



10
Zej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PROTECCION CONTRA LA CORROSION POR
MEDIO DE SISTEMAS DE ASPERSION
TERMICA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

PRESENTA:

IGNACIO GOMEZ ROJAS

MEXICO D.F.

1996.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

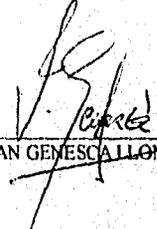
JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE:	DR. BERNARDO FABIAN CAMPILLO ILLANES
VOCAL:	DR. JOAN GENESCA LLONGUERAS
SECRETARIO:	ING. SERGIO GARCIA GALAN
1er. SUPLENTE:	ING. CARLOS RODRIGUEZ RIVERA
2do. SUPLENTE:	ING. JOSE FRANCISCO CAMACHO RUIZ

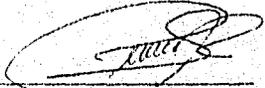
SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

**FACULTAD DE QUIMICA
EDIFICIO " D "
DEPARTAMENTO DE CORROSION**

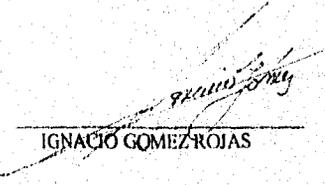
ASESOR:


DR. JOAN GENESCA LLONGUERAS

SUPERVISOR TECNICO:


ING. CARLOS RODRIGUEZ RIVERA

SUSTENTANTE:


IGNACIO GOMEZ ROJAS

AGRADECIMIENTOS

CON MUCHO CARINO Y AGRADECIMIENTO DEDICO
EL PRESENTE TRABAJO A MIS PADRES:

IGNACIO GÓMEZ MEJÍA +
GUILLERMINA ROJAS DE GÓMEZ

POR TODA SU DEDICACIÓN, EMPEÑO Y PACIENCIA
INVERTIDO EN MI FORMACIÓN COMO PROFESIONISTA
Y SER HUMANO. ASÍ COMO, AGRADEZCO EL INFINITO
AMOR CON EL QUE SUPIERON ENCAUSARME, SIENDO
LOS PILARES DE MI FORTALEZA Y UN EJEMPLO DE
PERSEVERANCIA.

EN MEMORIA DE MI PADRE:

HUMO Y NADA EL SOPLO DE SER:
MUEREN HOMBRE, PÁJARO Y FLOR,
CORRE A MAR DE OLVIDO EL AMOR,
HUYE A BREVE TUMBA EL PLACER.

¿ DONDE ESTÁN LAS LUCES DE AYER ?
TIENE OCASO TODO ESPLENDOR,
HIEL ESCONDE TODO LICOR,
TODO EXPÍA EL MAR DE NACER.

¿ QUIEN RIÓ SIN NUNCA GEMIR,
SIENDO EL GOCE UN DULCE PENAR ?
¡ LOCO Y VANO ÁRDOR EL SENTIR !

¡ VANO Y LOCO ANHELO EL PENSAR !
¿ QUE ES VIVIR ? SOÑAR SIN DORMIR.
¿ QUE ES MORIR ? DORMIR SIN SOÑAR.

A MIS HERMANOS:

LUIS MANUEL
VIRGINIA
RODOLFO
JAVIER

POR COMPARTIR ESA HERMOSÍSIMA ETAPA DE MI VIDA DENTRO DEL SENO FAMILIAR Y POR PERMITIRME DISFRUTAR EN CONJUNCIÓN TODAS LAS ALEGRÍAS Y RATOS AMARGOS QUE HAN CONFORMADO CADA UNO DE NUESTROS MOMENTOS. GRACIAS POR SER COMO SON.

A MI COMPAÑERA, ERIKA:

EL AMOR Y LA ALEGRÍA SON LOS ELEMENTOS DE BASE SOBRE LOS QUE CONSTRUÍMOS NUESTROS ANHELOS E ILUSIONES. Y SON IGUALMENTE BÁSICOS PARA NUESTRA TRANQUILIDAD ESPIRITUAL. DERROCHEMOS ESTOS SENTIMIENTOS PORDOQUIER Y VERÁS QUE EXPERIMENTAREMOS COMO LA PAZ INUNDA NUESTRAS ALMAS. LA FELICIDAD Y EL AMOR NO PUEDEN ESTAR EN NADA QUE ESTE FUERA DE TÍ Y DE MÍ, BUSQUEMOS EN NUESTRO INTERIOR Y DESCUBRIREMOS QUE SOLO AMOR SE ALBERGA EN NUESTROS CORAZONES. GRACIAS POR TODO TU APOYO.

A MIS CUÑADAS Y CUÑADO:

GUADALUPE
ANGÉLICA
JULIO RAÚL

POR TODO Y CADA UNO DE LOS BELLOS INSTANTES
COMPARTIDOS, POR SU SENCILLEZ, SU CONSTANTE
PREOCCUPACIÓN Y POR ESE LUGAR TAN ESPECIAL QUE TENGO
ENTRE USTEDES, GRACIAS.

