloruro de vinilo.	Hule natural y cloro	Bisfenol y epíclorhidrina, poliamina o poliamida.
TIPO DE SECADO	Evaporación y auto-oxidación	Evaporación del disolvente	Evaporación del disolvente	Evaporación y reacción química
VENTAJAS	Resiste intemperismo rural. Buena adherencia y brillo. Fácil de aplicar.	Excelente resistencia a: Ácidos, agua y productos químicos. Secado rápido.	Buena resistencia química. Ácidos, agua. Secado rápido.	Excelente resistencia química a: Alcalis, disolventes; agua, excelente adherencia y resistencia a abrasión.
LIMITACIONES	Poca resistencia química -- (álcalis y solventes). Regular resistencia al agua y calor.	Adherencia crítica. Poca resistencia a: disolventes y cetónicos, agua y temp.	Poca resistencia a disolventes y a la temp.	Los componentes (algunos) tienen resistencia limitada a ácidos. No cura en frío (5°C)

	ALQUIDALES	VINIL	HULE	EPOXI
USOS	Doméstico o zonas de corrosión.	Industrial inmersión	Industrial interior de tanques.	Industrial interior de tanques.

TABLA 1 (Cont.)

	POLIURET	INORG. ZN	ACRILICO	SILICON	FENOLICO
RESINAS O POLIMEROS	Uretano	Silicatos Alcalinos u orgánicos	Acrílica	Poliorgano	Fenólica
MATERIALES BASICOS	Isocianatos y polialcohol	Silicatos Zinc	Acido acrílico y polialcohol.	Siloxano y polímeros orgánicos.	Fenol y aldehído
TIPO DE SECADO	Evaporación y reacción química.	Reacción química y evaporación	Evaporación del disolvente.	Evaporación del disolvente y horneó.	Evaporación del disolvente y horneó.
VENTAJAS	Buena resistencia química (álcalis y disolventes) retenes) brillo y calor.	Excelente resistencia a: disolventes, agua abrasión. De protección catódica.	Excelente retención del brillo y calor. Resistencia a: álcalis. Poco calor.	Excelente resistencia al calor seco a la intemperia. Y a la electricidad.	Excelente resistencia a: alimentos, agua, disolventes. Muy duro.

	POLIURET	INORG. ZN	ACRILICO	SILICON	FLNOLICA
LIMITACIONES	Adherencia muy crítica	Adherencia crítica. No resiste productos alcalinos o ácidos.	Poca resistencia a disolventes.	Poca adherencia. Poco grosor de película.	Poca resistencia a álcalis. Dificil de aplicar.
USOS	Industrial decorativa	Marino industrial -- primario -- permanente. Interior de tanques de disolventes.	Industrial decorativo	Chimeneas calderas.	Interior de tanques.

TABLA II
SELECCION DE RECUBRIMIENTOS
TIPO DE RECUBRIMIENTOS

VARIABLE	VINIL	VINIL-ACRIL	EPOXICO	EPOXICO ALQUITRAN	HULE CLORADO
Intemperismo	10	10	9	7	7
Flexibilidad	8	8	3	3	8
Abrasion	7	7	9	9	7
Calor	7	7	9	7	5
Agua	10	9	10	10	10
Salas	10	9	10	10	10
Solventes	5	4	8	4	3
Alcalis	9	8	10	8	9
Acidos	10	9	9	10	9

VARIABLE	URETANO	FENOLICO	INORGANICO	ALQUIDAL
Intemperismo	10	9	10	8
Flexibilidad	3	2	3	4
Abrasion	10	5	10	6
Calor	8	10	10	7
Agua	9	10	10	9
Salas	10	10	10	8
Solventes	8	10	10	4
Alcalis	9	2	-	4
Acidos	9	10	-	5

10 = Excelente Resistencia
 9-8 = Buena Resistencia
 7-6 = Regular Resistencia
 5-1 = Pobre Resistencia

C A P I T U L O VI,

PREPARACION DE SUPERFICIES.

En este capítulo se estudian los principales tratamientos y procesos usados en la preparación de superficies para el acabado.

Estos tratamientos comprenden la separación de materias extrañas, tales como suciedades, grasas, aceite, humedad y los productos de corrosión, que pueden -- afectar a la adherencia de los recubrimientos aplicados.

La elección del método de limpieza depende del metal, la clase de suciedad presente, la facilidad de separación de la suciedad y la minuciosidad de limpieza requerida.

- Metal rugoso.

Este título comprende las chapas pesadas laminadas en caliente y los perfiles estructurales, tales -- como vigas en I , piezas fundidas, piezas forjadas y similares.

Acero.-

Con la excepción posible de la madera, los metales ferrosos debido a su disponibilidad, bajo costo, dureza, tenacidad y resistencia, son los materiales más-

usados que requieren la protección de recubrimiento de superficies.

Métodos de limpieza y Condicionamiento.

La selección de un método para una superficie da da depende de su tamaño, situación, rugosidad, forma, - lisura requerida y costo permisible.

En general cuando más completa es la eliminación inicial de la rugosidad y de la cascarilla del substrato, más larga es la vida de los recubrimientos protectores.

Es conveniente una limpieza más completa en ambientes corrosivos tales como ambientes con gran humedad, ácidos, álcalis y humos químicos.

Operaciones de mano.-

Bajo este encabezado se estudian la separación de restos de escoria, rebabas de fundición, cascarilla, óxido estratificado, fundente de soldadura, salpicadura de soldadura y capas gruesas de pintura vieja, con cortafríos, martillos de quitar óxido y herramientas de golpear a mano especiales.

También se incluyen operaciones como cepillado, lijado, lavado con agua o soluciones alcalinas para - - quitar polvo, salpicadura de cemento y otras materias extrañas. El aceite y la grasa se pueden quitar con --

disolventes o emulsiones de agua y disolventes.

Los limpiadores de ácido fosfórico son soluciones de ácido ortofosfórico, que contienen agentes humedificantes y disolventes de aceite tales como alcoholes, ésteres y cetonas .

Efectivamente quitan la grasa, el aceite, el polvo y cuando la capa de óxido es ligera la transforman en fosfato de hierro. El ácido fosfórico ataca también al hierro, formando fosfato de hierro que es insoluble, y una delgada película sobre la superficie retarda la corrosión posterior.

Las operaciones manuales, evidentemente, son lentas, costosas y con frecuencia insuficientes. Se usan solo en pequeños trabajos que no justifican equipo mecánico o en piezas de formas raras que no se adaptan a otros métodos de tratamiento.

Operaciones con herramientas movidas mecánicamente.-

Estas operaciones requieren el uso de herramientas de choque, tales como cinceles movidos por motor y martillos descascarilladores , rascadores rotatorios, rascadores de pistón simple o múltiples, discos de esmeril, cepillos de alambre rotatorios, lijadoras-automáticas.

La limpieza y el alisado con herramientas de motor, son útiles en ciertas clases de trabajo, a veces

en combinación con operaciones manuales, aunque son también demasiado lentas o insuficientes para trabajos en gran escala.

Las operaciones de limpieza, bien manuales o bien mecánicas, se deben ejecutar con cuidado para evitar la formación de estrías en el metal, las cuales se ven a través de la pintura una vez aplicada, o, producen protuberancias difíciles de cubrir con pintura y -- pueden producir una formación de óxido prematuro.

Decapado .-

Existen diversos métodos, que si se ejecutan en forma adecuada, quitan la cascarilla y el óxido con un ataque mínimo sobre el metal puro.

Este tipo de preparación se lleva a cabo en ciertas piezas de acero que no son demasiado grandes -- para ser introducidas en tanques.

Se emplea una solución de 5 a 10 % de ácido sulfúrico a 60-80°C, pero a medida que el ácido se convierte en sulfato ferroso, periódicamente se ha de añadir más para que permanezca constante el contenido de ácido en el tanque. Cuando la concentración de sulfato ferroso sea muy elevado, se debe vaciar el tanque y de hechar la solución.

Después que se ha eliminado la cascarilla y el óxido del acero se lava a conciencia para eliminar todas las trazas de sulfatos. A este lavado le sigue, a veces, una inmersión de soluciones diluídas de ácido-

fosfórico o dicromato sódico para formar películas de -
inhibidores anticorrosivos de fosfato o cromato de hie-
rro en la superficie del metal.

Limpieza a la llama .-

Este es un método de preparación de superficies
de acero para la pintura, pasando sobre la superficie -
a gran velocidad un soplete oxiacetilénico de alta tem
peratura. La mayor parte del óxido y de la cascarilla-
se desprende debido a las diferencias de coeficientes
de dilatación comparado con el sustrato de acero, y el
resto se deshidrata. La superficie se gratea a conti
nuación para separar todo excepto la parte de cascari-
lla y de óxido perfectamente adherida, dejando una --
superficie caliente y seca a la cual se aplica la prime
ra capa de pintura antes de que se enfríe la superficie
para obtener de esta manera los mejores resultados.

El limpiador de llama es más efectivo en una
atmósfera húmeda, si el metal es propenso a humedecer
se en su superficie cuando es difícil de secar. No -
elimina todo el óxido y la cascarilla y por ésta razón
raramente se obtienen los resultados de una operación-
de chorreado adecuadamente realizada.

Operaciones de chorreado .-

El fundamento de esta operación, implica el -
bombardeo por pequeñas partículas de material abrasivo-

a gran velocidad para separar de la superficie la materia extraña indeseable.

Las partículas de abrasivo pueden ser arena fina, perdigones o cascajo de acero, o abrasivo sintético como carborundo o alúmina.

La arena es el abrasivo más corriente empleado debido a su bajo costo, aunque tiene sus inconvenientes. Hay gran porcentaje de polvo fino de las partículas de arena debido al impacto y los obreros deben estar protegidos con caretas para evitar la silicosis. Este polvo es un problema cuando las operaciones de limpieza por chorreado se realizan en interiores y en muchos locales exteriores. Los perdigones y las limaduras son especialmente más costosas, pero no se desintegran y se pueden volver a usar indefinidamente, teniendo algún dispositivo que los recupere. Los abrasivos sintéticos son aún más caros y por tanto se emplean solamente para operaciones especiales.

Al limpiar por chorreo la cascarilla, el óxido y la pintura desprendida se quitan hasta un grado acordado de antemano .

La cascarilla y la pintura muy adheridas se pueden quedar en la superficie ya que tienen considerable valor protector, pero en la limpieza por chorreado se debe especificar la eliminación completa del óxido tanto adherido como de desprendido, para que la pintura posterior tenga buena duración.

Cualquier superficie exterior limpiada por chorreado se debe tratar o pintar antes de que tenga lugar una oxidación posterior, de otra manera se pierde el beneficio de la limpieza. Lo mejor es que la superficie chorreada sea imprimada o tratada químicamente en el mismo día.

Hierro .-

Este título comprende el hierro de fundición de alto contenido de carbono, para tubos, bancos de maquinaria, etc., La fundición de hierro es muy resistente a la corrosión debido a su alto contenido de carbono por lo que raramente tiene alguna preparación.

La fundición se puede limpiar y alisar por alguno de los métodos descritos anteriormente.

El hierro forjado es un material blando, con poco carbono. El forjado a mano produce un fino recubrimiento de cascarilla que se adhiere bien. La grasa, el aceite, las salpicaduras de cemento, y el polvo desparecen lavando a mano con disolventes, y las salpicaduras de soldadura se pueden lijar con muelas mecánicas, después de lo cual se pinta sin otro tratamiento posterior.

- Metal liso.-

El metal liso que se debe preparar para la aplicación de acabados orgánicos, es producido generalmente en chapas delgadas, estampadas, pequeñas --

piezas fundidas a presión y formas estiradas en frío.

Tratamientos químicos.-

Bajo este encabezado estudiaremos las transformaciones de la superficie del substrato, tales como la disposición de películas finas de óxido o fosfato para el control de la corrosión sobre los metales y los tratamientos para neutralizar el álcali libre en el yeso u hormigón fresco.

En muchos casos estos tratamientos cambian la naturaleza química de las superficies y su rugosidad al mismo tiempo.

Hierro y Acero.-

Limpieza por disolventes orgánicos.-

La superficie del metal se puede frotar con trapos empapados en disolventes de petróleo, tales como alcoholes minerales, en una operación manual que no es bastante satisfactoria debido a la contaminación de los trapos y el disolvente, y los frecuentes cambios que necesita para evitar el ensuciamiento de la superficie limpia. El disolvente a veces se aplica con pulverizador, pero con este método se corre el riesgo de incendio y se necesita un equipo especial.

Una aplicación importante de la limpieza con disolvente es el desengrasado al vapor con disolventes-

clorados no inflamables, tales como tricloroetileno o -percloroetileno para eliminar aceites, grasas y resinas solubles.

El disolvente clorado utilizado en el desengrasado al vapor se debe estabilizar para evitar la descomposición en ácido clorhídrico por efecto de humedad y de la luz. Los vapores de ácido clorhídrico tienden a dejar productos de corrosión no deseables sobre la superficie del metal limpio.

El método desengrasador no quita de una manera efectiva materiales sólidos tales como manchas de carbón. Sin embargo, es satisfactorio para la eliminación de aceite de piezas pequeñas en las que el secado es un problema. El equipo diseñado debe ser eficiente para evitar la pérdida de disolvente.

Solo la limpieza con disolventes orgánicos no es satisfactoria cuando lo más importante es una buena durabilidad de la pintura. Sin embargo es un método efectivo de limpieza cuando se usa antes de un tratamiento químico adecuado.

Limpieza por álcalis.-

Los álcalis eliminan una diversidad de sustancias insolubles. La sosa caústica y potásica son --ejemplos de limpiadores primitivos. Se han creado otras mezclas que incluyen el fosfato trisódico, polifosfatos, carbonato sódico, boratos y silicatos. Se han añadido jabones, resinas y otros agentes sintéticos, tales como

el sulfato laúrico sódico, y los sulfonatos de aril -- alquilo. Se ha comprobado que las mezclas alcalinas -- que contienen detergentes son cinco veces más efecti-- vos que los álcalis.

La acción de los limpiadores alcalinos se debe-- a su saponificación y a su acción emulsionante y coloi-- dales. Los detergentes sintéticos mejoran las propie-- dades de mojabilidad de la solución alcalina al dismi-- nuir sus tensiones superficiales.

El metal puede limpiarse de dos maneras, por -- inmersión en tanques y mecánicamente por pulverización. Siendo este último el más satisfactorio cuando la produc-- ción es elevada.

Cualquier residuo que queda en la superficie -- del metal causa la mala adherencia de la pintura. Por-- tanto, es muy importante enjuagar la pieza cuidadosa-- mente con agua limpia despues del tratamiento con álca-- li. La pintura se debe aplicar inmediatamente despues-- de la limpieza antes de que el metal se corroa.