A MIS SOBRINOS:

JESSICA
ANDREA
ILEANA MARLENE
DANYA IRAIS
JOSE PABLO
ERIKA
ANA LAURA

QUE SON LA CHISPA VIVA DEL RECUERDO DE MIS ANDANZAS

A TI CARLOS:

GRACIAS POR PERMITIRME CONTAR CON UNA AMISTAD TAN GRANDE, GRACIAS POR DEDICARME TODO TU TIEMPO, APOYO, TENACIDAD Y ORIENTACIÓN, VIRTUDES QUE ME PERMITIERON CULMINAR CON ESTE TRABAJO, SIGUE CON ESOS IDEALES Y PROSIGUE CON ESA DIFÍCIL TAREA DE EDUCAR A LOS FUTUROS PROFESIONISTAS.

A TI JUAN MANUEL:

INSEPARABLE AMIGO, TU Y YO SABOREAMOS DE MIL FORMAS LOS PLACERES DE LA NATURALEZA, NATURALEZA QUE EN SÍ ES UNA ARMONÍA, SINFONÍA MARAVILLOSA QUE INVITA A LA CREACIÓN ENTERA Y QUE NOS GUSTA ACOMPAÑAR EN SU SOLUCIÓN Y PROGRESO. ESTA MISMA NOS SIRVE DE INSTRUMENTO PARA CAPTAR LAS VIBRACIONES DE PAZ Y EQUILIBRIO, LO QUE NOS PERMITE HACER LOS AJUSTES NECESARIOS PARA NUESTRO PROPIO DESARROLLO.

A MIS ADMIRABLES MAESTROS:

CUYA DEDICACIÓN DESINTRESADA E INCANSABLE ESFUERZO
EN POS DE LA EXCELENCIA, FORJAN EDUCANDOS DE INMEJORABLE
VALOR. GRACIAS POR DAR TODO LO QUE TIENEN Y POR
ENTREGARSE EN LA FORMA EN LA QUE SE ENTREGAN A SU
PROFESIÓN.

PRESENTO MIS MÁS SINCEROS RESPETOS A TOPOS AQUELLOS
QUE DE UNO U OTRO MODO INTERVINIERON EN LA ELABORACIÓN
DE ESTE TRABAJO.

INDICE

RESUMEN

CAPITULO I.- INTRODUCCION

CAPITULO II.- GENERALIDADES

- 2.1.- BREVE HISTORIA DE LOS PROCESOS DE ASPERSION TERMICA
- 2.2.- FUNDAMENTO TEORICO DE LOS PROCESOS
- 2.3.- ESTUDIOS SOBRE LA PREVENCION DE LA CORROSION
- 2.4.- PROBLEMATICA ACTUAL

CAPITULO III.- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE ASPERSION TERMICA

- 3.1.- EQUIPOS DE ALAMBRES
- 3.2.- EQUIPOS DE POLVOS
- 3.3.- EQUIPOS DE PLASMA
- 3.4.- EQUIPOS V.H.O.F.
- 3.5.- MATERIALS MAS EMPLEADOS PARA PREVER LA CORROSION
- 3.6.- SISTEMAS DE ACABADO Y SELLADORES COMPATIBLES

CAPITULO IV.- RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO

CAPITULO V.- ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

APENDICE

RESUMEN

RESUMEN

En la actualidad existen en el mercado una gran variedad de sistemas para brindar una protección sobre estructuras metálicas. Por lo general recurrimos a la aplicación de elementos orgánicos e inorgánicos o conjuntamos varios sistemas de protección, pero indiscutiblemente el de mayor uso consiste en la aplicación de pinturas. Pero resulta que estas pinturas que son aplicadas directamente sobre los aceros a menudo fracasan en la línea de unión entre el metal y la película, pudiéndose destacar entre otros, la mala preparación de la superficie, porosidades presentes, mala preparación de la mezcla (relación pintura/ solvente), atrapamiento de gases liberados durante el secado, mala calidad de mano de obra seleccionada o a los daños mecánicos que facilitan la penetración del agente oxidante.

En comparación con las pinturas, el metalizado puede disminuir este tipo de problemas inclusive permite disminuir considerablemente el costo de inversión que para tal efecto se desiguan, llegando a alcanzar valores que oscilan entre el 40-60 %, aún en aquellos casos en que la estructura es considerada para una vida de servicio relativamente corta.

Para poder conseguir este trabajo, fué necesario llevar a cabo un estudio durante ocho largos años sobre una serie de probetas protegidas con alambre de zinc y de aluminio a diferentes espesores considerando además el uso de diferentes tipos de selladores de acabado para monitorear sus comportamientos ante la presencia de diferentes medios de exposición. Las entidades elegidas para estas exposiciones son consideradas como sitios de alto índice corrosivo dentro del territorio nacional por presentar una diversidad de características ambientales.

Por lo que en el segundo capítulo se da inicio describiendo de forma breve la historia de los procesos, además se amplían los conceptos sobre los fundamentos teóricos bajo los que se sustentan tanto los recubrimientos por aspersión como de los procesos mismos, no dejando a un lado la sección correspondiente a la corrosión, el cual está orientado específicamente a describir los efectos causados por la acción de la corrosión atmosférica y la corrosión galvánica, ya que por la amplitud del tema solo se tocan estos dos puntos en particular reflejándolos a una problemática actual.