Limpieza por emulsión .-

Los limpiadores emulsionantes consisten en un - disolvente orgánico, tal como queroseno , cambiando con un agente emulsionante, tal como jabón de manera que la combinación se pueda diluir con agua para formar un me-- dio de limpieza estable. Los emulsionantes se pueden - aplicar por inmersión o por pulverización y son particu-- larmente efectivos en la eliminación de los compuestos

usados en el bruñido y en el estirado en casi todos -- los metales. Después del lavado queda una superficie - aceitosa, la cual no es perjudicial si a continuación - se la somete a un tratamiento químico antes de aplicar - la pintura.

Limpieza por ácidos.-

Este método de limpieza comprende el uso de - ácidos inorgánicos, tales como el fosfórico, combinado - con disolventes de grasa, tales como alcoholes y agen - tes humectantes. Este limpiador se puede aplicar con - un método de cepillado y enjuagado, así como por inmer - sión o pulverización. Elimina la grasa y el óxido u - otros productos de la corrosión en una única operación - y deja un ligero depósito de fosfato en la superficie - del metal.

Este limpiador deja la superficie en condicio - nes de proporcionar una adherencia inicial de la pintu - ra mejor que la proporcionan los limpiadores álcalis o los disolventes, ya que existe formación de rugosidad.

La limpieza ácida puede decirse que desempeña tres de las funciones más importantes, limpieza, rugo - sidad y cambio de la composición química de la superfi - cie para favorecer la inhibición de la corrosión.

Aunque los limpiadores ácidos tienen un consi - derable valor en la preparación de hierro y aceros para la pintura, no son demasiado efectivos como inhibidores de la corrosión.

Recubrimiento de fosfato,-

Los recubrimientos de fosfato consisten en soluciones acuosas de fosfato diácido de zinc o manganeso, ácido fosfórico libre, agentes oxidantes y ciertas soluciones de metales pesados como el Cu^{2+}

Los procesos de recubrimiento con fosfato se pueden llevar a cabo por inmersión o por rociado. El tiempo del tratamiento necesario depende de la temperatura de la solución, de los aceleradores usados, de la cantidad de recubrimiento requerido y del método de aplicación.

El método de limpieza usado antes de aplicar el recubrimiento de fosfato tiene una estrecha relación con sus características. Se aplica un producto limpiador de emulsión para mejorar la formación de un fino recubrimiento cristalino.

La disposición típica para el proceso consta de las cinco etapas siguientes:

- Limpieza,
- Enjuague con agua,
- Tratamiento con fosfato,
- Enjuague con agua y
- Lavado con ácido crómico o ácido fosfórico crómico.

El enjuague con agua que sigue a la operación de limpieza, separa el agente limpiador y evita la contaminación de la solución de fosfato.

El lavado con agua después del fosfato elimina el exceso de agente químico y de sedimentos un lavado final con ácido amónico muy diluido con una mezcla de ácido fosfórico-crómico "obtura" el recubrimiento y aumenta su resistencia a la corrosión. Una operación de secado completa el ciclo.

El tiempo de tratamiento en una aplicación por rociado usando el sistema de cinco etapas es de un minuto para la limpieza y el tratamiento con fosfato, mientras que el enjuague dura unos pocos segundos.

Aluminio

El, aluminio sus aleaciones y las aleaciones recubiertas electrolíticamente con aluminio relativamente puro, son materiales corrientes en la construcción, tanto de interiores como de exteriores. Se usan también ampliamente en aviación y en innumerables aplicaciones en las que se necesita resistencia y ligereza.

Las superficies de aluminio expuestas al aire se oxidan rápidamente. La capa de óxido de aluminio así formada tiene gran adherencia al metal y es un protector realmente excelente.

El aluminio, se corroe en cierta medida bajo -- ciertas condiciones, particularmente con el agua salada. Los recubrimientos orgánicos de superficies son útiles -- como protección contra la corrosión. Aun en exposicio -- nes benignas, en las cuales el aluminio no protegido -- normalmente resiste una CORROSION severa durante años.

La inhibición de la corrosión y el agarre mecá -- nico de los recubrimientos de superficie se producen -- por diversos métodos, tales como ataque ácido, trata -- miento con mezclas de disolventes orgánicos y ácidos, - formación de capas de óxido de aluminio por medios quí -- micos, o electroquímicos, aplicación de recubrimientos -- de fosfato o recubrimientos amorfos como la mezcla de - cromato y óxido.

El tipo de recubrimiento mediante mezclas de -- cromato y óxido consiste en un óxido de aluminio amorfo capaz de absorber cromo hexavalente y cromo reducido -- como óxidos. Esta película producida químicamente es - muy resistente a la corrosión.

Zinc. -

El zinc en casi todas sus características es -- muy similar al aluminio y se le puede proteger con los -- mismos métodos.

La adherencia no es tan buena como en el alumi -- nio y la preparación de las superficies se debe reali -- zar con mucho cuidado. Siempre que sea posible se debe utilizar imprimidores especiales para mejorar la - - -

adherencia de la pintura.

El agarre mécanico y la inhibición de la corrosión se produce mediante un tratamiento con fosfato o por inmersión en soluciones que contienen iones de cromo hexavalente .

Magnesio

El magnesio se usa mucho debido a su densidad extremadamente baja, alta resistencia mecánica, y su facilidad de mecanización.

El magnesio tiende a corroerse más que el zinc o el aluminio, particularmente por la acción de agua de mar, siendo necesario aplicar recubrimientos orgánicos protectores a la mayoría de las piezas mecánicas.

Los tratamientos más corrientes para inhibición de la corrosión y formación del agarre mecánico son los procedimientos en baños ácidos de cromo y dicromato. El procedimiento Chrome Pickle Dow Treatment #1 consiste en sumergir la pieza que se ha de pintar en un baño de una mezcla de ácido nítrico y crómico. Sobre la superficie del metal se forma una capa adherente y ligeramente rugosa de cromato de magnesio. El tratamiento produce algún cambio en las dimensiones debidas a la pérdida del metal. El procedimiento Acid Dichomate Dow treatment # 7 (tratamiento con dicromato) en una operación con 2 etapas. El metal se ataca en primer lugar por ácido fluorhídrico seguido de una inmersión en - -

dicromato sódico que produce la película protectora de cromato de magnesio. Apenas se produce cambio dimensional y proporciona la máxima protección contra la acción del agua de mar y retiene la pintura fácilmente.

Otros metales.

El plomo, el cobre, el latón, el cadmio, estaño o cualquiera de estos metales depositados sobre -- substratos de acero o hierro pueden prepararse normalmente para la pintura mediante operaciones de limpieza tales como el desengrasado con vapor seguido, en algunos casos, de un tratamiento con fosfato u oxalato para proporcionar un agarre mecánico adecuado.

C A P I T U L O VII.

METODOS DE APLICACION.

Introducción.-

El método de aplicación de un recubrimiento ejerce una influencia significativa sobre su carácter.

El proceso de recubrimiento influye sobre, el espesor, la uniformidad, la composición, la durabilidad, la continuidad y la adherencia.

La inmensa mayoría de las pinturas y esmaltes usados en arquitectura los aplica el pintor con una brocha, pero los recubrimientos industriales suelen aplicarse por esparado, inmersión en caliente, pulverización sistemas mediante aerosoles y ocasionalmente con brocha y rodillo. No todos los recubrimientos pueden aplicarse utilizando todos estos métodos. En cualquiera pueden -- emplearse dos o más procesos ya que son igualmente prácticos y factibles.

El tipo de acabado superficial, el aspecto - deseado, el tamaño, la forma, el peso y el número de - piezas, y el espacio, las instalaciones y la mano de -- obra disponible, todo influye en la elección del método de aplicación, la inversión en el equipo y los detalles del trabajo.

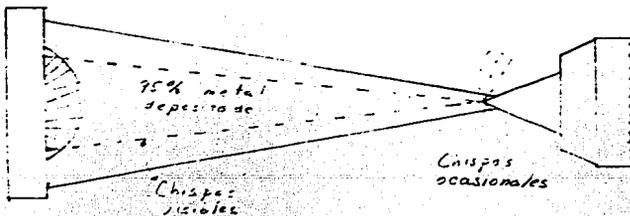
Descripción de los métodos de recubrimiento,

ESPREADO .-

La obtención de recubrimientos protectores del metal por espreado ha alcanzado una importancia considerable, ya que es el único método que se presta a la aplicación de recubrimientos al aire libre.

Todos los equipos de espreado emplean una pistola portátil, ya sea que alimente el metal en forma de polvo o de alambre.

En método de espreado exige un volúmen considerable de aire comprimido y una pistola de una buena construcción. Ya que el revestimiento se aplica a gran velocidad, la corriente del líquido se mezcla con una corriente de aire comprimido en la pistola y sale finalmente en forma de niebla. El chorro de líquido espreado suele tener forma de abanico, pero puede dársele la forma de cono si así conviene según indica la fig.



La pistola atomizadora puede funcionar a mano o -

automáticamente, la pistola debe mantenerse a una distancia de 25-30 cm. del objeto que se pinta y debe moverse uniformemente de izquierda a derecha y de derecha a izquierda o de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. Una aplicación desigual dará como resultado un aspecto poco atrayente y un revestimiento de mala calidad. En el espray automático se mantiene quieta la pistola y se mueve el objeto en la línea de producción. Con frecuencia se enfocan varias pistolas sobre las diferentes partes, abriéndose y cerrándose cada pistola por medio de dispositivos automáticos.

INMERSION EN CALIENTE.

Uno de los procesos industriales más antiguos y conocidos en la aplicación de los recubrimientos metálicos a otros metales es el conocido con el nombre de inmersión en caliente.

En términos generales este proceso se basa en la inmersión de la pieza que se quiere recubrir en un baño de metal fundido durante un plazo corto de tiempo.

Para el recubrimiento adecuado de un metal por el proceso de inmersión es preciso que el metal protector sea susceptible con el metal a recubrir.

La inmersión en caliente es esencialmente un método que depende de la capacidad de aleación superficial, de ello no debe decirse que es imposible revestir un metal con otro cualquiera si ambos carecen de la propiedad de alearse entre sí. La superficie del metal

debe estar limpia antes de entrar en contacto con un metal fundido con el que no se alea para lograr una capa continua y que este último se deposite como una película. Sin embargo, las dificultades de obtener un recubrimiento continuo en estas condiciones son tan grandes, que determinan que este proceso sea impráctico. La dificultad de lograr este resultado se debe a la tendencia del recubrimiento a coagularse en glóbulos durante el proceso de solidificación, interrumpiendo así, la continuidad de la superficie del recubrimiento. Esta tendencia se contrarresta por la acción aleante entre el metal base y el de recubrimiento.

En su aplicación el objeto puede sumergirse a mano en el líquido y colgarlo despues en un gancho sobre una bandeja de goteo o emplearse una banda transportadora automática para sumergir los objetos en el líquido, sacándolos del mismo con una velocidad, escurrirlos y llevarlos al horno para que se sequen. Los revestimientos aplicados por inmersión no tienen un espesor uniforme, pero en muchos casos esto no tiene importancia. Pueden obtener películas de espesor uniforme retirando los objetos con mucha lentitud, pero precisamente esta lentitud hace que el procedimiento no sea comercial.

PULVERIZACION.-

Se emplea mucho para pinturas de conservación cuando han de ser cubiertas ciertas extensiones de superficie planas y hace posible un gran ahorro en el costo de mano de obra.

Todos los sistemas de pintado por pulverización están equipados con válvulas, reguladores de presión y medidores para controlar el aire que se envía a la pistola. Cuando la pintura se suministra de un recipiente separado se necesitan válvulas y medidores separados para regular la presión de aire al recipiente de pintura.

PULVERIZACION ELECTROSTATICA.

En el pintado automático a pistola de algunos artículos se puede aplicar un recubrimiento mucho más uniforme y reducir considerablemente la pérdida del polvo de pintura mediante el uso del proceso electrostático de recubrimiento, en el que se mantiene una diferencia de potencial de alrededor de 100 000 V. entre las piezas a pintar y las rejillas eléctricas 30 cm. más allá. Las partículas de pintura mojada de la pistola entran en el campo electrostático con el mismo potencial que el de las rejillas eléctricas y son por tanto repelidas por éstas a atrídas por las piezas a pintar. De este modo la mayor parte de la pintura aplicada cae sobre la pieza en vez de perderse como polvo.

Desde luego, con la pulverización electrostática son necesarias campanas y aspiradores para extraer los vapores disueltos y la pequeña cantidad de polvo de pintura pulverizada que no se deposita en la pieza.

PULVERIZACION A ALTA PRESION SIN AIRE.-

Una variante de la técnica de pulverización es la atomización sin aire, forzando el material líquido a través de pulverizadores especialmente concebidas, bajo presiones de 70-140 atm. al salir a la presión -- atmosférica, algunos de los disolventes de los recubrimientos de superficies se evaporan y actúan como un agente atomizador con las fuerzas hidráulicas directas en la boquilla. El método reduce materialmente la pérdida de pintura pulverizada y elimina la necesidad de cabinas y cortinas de agua y hace posible la aplicación de recubrimientos más viscosos, y otras ventajas.

SISTEMAS DE APLICACION MEDIANTE AEROSOL.-

Los materiales de recubrimiento envasados en recipientes presurizados son generalmente conocidos como aerosoles. En la mayor parte de los casos la presión se obtiene por un hidrocarburo fluorado, tal como el tricloro-fluor-metano y el dicloro-difluor-metano. Estos compuestos son gases en las condiciones de temperatura y presión normal, pero pueden licuarse y ese líquido ser empleado para que proporcione la presión suficiente que permita la salida y atomización de la pintura del recipiente a través de un orificio conveniente. Cuando la mezcla de pintura y de gas impulsor sale del recipiente en donde han estado envasados, la rápida evaporación del gas impulsor produce la atomización de la pintura.

La única ventaja de los sistemas aerosol es su -

comodidad, y su principal desventaja es el elevado costo al calcularlo como superficie cubierta. La pintura puede aplicarse simplemente mediante la presión del tapón del recipiente. Sin embargo, en la mayor parte de los casos hay partes iguales de impulsor y pintura en el interior del envase, de tal forma que el rendimiento es mucho menor que el que podría esperarse por el tamaño del recipiente.

BROCHAS Y RODILLOS.-

Aplicación con brocha.- Es probablemente el método de aplicación de recubrimientos de superficie más antiguo y todavía el más usado, ya que el equipo necesario es simple y relativamente barato. Su realización -- adecuada depende en gran parte de la calidad de la brocha y de sus cerdas.

La aplicación con brocha encierra menos peligro de manchar de pintura zonas adyacentes que no debenser pintadas.

PINTADO POR RODILLO.-

Los rodillos permiten una aplicación de la -- pintura con una mayor uniformidad en el espesor de la película; también elimina las marcas de brocha, los corrimientos y las arrugas de la pintura y proporciona mejor aspecto a los acabados.