En el capítulo tres se contempla la descripción de los diferentes procesos de aspersión térmica de los que hasta la fecha se disponen, así como, también se incluye la información de los diferentes sistemas de protección estudiados, materiales y tipos de selladores que se emplearon para su caracterización.

En el capítulo cuatro se describe más a detalle todo el desarrollado de las pruebas corridas en campo, donde se plantea la técnica de preparación de superficie seleccionada, espesores, selladores, sitios de exposición, características de colocación, así como, los tiempos de seguimiento e identificación de las probetas que se utilizaron para las mismas.

El capítulo cinco presenta el análisis económico de los diferentes materiales empleados para el presente trabajo. El capítulo seis está constituido por las conclusiones y recomendaciones, donde se plasman algunas sugerencias para llevar a cabo la protección de estructuras metálicas en igualdad de condición, predeterminando el material a aplicar y el espesor más recomendable. Esperando que esta información pueda servir de apoyo para la elección del proceso más acorde a las necesidades existentes.

CAPITULO I
INTRODUCCION

INTRODUCCION

Para todas aquellas personas que de alguna u otra forma estamos relacionados con la industria a nivel general, no resulta novedoso el grave problema que representa la corrosión y sobre todo no dejemos de visualizar los grandes costos que se originan por los ciclos periódicos de aplicación en pinturas o por la reposición de piezas dañadas, que en la mayoría de sus casos nos conlleva al otorgamiento de presupuestos de fuertes sumas para implementar diferentes sistemas de protección, lo que finalmente merma la economía de una empresa á afecta considerablemente la estabilidad de un país.

Cabe también mencionar que por la presente situación económica por la que actualmente estamos atravesando, hace más difícil la importación de metales y aleaciones especiales por lo que se torna imperiosa la necesidad de instituir programas de mantenimiento preventivo, lo que nos permitirá conseguir una mayor duración de los elementos y obtener un óptimo aprovechamiento de los recursos disponibles, con la finalidad de abatir los costos involucrados en el mantenimiento correctivo.

Actualmente, no se dispone de informes confiables que nos permitan hacer una cuantificación en monto aproximado de los costos directas que representan los problemas relacionados con la corrosión metálica. Pero me atrevería a mencionar que esta cifra gira alrededor de algunos miles de millones de pesos. Cantidad que podría verse incrementada si aunamos dentro de esta plano el aspecto contaminación, el que modifica el medio ambiente tornandolo más agresivo. En comparación con los países desarrollados la industria mexicana no presta la debida atención a este problema y a la protección.

Es por ello que el cúmulo de información resultante de este trabajo de actualización e investigación, es el soporte para implementar estudios de pre-factibilidad-técnica y económica, tendientes a generar la posibilidad de poner en práctica la técnica de la aspersión térmica como una opción más para combatir a la corrosión, considerando que las perspectivas de desarrollo ayudarán a la actualización de los conocimientos adquiridos a través de la experiencia que se tiene en materia de recubrimientos metálicos. Por lo que se ha puesto especial interés en que la información contenida en esta, sea lo más veraz y actualizada posible, persiguiéndose los siguientes objetivos:

- 1).- Establecer los criterios generales de una técnica que pueda constituirse como una alternativa para la realización de recubrimientos protectores a un menor costo en la mayoría de los casos.
- 2).- Tratar de cimentar en particular las bases sobre las cuales se sustentan las técnicas de rociado, así como los parámetros de operación, las distancias de rociado, las temperaturas de operación, la limpieza minuciosa de la superficie a recubrir y las ventajas que ofrecen los materiales y costos.
- 3).- Proporcionar un manual de consulta práctico y de fácil acceso, que nos permita conocer los aspectos generales de cada proceso, así como, los sistemas más resistentes de los que hasta la fecha se manejan con mayor seguridad y eficiencia.
- 4).- Comprender de forma específica la técnica presentada, las características estructurales de los materiales aportados, así como, su versatilidad y su ejemplificación de experiencias industriales.

CAPITULO II
GENERALIDADES

2.1.- BREVE HISTORIA DE LOS PROCESOS DE ASPERSION

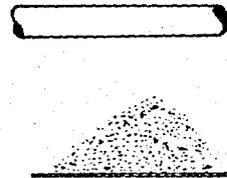
La metalización fué inventada en el año de 1910 por Schoop, en Suiza. Schoop hizo sus primeros experimentos rociando polvo de metal calentado. Unos pocos años más tarde, se inventó la pistola de alambres, que vino a ser el prototipo de las pistolas metalizadoras modernas. Se han inventado y probado otros muchos tipos de pistolas. Se pueden mencionar por ejemplo la pistola tipo erisol o las pistolas de detonación, parecida en cierta forma a una boquilla de rociar pintura.

Con las experiencias de Schoop, se introduce este proceso de metalización a los Estados Unidos en 1920, cuando se importa el primer tipo de pistola de alambre Schoop. Todos los otros tipos de pistolas hasta ahora comercializadas, han sido probadas en circunstancias iguales, siendo sin embargo, el tipo de pistola de alambre, la que ha resistido las pruebas contra el tiempo. Inclusive una de sus mejores aportaciones de estos equipos fué el trabajo realizado en la segunda guerra mundial en 1944. Para los años de 1950- 1960 estos equipos se introducen en la República Mexicana y hasta la fecha siguen siendo desconocidos en muchos sectores.