C A P I T U L O VIII

EVALUACION E INTERPERISMO ACELERADO Y COMO REPRO DUCIRLO EN EL LABORATORIO.

Cuando se desarrollan los materiales es importante - determinar que tan durables serán cuando se expongan al - medio. ¿ Se debilitarán, desmoronarán o mantendran un porcentaje razonable en su apariencia y propiedades físicas?.

Hoy en día el químico ya no puede esperar 1 año o - 2 de pruebas de exposición al medio ambiente, para deter- minar si su formulación es realmente la mejor. En estos tiempos se necesitan datos sobre exposición al medio am- biente en semanas no en años.

Con los simuladores de clima existen hoy en día es - posible generar datos confiables sobre la exposición al - medio, en cuestión de días o de semanas, suponiendo que- se entiendan los mecanismos del clima, del medio ambien- te y utilizando el simulador de diseño apropiado. Se - - reconoce ampliamente que la luz solar y la humedad son las causas más comunes e importantes del daño a los políme- ros. Poniendo atención sobre la luz solar y el agua, -- hemos descubierto que tres conceptos cruciales dan la -- clave para acelerar las pruchas de exposición al medio- ambiente:

1) Para simular los efectos de la luz solar, - se necesita reproducir únicamente las longitudes de onda- ultravioleta (UV) de la luz del sol, no su espectro com- pleto. De hecho, generalmente, lo mejor es reproducir nada más las longitudes de onda más cortas del UV, - - -

ultravioleta bajo (UV-B).

2) La forma aproximada de simular el ataque de la humedad en el medio ambiente es con la condensación caliente. No por inmersión en agua, alta humedad, aerosol o niebla sino por condensación y condensación a elevadas temperaturas.

3) Acelerar los efectos del UV y de la condensación elevando la temperatura de prueba. Controlando la temperatura de prueba se controlarán ambos - - efectos.

El simulador de prueba de exposición al medio ambiente (fig.1), ha sido creado para alcanzar los requerimientos de estos conceptos.

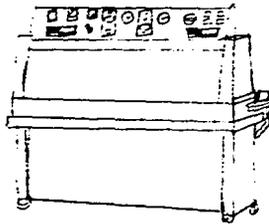


fig. 1

Fig. 1 SIMULADOR DE PRUEBA DE EXPOSICION AL MEDIO AMBIENTE. (Q-U-V)

¿Porque nada más UV?

La radiación electromagnética se divide de acuerdo a la longitud de onda: rayos gama, X, UV, luz visible, infrarrojo, microondas y radio, como se muestra en la fig. 2. La atmosfera terrestre filtra la radiación de onda más corta proveniente del sol incluyendo gran parte del UV. La fig. 3 muestra la cantidad del UV y la luz visible solar que caen a la tierra en función de su longitud de onda (la distribución espectral de energía del sol o D.E.E.). También se muestran las D.E.E. para dos tipos de lámparas usadas en el simulador.

Fig. 2 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO,

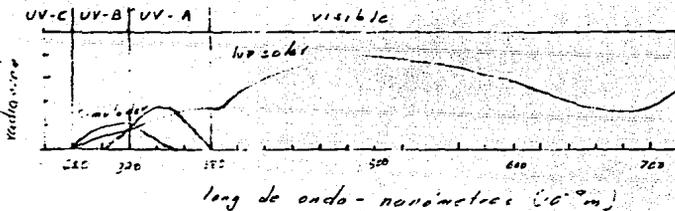
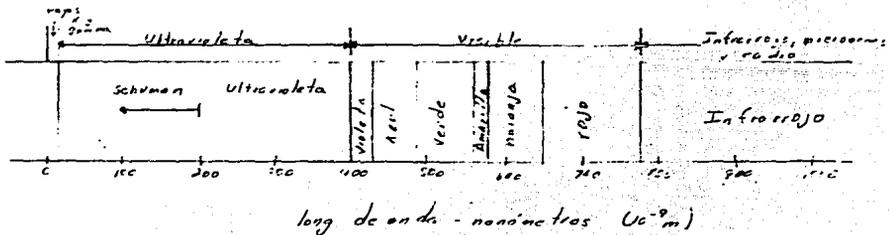


Fig. 3. COMPARACIONES CON LA LUZ SOLAR,

Las longitudes de onda más cortas de la luz solar son las ultravioleta que llegan hasta longitudes de onda de 255 nanómetros o menos. Aunque el UV constituye únicamente el 5 % de la luz solar que llega a la tierra, estas longitudes de onda cortas son las responsables de virtualmente todo el daño a los polímeros. Por esta razón las lámparas en el simulador están diseñadas para producir luz UV. No se hace ningún intento para simular el 95 % de la radiación solar que es relativamente inofensiva, que se encuentra en longitudes de onda mayores (como visible e infrarrojo). La experiencia de miles de laboratorios ha demostrado que es una forma excepcionalmente buena de reproducir los efectos dañinos de la luz solar.

Este simulador ha sido efectivo en la reproducción de efectos de la luz solar al producir únicamente las longitudes de onda más cortas del sol debido a un principio conocido: Entre más corta la longitud de onda de luz es mayor su capacidad para causar daño fotoquímico (alteración de las moléculas).

Para las pruebas de laboratorio las longitudes de UV-B son las más importantes, el UV-A provoca degradación más lenta y no es capaz de producir ciertos tipos de daños que el UV-B pueden causar. En general la longitud de onda UV-C deben ser evitadas en el laboratorio porque la posibilidad de degradación no es natural. El simulador utiliza lámparas que producen ya sea principalmente UV-B o principalmente UV-A.

A pesar del hecho de que el UV representa únicamente el 5 % de energía en la luz solar hay muchos

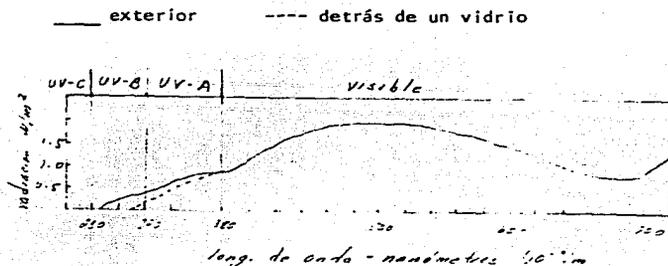
ejemplos prácticos de su gran predominio en el desgaste del material en exposición. Un ejem. es el estudio clásico de los espectros de aceleración de polímeros- ilustrados en la tabla 1.

Los efectos de activación se llevan a cabo - - haciendo pasar la luz de una fuente artificial a través de un monocromador para dispersarlas en sus longitudes de onda constituyentes. Este espectro se proyectó en una muestra probada y el daño resultante fue medido en los lugares de la muestra correspondiente a las diferentes longitudes de onda que provocó el daño máximo, se denominó " longitud de máxima activación ". Debido a que la intensidad de la fuente de luz caía rápidamente a la longitud de onda UV corto los resultados están -- sesgados, lo que implica que las longitudes de onda -- mostradas son probablemente más largas que la longitud de onda más dañina. Aun así las longitudes de onda de más activación que se encontraron fueron marcadamente cortas cayendo dentro de la banda producida de las lámparas del simulador.

Es bien sabido que la mayoría de los materiales se degrada mucho más rápido cuando se exponen a la luz del sol directa, que cuando están filtradas por un vidrio.

La diferencia se debe a la ausencia de longitud de onda de 310 nanómetros (fig. 4 1).

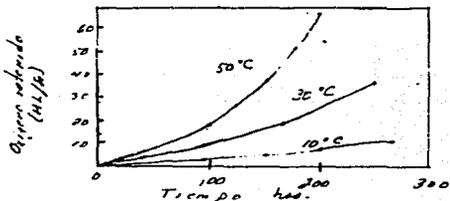
Fig. 4 DISTRIBUCION TIPICA DE ENERGIA ESPECTRAL DE LA LUZ SOLAR.



La temperatura acelera el UV.

Los efectos destructivos del de la exposición al UV se aceleran al incrementar la temperatura. Aunque la temperatura no acelera las reacciones primarias-fotoquímicas si afecta las reacciones secundarias, que involucran los productos derivados del choque de luz,. Es común ver que un incremento de $10^{\circ}C$ en la temperatura de exposición a los rayos UV duplicará el grado de degradación de los materiales. La fig. 5 demuestra es te efecto en los polietilenos expuestos a las lamparas-fluorescentes UV-B a varias temperaturas. Cualquier laboratorio de prueba de exposición al medio ambiente debe ser capaz de dar minucioso control de la temperatura de exposición a los rayos UV y debe proveer las medidas para elevar la temperatura para producir la aceleración. Las temperaturas típicas para la exposición acelerada al UV estan entre 50 y $70^{\circ}C$.

Fig. 5 DEPENDENCIA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA DEL GRADO DE OXIDACION DEL POLIETILENO RAMIFICADO EXPUESTO A LAMPARAS FLUORESCENTES.



¿ Porque condensación ?.

Muchos químicos parecen preferir hablar sobre el UV de la exposición al medio ambiente porque el UV es algo más técnico y glamoroso que la humedad. Sin embargo cuando se examinan de cerca los mecanismos de ataque por humedad del medio ambiente son tan intrincados como los del UV. De hecho hay más conceptos erróneos sobre como actúa el agua en el medio ambiente.

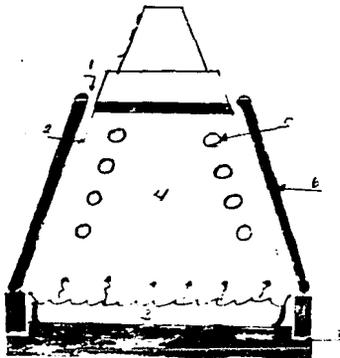
La mejor manera de simular el ataque por humedad en el medio sobre materiales orgánicos es por condensación.

Además la exposición a condensación debe ser llevada a elevadas temperaturas para acelerarla. Los viejos métodos de inmersión en agua, alta humedad, niebla o aerosol, no reproducen adecuadamente las condiciones típicas del medio. Tampoco provee las elevadas temperaturas necesarias para la correcta aceleración.

En el aparato utilizado, simula lluvia y rocío

condensado de agua líquida directamente en el espécimen de prueba fig. 6 El agua en la parte inferior de la cámara de prueba se calienta llenando la cámara con vapor caliente y creando una humedad de 100% entre 40° y 50°C. Como las muestras de prueba son las paredes laterales de la cámara, el aire en su parte posterior enfría las muestras unos cuantos grados por debajo de la temperatura de vapor. Este enfriamiento provoca de paso la condensación en la parte de adelante. Existen importantes razones por las cuales el método del simulador de condensación es la mejor forma de reproducir la exposición a la humedad natural.

Fig. 6 SECCION TRANSVERSAL SIMPLIFICADA.
PERIODO DE CONDENSACION DEL SIMULADOR.



- Entrada de
 1 Aire de enfriamiento
 2 Material de prueba
 Aire
 3 Caliente
 4 Vapor
 5 Temperaturas
 6 Cubierta con
 7 ventilador para
 brizna

Por lo general no se entiende que aún cuando no esten mojados los materiales están húmedos una gran parte del tiempo. La fig. 7 demuestra la incidencia de humedad en 6 localidades de Norte América. " El tiempo de humedad " fue medido con un detector galvánico que genera voltaje cuando hay agua líquida presente. Los datos muestran que las muestras estaban húmedas aproximadamente el 30 % del tiempo. Esto significa que los materiales expuestos al medio promedian 8 hrs. de estar húmedos al día o aproximadamente 2900 hrs. de humedad al año, esta alta incidencia de humedad tiene importantes implicaciones.

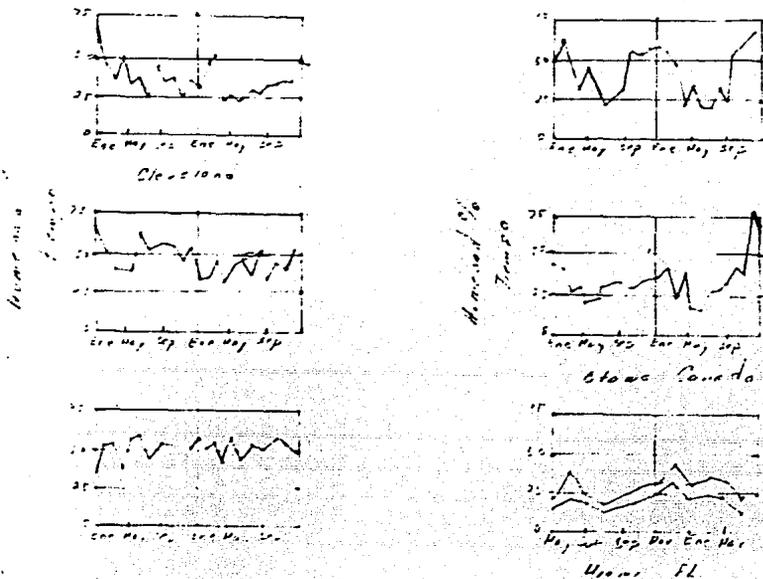
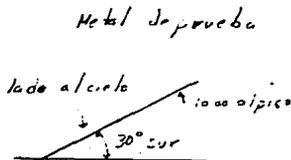
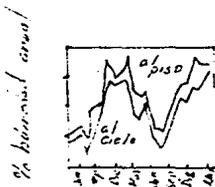


Fig. 7

La incidencia de la lluvia es tal que unicamen-
te puede contribuir en una pequeña fracción de estas --
horas de humedad. Esto significa que la fuente princi-
pal de humedad es el rocío y la condensación. Mas aún-
los materiales se encuentran mojados por el rocío más-
frecuentemente y por períodos de tiempo mayores que por
los que comunmente se suponen. El predominio del rocío
sobre la lluvia se corrobora con mediciones del tiempo-
en que esta mojado el objeto que demuestra que el lado-
de una lámina de prueba que ve hacia el piso a 30° vien-
do al sur está más mojado que el lado hacia el cielo -
(fig. 8). Si la lluvia fuera la fuente principal de -
humedad se observaría lo contrario.

Fig. 8 TIEMPO DE HUMEDAD.
VISTA AL CIELO vs VISTA AL PISO.