2.2.- FUNDAMENTOS TEORICOS DE LOS PROCESOS

El metalizado es un proceso en donde los materiales metálicos y no-metálicos son finamente divididos para depositarse ya sea en forma fundida o semifundida sobre un sustrato debidamente preparado que beneficie el depósito del material. La partícula golpea la superficie, se aplana y forma pequeñas plaquetas (salpicaduras) que se conforman y adhieren a la superficie previamente preparada de manera irregular, y así sucesivamente hasta alcanzar la capa de espesor requerida. (véase fig. 1).

PROCESO DE ASPERSION TERMICA



Materia prima en forma de alambre o polvo.



Fuente de calor para fundir el metal.



Gotas de metal fundido.



Impacto contra el sustrato para formar el recubrimiento.

figura 1.

La diferencia básica entre los diferentes procesos de rociado estriba en los materiales usados, los métodos de calentamiento y el método de propulsión de los materiales empleados. El metalizado no es una soldadura y no está concebida para unir dos piezas por procedimiento de fusión, ya que su función es otra: dicha función es la de proporcionar una capa de recubrimiento con características deseadas que no ofrece el material base, no añade resistencia mecánica o estructural, solo añade espesor para recuperar una cota perdida y proteger la superficie original de las adversidades de operación. Es entonces evidente que con la proyección térmica se evitan las deformaciones que se producen en las piezas cuando existen altas temperaturas, que además no son uniformes, como en el caso de la soldadura. Es por este hecho que se ha permitido conocer a este proceso con el nombre de "metalizado en frío". Las capas rociadas se apoyan básicamente en tres aspectos generales y son los siguientes:

- Sustrato.- Una superficie rugosa e irregular, provee y aumenta la adherencia, debido a que expone un área más grande y efectiva.
- Adherencia.- La adherencia que se muestra entre las capas y el material base puede ser de naturaleza mecánica o metalúrgica. La adherencia es afectada por un determinado número de factores tales como: Los materiales seleccionados, la condición de el sustrato base, el grado de rugosidad de la superficie, la limpieza, la temperatura de la superficie antes, durante y después del rociado, la velocidad de impacto de la partícula y la distancia de rociado.
- Estructura de la capa.- La estructura del depósito y la composición química de la capa en presencia de aire, genera diferencias para materiales similares en trabajo o prerociadas. La diferencia en química y estructura son debidas al incremento paulatino de la capa, la reacción en el proceso de los gases y la atmósfera circundante al material en el momento de estarse fundiendo.

Por ejemplo, donde el aire o el oxígeno son usados dentro del proceso, los óxidos generados del material aplicado son formados y se vuelven parte de la capa. Las capas metálicas tienden a ser porosas, frágiles y tienen una diferencia de dureza. La estructura de la capa puede ser laminar de naturaleza y puede exhibir características variadas, dependiendo del proceso usado, parámetros, técnicas y materiales aplicados. El radio de densidad del depósito puede variar con la velocidad de la partícula y el calor específico de la fuente. (véase fig. 2) Para que una aportación tenga una adherencia satisfactoria, es esencial que la superficie a recubrir reúna tres condiciones básicas:

- Limpieza.- Idealmente la limpieza se obtiene en seco a metal blanco, si se trata de una pieza que se puede montar en un torno o máquina herramienta, considerando como obvio, que la herramienta de corte está exenta de aceite o grasa. Alternativamente y después de desengrasar con un disolvente adecuado, se puede granallar o sandblastear teniendo cuidado de usar óxido de aluminio puro o arena sílica.

- Aspereza.- Por medio del chorro de abrasivo, que no es otra cosa que el choque de partícula abrasiva a alta presión. Si el material no requiere de una capa primaria, se aplica directamente después de la operación de rugosidad. Si el material requiere de una capa primaria, se hará la aportación de una capa fina de anclaje que es un material patentado.

Estos al pasar por la pistola se funde y con esa temperatura, generan una reacción exotérmica que provoca microsoldaduras entre las redes cristalinas sin recalentarlo y dejando una superficie ideal para la posterior aplicación de cualquier otro material. En otros casos, cuando se carezca del sistema de chorro de abrasivo, se inclinará la decisión por el ranura o rayado. (Sobre todo cuando se trata de elementos mecánicos).

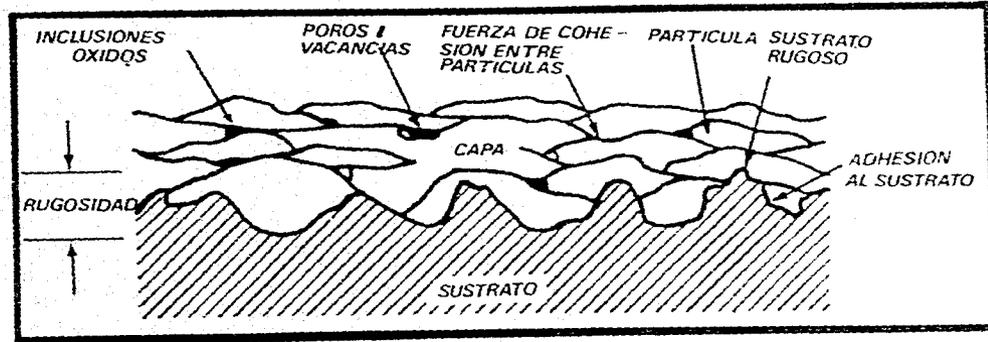


figura 2.