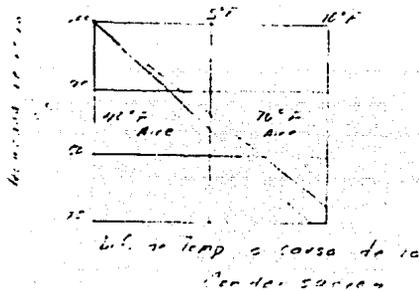
Para formar rocío el material debe estar más - -
frio que el aire que lo rodea. Más específicamente debe
estar por debajo de la temperatura de punto de rocío del
aire . La fig. 9 ha sido tomada de la carta psicromé-
trica standar que muestra diferencia de temperaturas ---

entre un material y el aire necesario para provocar la condensación. Frecuentemente observamos la formación de rocío a humedad relativa tan baja como 70 % (aunque no frecuentemente debajo de esta). Eso significa que el material está a una temperatura de por lo menos 5°C más fría que el aire que lo rodea. Por otro lado hemos observado humedades tan altas como el 98% sin que se forme rocío. En esos casos el material y el aire están prácticamente a la misma temperatura. La alta humedad no puede provocar que se condense agua líquida a menos que haya diferencia de temperaturas. Este hecho tiene algunas implicaciones importantes:

1) Los datos de humedad no proporcionan de manera confiable la cantidad de agua que habrá durante una prueba de exposición al medio ambiente, y

2) Una cabina convencional de humedad no proporciona una forma correcta de simular el ataque por humedad en el medio ambiente porque no tiene una manera confiable de producir la diferencia de temperaturas necesarias para que se condense.

Fig. 9 HUMEDAD RELATIVA Y CONDENSACION.



¿ Cual es la razón por la cual los materia-
les están más fríos que el aire que los rodea, de tal
manera que hay rocío un promedio de 8 hrs., por día?.
La explicación es un simple fenómeno físico. Los ob-
jetos sólidos pierden calor debido a la radiación -
hacia el cielo nocturno. Todos los objetos estan ra-
diando calor continuamente. El calor transferido en-
tre el objeto y sus alrededores es proporcional a la
cuarta potencia de la diferencia de temperaturas. Ya
que el cielo nocturno está esencialmente al cero ab-
soluta, la radiación es un poderoso mecanismo de en-
friamiento. El rápido efecto de enfriamiento por pér-
dida de calor por radiación se muestra en la fig. 10
Nótese que la lámina negra debido a su alta emisividad
radiante pierde calor más rápido que la lámina de ace-
ro inoxidable brillante. El aire por tener una muy -
baja emisividad pierde calor muy lentamente. El ciclo
típico de temperatura que esto provoca durante el día
se muestra en la fig. 11. Durante el día un objeto -
recibe calor radiante del sol, así que tiende a estar-
más caliente que el aire. Sin embargo mientras el sol
se mete empieza a haber pérdida de calor por radiación
y el objeto rápidamente se pone más frío que el aire.
Se han medido láminas de prueba que tenían temperatu-
ras hasta de 9°C más frías que las del medio ambiente.

Fig.10 CALOR PERDIDO POR RADIACION.

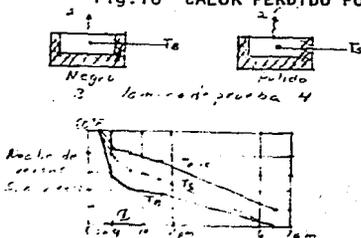
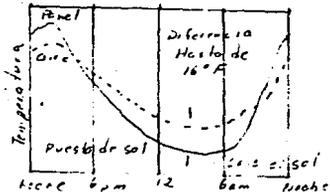


Fig.11 CICLO TÍPICO DE TEMP. DIARIA.

- 1 Puesta de sol
- 2 Radiación
- 3 Alta emisividad
- 4. No, a emisividad



Son el hecho de que la escarcha no se presenta en noches nubladas. Y que un carro bajo un toldo permanecerá seco, mientras que un carro cercano a descubierto se forma rocío.

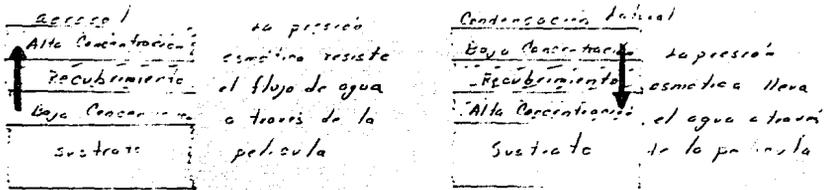
El efecto neto es que una muestra aislada puede enfriarse más rápidamente.

El hecho de que los materiales están expuestos normalmente al rocío y no a la lluvia afecta el grado de degradación que sufrirán. El rocío está saturado con oxígeno. Generalmente ocurre que el agua no es destructiva por sí misma, sino que el agua causa daños por el oxígeno disuelto en ella, y que se pone en contacto con el material, promoviendo de esta manera la oxidación. Cualquier intento por simular humedad en el medio ambiente debe asegurar que el agua es té totalmente saturada con oxígeno, la única forma de hacerlo es con condensación. Los métodos alternativos de niebla, aerosol e inmersión no son funcionales pues no hay un control de la saturación del oxígeno.

El hecho de que el rocío permanezca sobre los materiales mucho tiempo es de crucial importancia. Esto permite al agua penetrar profundamente en el material para causar oxidación interna. También da lugar para que los aditivos solubles sean extraídos del material por lixiviación. Y en casos de películas de pintura da oportunidad al agua de penetrar a través de la película disolviendo el material soluble entre la capa y el sustrato. Esto crea una osmótica

con la capa o membrana. El rocío puro concentrado es la solución diluida, y el agua entre el substrato y recubrimiento es la solución concentrada (fig. 12). La presión osmótica resultante literalmente bombea el agua a través de la capa causando ampollamiento y levantamientos de esta. Una simulación aproximada por exposición al medio ambiente debe proveer períodos -- de humedad de muchas horas de duración más que unos cuantos minutos de duración de aerosol seguidos de un rápido secado.

Fig. 12 EFECTO DEL GRADIENTE DE CONCENTRACION DE LA SOLUCION EN AEROSOL CON SAL Y CONDENSADA.



La temperatura acelera la condensación.

Finalmente el hecho de que los materiales pasen gran parte de su vida al medio ambiente mojados, introducen una prueba adicional en las pruebas aceleradas. Con los materiales expuesto al medio ambiente mojados 8 hrs. al día es virtualmente imposible acelerar el daño por condensación, incrementando el número de horas

de humedad. Por lo que algunos otros medios deben ser usados. El simulador acelera este proceso incrementando las temperaturas de mojado de 40°C a 50°C. Esto preserva las características esenciales del rocío puro mientras - que provee un alto grado de aceleración. No es difícil encontrar que un incremento de 10°C en la temperatura de condensación duplica la velocidad de deterioro (fig. 13) Ahora es claro que las pruebas en las que se utiliza aerosol frío a temperatura ambiente sobre las muestras son incapaces de acelerar la humedad por exposición al medio ambiente, problema que se aumenta por el hecho de que es tos aerosoles fríos dan mucho menos horas de humedad de la que típicamente se da por exposición al medio ambiente. Para acelerar la humedad por exposición al medio ambiente se necesitan largos períodos de humedad y elevadas temperaturas y a menos que se controle cuidadosamente la temperatura de humedad no se tiene control del gra do de la velocidad de aceleración.

Fig. 13 GRADOS DE CORROSION EN LAMINAS DE ACERO.

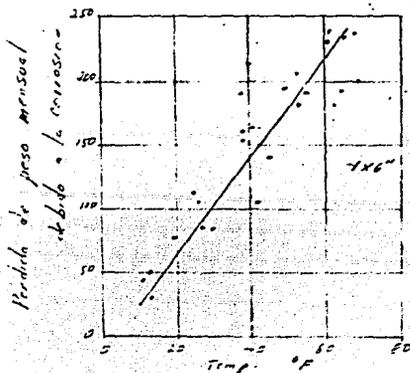


Tabla 1.
ESPECTRO DE ACTIVACION PARA VARIOS POLIMEROS

POLIMERO	LONG. DE ONDA PARA DARO MAXIMO. (nm).
Película de acetato de polivinilo.	< 280
Película de policarbonato.	285,305,330,360
Acrílico.	290,325
SAN película.	290,325
CAB película.	295,298
Poliétileno.	300
Polipropileno	310,370
PVC.	320
Poliéster.	325
PVC/vinyl acetato copolimero.	327,364

CONCLUSIONES

Se pueden llevar a cabo pruebas exitosas de aceleración por exposición al medio ambiente si se tienen en mente tres conceptos:

- 1.- Simular los efectos de la luz solar con -- lámparas fluorescentes ultravioleta (UV).
- 2.- Simular el rocío y la lluvia con condensación caliente.
- 3.- Acelerar los efectos del UV y condensación elevando la temperatura de prueba.

C O N C L U S I O N E S .

Como se ha visto a lo largo de este trabajo, - la corrosión es un tema que a últimas fechas se le ha dado la importancia y el estudio que merece, incluso - existen personas especializadas en este tipo de fenómeno.

Para evitar la corrosión existen diversos métodos dependiendo del lugar, zonas o situaciones en que se presente, lo que sí es indudable es que el prevenir la corrosión por medio de recubrimientos orgánicos e inorgánicos es la práctica más común y lo que es más importante, la opción más económica.

Los vehículos orgánicos en forma conjunta con los pigmentos inhibidores de corrosión han demostrado su versatilidad desde hace muchos años y han evolucionado lo suficiente como para poder garantizar protección hasta por más de 15 años, sin deterioro de las partes metálicas, por supuesto que para lograr esto es necesario el tratar la superficie de manera adecuada.

La evolución ha comprendido desde los vehículos alquidáticos y pigmentos de óxido de hierro hasta los vehículos de poliéster siliconizado o polifluorados y pigmentos de silica amorfa combinadas con hidróxido de calcio.

Por lo que conciere al pretratamiento de superficies, este comprende desde un simple lijado, hasta un fosfatizado de zinc aplicado en 5 etapas, (desengrase, enjuague, fosfato, enjuague y sellado).

Es también muy importante el resaltar que la -- aplicación juega un papel muy importante en las propiedades del recubrimiento protector, ya que este puede ser aplicado por medio de brocha, rodillo, pulverización convencional, electrostática y por inmersión.

Con todas estas variantes es necesario el dominar estas técnicas.

Como se mencionó al principio de este trabajo, la prevención de la corrosión redundará en un ahorro significativo para aquellas compañías que le den la -- importancia que merece.

Otro beneficio directo que se obtiene al prevenir la corrosión es el evitar en un momento dado detener el tren de producción de una empresa, que en estos momentos de crisis económica que vivimos es mortal para sus utilidades.

Espero que este trabajo sirva como una guía -- para solucionar y evitar este problema.

B I B L I O G R A F I A .

1.- ANTI-CORROSION :

Organic coatings for protection of iron
and steel : some new developments.
February 1985.

2.- A. Blanco, L. Sánchez R. y L.I. Villegas.
Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos.
Vol. I y II, 1a. ed.
Edit. Química, S.A.
México. 1974.

3.- Brasunas Anton de S., Nice Basic Corrosion Course,
National Association of Corrosion Engineers,
1a. ed., 1979.

4.- Britton, C., Corrosion Update,
Process Engineering,
Oct. 1980.

5.- R. M. Burns & A. E. Schuk,
Protective Coatings for Metales,
ed. Reinhold Publishing Corporation
New York, 1959.

6.- Colour Index, 1971 .

- 7.- Dean H. Parker.
Tecnología de los Recubrimientos de Superficies.
Enciclopedia de la Química Industrial.
Tomo 7. Ediciones U.R.M.O.
1 9 7 8 .
- 8.- Diccionario Latinoamericano de Pinturas y Tintas.
Editorial Química, S.A.
- 9.- Estrategia Industrial.
La Pintura es el Acabado Protector más Económico
y Duradero que Existe.
Septiembre, 1986
- 10.- Flick, E. W.
Handhook of Paint Raw Materials
Noyes Publications
Park Ridge, N.J., 1982
- 11.- Grandou, Pierre y Pastour, Paul.
Peintures et Vernis
Techniques et Industrie.
Ed. Hermann.
Paris, 1969.
- 12.- Garder - Sward.
Paint Testing Manuel, 1974.
- 13.- Información Técnica
Q - Panel
Cleveland, Ohio.

- 14.- Journal of Coatings Technology .
Leidheiser, Henry Jr.
Mechanism of Corrosion Inhibition With
Special Attention To Inhibitors in
Organic Coatings.
Vol. 53, No. 678, July 1981.

- 15.- Journal of Coatings Technology
New England Society for Coatings Technology
Design of Waterborne Coatings for the Corrosion
Protection of Steel.
Vol. 53, No. 683, Decmber 1981. pag. 27.

- 16.- Kirk - Othmer,
Enciclopedia de Tecnología Química.
Tomos, 2, 4, 5, 12 y 14 en Español.
Ed. U.T.E.H.A., 1970.

- 17.- G. N. Kirby.
What you need to know about maintenance paints.
Part II, Chem, Eng., vol. 89, No. 17, Aug., 1982.
pag. 113.

- 18.- Manual de Corrosión y Protección.
Editorial Química, S.A.

- 19.- Manual de Pigmentos,
Colorquim S.A. de C.V.
México, 1981.

- 20.- Manual de Pigmentos para las Industrias de -
Pinturas, Tintas, Plásticos y Hules;
Pigmentos y Oxidos, S.A.
México, 1980.
- 21.- Manual Safety Data Sheet
Agosto, 1986.
Baltimore Maryland.
- 22.- Kubitza.
Pinturerías ; Materias Primas de Poliuretano
para Pinturas Anticorrosivas.
Organo de Difusión de la ANAFAPYT
Julio - Agosto, 1982.
- 23.- Petroleos Mexicanos, Especificaciones Generales
para Construcción de Obras, Protección Anticorro
siva a base de Recubrimientos, 21. Ed. 1970.
- 24.- Pigments, Technical Information
2a. ed. 1982.
- 25.- Payne Fleming H.
Tecnología de Pinturas
Tomo II.
Editorial BLUME.
- 26.- Sebastian F. y Manuel Morcillo
Corrosión y Protección de los Materiales en la
Atmósfera
Ediciones Bellaterra, S.A., 1982.

- 27.- Sir Edward Thorpe , C.B., L.L.A. y F.R.S.
Enciclopedia de Química Industrial
Tomo V, Ed. Labor, S.A.
Barcelona.
- 28.- Ramirez - Bonilla, C.
Recubrimientos Anticorrosivos. Su Selección.
Aplicación e Inspección.
México. 1986.
- 29.- Temple C. Patton.
Pigment Dispersion and Paint Flow
2a. ed.
Ed. John & Sons
New York, 1979.
- 30.- The Fundamentals of Paint Technology
Instituto Mexicano de Técnicos en Pinturas
y Tintas, A.C., 1981.
- 31.- H. H. Uhlig
Corrosion and Corrosion Control
Ed. John Wiley & Sons
New York, London, 1971 .
- 32.- Stauffer Chemical Company
Ethyl Silicate for Refractory
Shapes and Coatings.
U. S. A.
- 33.- Villareal , Enrique y Silvia Bello.
Electroquímica.
Ed. ANUIES .
México, 1975.