CORTE TRANSVERSAL DE UNA CAPA
TIPICA QUE ILUSTRRA UNA ESTRUCTU
RA LAMINAR CON OXIDOS E INCLU
SIONES.

-Seca.- Finalmente, para lograr que la superficie a recubrir este seca, es necesario evitar toda salpicadura de grasa, aceite o agua y también evitar la condensación de humedad circundante. Esto último se logrará mediante un leve precalentamiento con una antorcha de flama neutra o con la propia pistola hasta llevar a la superficie a una temperatura por encima del punto crítico

Temperatura de precalentamiento sugerida 80-100 °C

Temperatura de aplicación máxima 180-200 °C

Nota importante.- Nunca enfríe ningún trabajo con auxilio de corrientes de aire, agua, etc., procure enfriamiento controlados.

Como características importantes en los depósitos rociados pueden citarse los diferentes procesos que existen en el mercado, la asociación de flujos, la composición de los materiales, su cinética, la forma de la partícula, su tamaño, su densidad, el contenido de óxidos y la cantidad de material sin fundir; y que a final de cuentas contribuyen todos estos parámetros en la calidad obtenida en el producto final. Las temperaturas de fusión y vaporización de las capas, también juegan un papel importante, ya que ello restringe el uso de un material y dicta las condiciones de rociado. Por mencionar un ejemplo, el rango de temperatura líquido-vapor para la alúmina pura es reducido y la vaporización puede ocurrir en condiciones de sobrecalentamiento y da como resultado una estructura esponjosa (véase fig. 3). El criterio básico es que las partículas queden fundidas completamente, sin vaporización excesiva y que la fusión remanente choque contra el sustrato.

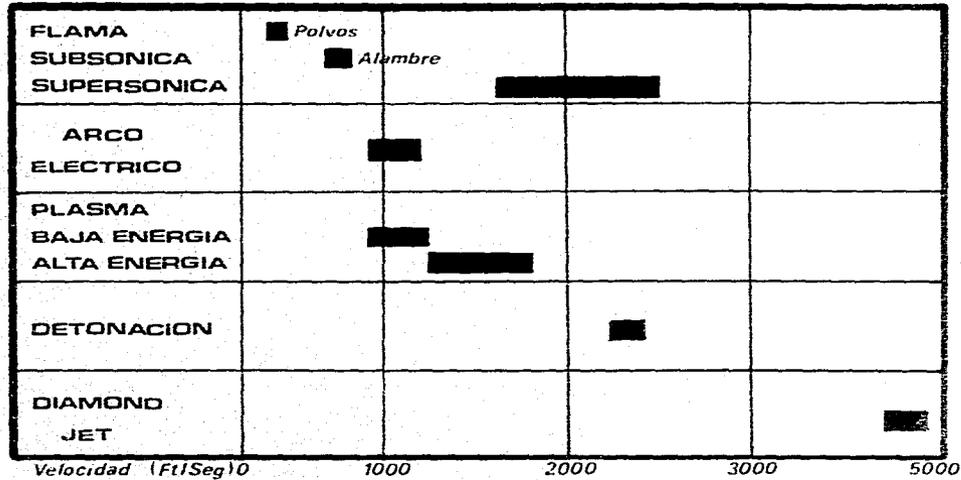
TEMPERATURAS SEGUN SU FUENTE		
ORIGEN	TEMPERATURA NOMINAL	
	°F	°C
PROPANO, OXIGENO	4785	2640
GAS NATURAL, OXIGENO	4955	2735
HIDROGENO, OXIGENO	4875	2690
ACETILENO, OXIGENO	5626	3100
ARCO, PLASMA, D.J.	4000-15000	2200-8300

figura 3.

Aunque el tamaño de la partícula asegura una fusión completa, existen usualmente serias dificultades en la inspección propia de las partículas finas. En el caso de la flama oxígeno-combustible, se considera la generación de cenizas que quedan atrapadas en el polvo. Por eso no es recomendable el uso de polvos con exceso de finos ya que producirán capas con abundante oxidación, vacancias o poros. Por otro lado, en la alimentación externa de los equipos de plasma de alta energía, el gradiente de alta velocidad tiene algunas restricciones sobre las partículas finas dentro de la zona caliente. Por lo tanto, algunas de las partículas son transportadas en la periferia de la flama y no son fundidas debidamente antes del impacto, pero solidifican apropiadamente; esto es debido a la absorción de calor y radiación aportados por la cámara de gases circundantes. De lo que se puede concluir que el tiempo de residencia de la partícula en la flama es determinado principalmente por la velocidad del gas, la energía y la distancia de rociado. (véase fig. 4).

Por lo que respecta a las formas de rociado, la observación de las capas de materiales exhibidas por las pistolas de termorociado, revelan una forma cónica, respondiendo a la concentración del rociado en la zona central y demás espacios periféricos. La zona central es comparativamente reducida y el material contiene alta concentración. Esto puede ser demostrado aplicando una sola capa sobre el sustrato y posteriormente examinado al microscopio, una sección transversal de la estructura a 90° en la dirección de la aplicación facilita su examinación.

El depósito mostrará un radio extendido de densidad dependientes de las partículas de la zona periférica; donde las capas fundidas contienen material mixto para cada una de las zonas, porque tanto la pistola como el sustrato serán relativamente movidos durante la aplicación.



Velocidades de impacto promedio en particulas aspersadas

figura 4.

TECNICA DE PREPARACION CON CHORRO DE AIRE COMPRIMIDO Y PARTICULA ABRASIVA.

La preparación de la superficie para aplicar capas resistentes a la corrosión consiste casi exclusivamente en la aplicación de aire comprimido con arena, polvo metálico u óxidos sintéticos. Consta de las siguientes operaciones y de acuerdo a las condiciones de la superficie o especificaciones de cada obra, se podrá eliminar o modificar la ejecución de cualquiera de estas operaciones.

a).- Se hará un descostrado.

b).- Se eliminarán los depósitos de óxidos, pinturas y cualquier otra sustancia extraña.

c).- El abrasivo debe clasificarse de acuerdo al patrón de anclaje requerido. (Tyler standard o U.S. Barreau of standard). Cuando se use arena, debe ser cuarzosa o silicosa, lavada, seca y libre de contaminación de sales. Cuando se use granalla metálica, debe ser del tipo munición acerada, limpia y seca, también podrá usarse óxido de aluminio.

d).- La rugosidad o máxima profundidad del perfil que se obtenga en la superficie limpia y que servirá como anclaje para el recubrimiento, estará comprendida entre 0.001 in y 0.0025 in (0.025-0.063 mm. de acuerdo con el espesor de película, el cual debe ser mayor que la profundidad del perfil o anclaje.

e).- El aire usado debe estar exento de agua, aceite o grasa.

f).- Tanto la granalla metálica, como la de óxido de aluminio podrán usarse nuevamente en limpiezas posteriores, siempre y cuando estén libres de contaminantes, secas y tamizadas de acuerdo a las mallas recomendadas para tal efecto. De acuerdo con las especificaciones se exigirá que la superficie preparada tenga uno de los aspectos que se indican a continuación :

- **Metal blanco** : La superficie debe quedar de color gris claro, brillo metálico opaco y uniforme.

No deberá mostrar óxido, pintura, aceite, grasa u otra sustancia extraña.

- **Comercial** : La superficie debe quedar de color gris oscuro y no se requiere que sea uniforme.

pero no debe de tener restos de pintura, grasa, aceite o materia extraña.

EQUIPO NECESARIO.

Existen tres tipos o clases de equipos de proyección :

1).- Las máquinas de proyección bajo presión, conocidas con el nombre de "generadores de presión directa".

2).- Las cajas de proyección por aspiración.

3).- El equipo con bomba centrífuga.

Los aparatos de proyección de presión directa se emplean casi exclusivamente para el rociado de regiones extensas en donde el trabajo se hace manualmente. Estas máquinas se emplean también para una diversidad de trabajos de producción. Su flexibilidad es grande para esta clase de trabajos, ya que las boquillas que emplean pueden colocarse en cualquier posición deseada. (véase fig. 5).

Las cajas de proyección por aspiración son buenos eficaces que las máquinas de presión directa, pero resultan muy buenas para piezas pequeñas que pueden ser manejadas en casillas, ya sea para trabajos de piezas sueltas o para trabajos de producción.

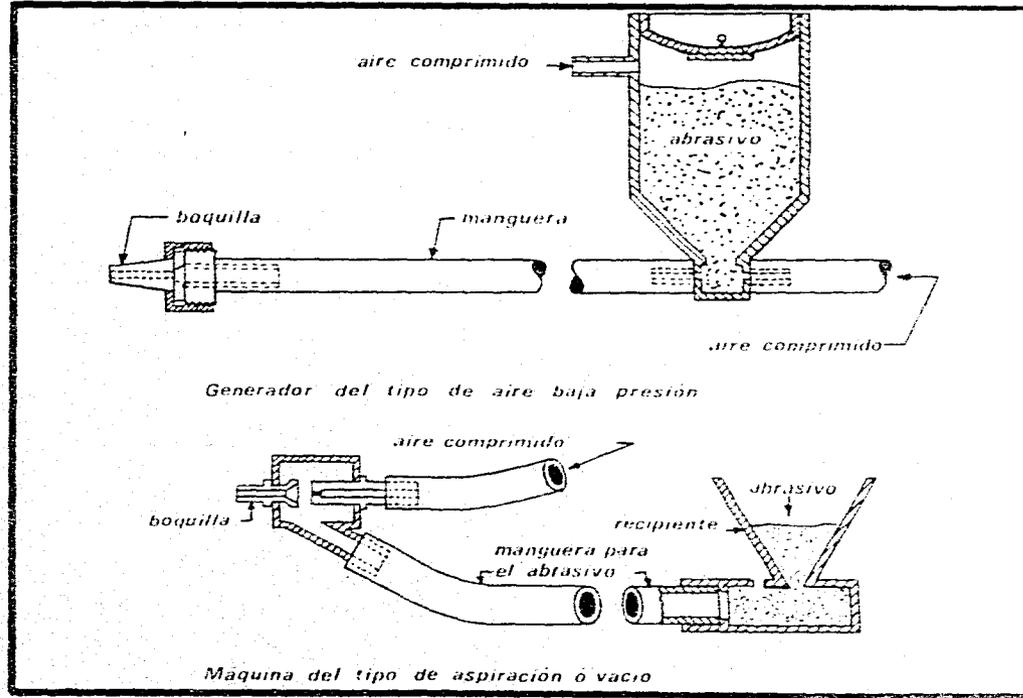


figura 5.

El equipo de proyección centrífuga es más eficiente para hacer la proyección en trabajo de producción de gran volumen hecho a máquina. En estas máquinas, el polvo metálico es arrojado en abanico por medio de un disco rotatorio de gran tamaño. Tanto por el tipo de máquina de aspiración como el de presión directa, se requieren volúmenes de aire comprimido, limpio y seco. Cuando se usa el de tipo generador de presión directa, la velocidad de proyección depende en este del tamaño del orificio de la boquilla. Para el caso de trabajos dentro del taller se recomienda el uso de casetas especiales para tal efecto, la que deberá tener una ventilación adecuada. Por lo general, se necesitan aparatos eliminadores de polvos, está se lleva a cabo a puerta cerrada.

ABRASIVOS.

Hay que emplear abrasivos relativamente ásperos, penetrantes y limpios para el proceso de la metalización, con la finalidad de obtener la rugosidad necesaria para una adecuada adhesión. Estos materiales se emplean con frecuencia para la limpieza previa y para el trabajo final. En donde sea necesario remover capas anteriores de pintura, o donde la superficie tenga mucha hojuela de herrumbre, conviene mucho el empleo de abrasivos finos para conseguir esa limpieza previa, empleando a continuación abrasivo más grueso para la preparación de la superficie deseada.

ARENA : Se recomienda el uso de este material para aquellos trabajos en los que es imposible recuperar el abrasivo. Como por ejemplo pueden mencionarse la limpieza de puentes, estructuras a la intemperie o partes externas de los barcos. Se ha podido comprobar que la sílice cristalina o una arena de gránate natural son los materiales más satisfactorios.

Es importante hacer notar que un material abrasivo que tenga presente partículas redondas, y que no tenga la acción cortante necesaria no puede ser designada para esta función. Cuando se emplea la arena, será necesario cribarla para mantenerla dentro del rango de tamaño especificado. Si se reciclará en algunos casos parte de la arena del primer golpe, se permite usarla sólo una segunda vez, obviamente después de haber pasado por su cribado correspondiente. El hecho de tamizar el abrasivo ya usado es válido para retirar las partículas indebidamente pequeñas así como cualquier agente extraño presente, recogido del lugar, con lo que se evitarán atascamientos en el equipo.

ESPECIFICACIONES PARA LA ARENA.

Para capas de zinc de hasta 0.203 mm (0.008 in) y para las de aluminio de hasta 0.127 mm (0.005 in), se recomienda la arena refinada angular (libre de sal) de sílice, o de gránate molido, libre de feldespato u otros elementos minerales que tienden a disgregarse y a quedarse sobre la superficie en cantidades visibles, el tamiz de este material oscilará entre el No. 10 a 40 con un mínimo del 40% de retenidos del tamiz de número anterior (No. 30). Para las capas de zinc a un espesor superior a 0.203 mm (0.008 in) y hasta 0.254 mm (0.010 in) así como para las capas de aluminio superiores a 0.127 mm (0.005 in) y hasta 0.203 mm (0.008 in), se recomienda el mismo tipo de arena, nada más que el tamiz será de 20 a 30, con un contenido del 40% de retenidos para el tamiz del No. 20.

POLVO ABRASIVO DE ACERO.

Se deberá emplear polvo de acero u óxido de aluminio para todos aquellos trabajos en los que se pueda recuperar el abrasivo. Para estos fines de reciclaje ofrecen resultados más confiables.

RECOMENDACION PARA ESTE TIPO DE ABRASIVOS.

Para capas con espesores de hasta 0.203 mm (0.008 in) en el zinc y de 0.127 mm (0.005 in) en el aluminio se recomienda el polvo de acero angular que debe de estar limpio y seco con aristas bastante agudas. El polvo de acero debe pasar tamices de tamaño SAE-G-25 a G-40. Para capas de zinc a un espesor superior a 0.203 - 0.254 mm (0.008-0.010 in) y para las capas de aluminio superiores a 0.127 -0.203 mm (0.005-0.008 in), se emplean el mismo tipo de material, salvo que el tamaño de las partículas deberá estar entre los tamices SAE-G-18, SAE-G-25. Para trabajos de talleres mecánicos resulta muy ventajosa la mezcla de polvos de acero. Como la que se cita: Una mezcla en proporciones 50/50 de grano tamaño SAE-G-16/SAE-G-25. Esta mezcla combina el corte del G-16 con la velocidad de G-25. Produciendo resultados muy satisfactorios con casi todas las clases de trabajos de metalización. Las presiones de aire tanto para el arena como para el polvo de acero será de 5.624 a 7.030 Kg/cm² (80-100 lb/in²).

OXIDO DE ALUMINIO

Este es el mejor abrasivo hasta ahora inventado para la limpieza de las superficies endurecidas. Siendo este material no metálico por naturaleza, no deja polvo y no se oxida. Debido a que se rompe a lo largo de planos preferenciales, no se hace roma, sino que permanece en buenas condiciones durante todo el tiempo que el tamaño de grano es útil. Como es extraordinariamente duro, penetrante y de muy poco peso, se puede emplear con presiones de aire muy bajas. Este tipo de material por cuestiones prácticas y de experiencia se recomienda para su empleo entre tres diferentes tipos de tamaño de partícula.

- El tipo SAE-G-54 (granalla muy fina para acabados finos y de superficies con rectificadas a espejo, como sería el caso de las cerámicas)
- El tipo SAE-G-40 (granalla fina)
- El tipo SAE-G-16 y G-25 (granalla gruesa)

Cuando se emplea en los aparatos de alimentación forzada, una manguera de 3 m., poco más o menos (10 ft) se debe mantener una presión de aire de 2.46 Kg/cm² (35 lb/in²). Cada tres metros adicionales de manguera exigirá un incremento de presión de aproximadamente 0.703 Kg/cm² (10 lb/in²). Cuando se emplea en los aparatos de aspiración, se recomienda una presión de aire de 5.273 Kg/cm² (75 lb/in²).

ESPECIFICACIONES PARA EL OXIDO DE ALUMINIO.

Para las capas de zinc con un espesor igual a 0.203 mm (0.008 in) y para las capas de aluminio de hasta 0.127 mm (0.005 in), se recomienda el uso de un material abrasivo SAE-G-40 limpio y sin exceso de partículas pequeñas, con un 40% de retenidos en una malla del 24.

LIMPIEZA.

En muchos casos en que la superficie que ha de ser rociada se ha contaminado con pintura vieja, materias bituminosas o con un exceso de herrumbre, podrá ser tal vez más económico limpiar la superficie quemándola o con la proyección limpia de arena suave antes de proceder a la preparación final. Cuando las superficies están sucias de aceite o grasa, la mejor opción es realizar una previa limpieza con los métodos anteriormente mencionados.

ALIMENTACION DE AIRE COMPRIMIDO.

El aire deberá ser alimentado tan limpio como sea posible de aceite y agua. Ya que esto podría provocar el atascamiento del chorro de abrasivo, ambos agentes además tendrían consecuencias graves para la preparación de la superficie. Unas pocas gotas aisladas sobre la superficie no tendrá resultados serios en ellas; pero la existencia de aceite en el aire tiene una importancia especial, debido a que produce plastas que obstruyen la salida del chorro abrasivo, y aparte recoge y retiene otras materias extrañas.

El diámetro de la manguera no deberá ser tres veces inferior o cinco veces superior al de las boquillas de proyección: una relación de 4 a 1 es la ideal. Las mangueras demasiado grandes ocasionarán intermitencia en la alimentación y atascamientos frecuentes, las de diámetro pequeño reducen la presión en la boquilla y ocasionan un desgaste excesivo en los codos de las mangueras.

Se desecharán aquellas boquillas de proyección cuando su diámetro en el extremo por donde proyectan el material se haya desgastado (la referencia será que cuando este por arriba de 1.5 veces su diámetro original, a llegado el tiempo de su vida útil). Cuando esto ocurre, el diámetro de estrangulamiento de la boquilla se habrá incrementado en un 25% y el caudal de aire en un 35%.

2.3.-ESTUDIOS SOBRE LA PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN.

La corrosión de los metales es el origen principal de las fallas en estructuras metálicas, y aunque no es tan espectacular y catastrófica como algunos tipos de rupturas, es tal vez más peligrosa debido a su ubicuidad. En virtud de que uno de los usos más importantes de las técnicas de deposición será presentada dentro de este capítulo, se describirá en primer término un estudio muy generalizado de la corrosión y los métodos más tradicionalmente conocidos para realizar recubrimientos protectores sobre diferentes sustratos o materiales base. Empezemos entonces definiendo este proceso

Corrosión .- Puede considerarse como la interacción entre un material metálico y su medio ambiente o medio que lo rodea. Mostrándose como un ataque destructivo sobre el metal por reacción química o electroquímica con su propio medio ambiente, cuyo resultado final es la pérdida del metal en peso, el que pasa al medio en forma de compuesto de carácter oxidado. Los daños causados por medios físicos no se denominan corrosión sino abrasión, desgaste ó erosión. La pérdida de la resistencia mecánica o ductilidad para un componente metálico en su conjunto es generalmente el cambio más importante dentro de sus propiedades físicas. Los productos de esta reacción pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y la importancia de conocer la naturaleza física y química de estos productos es para evaluar su influencia en la velocidad de reacción posterior.

La corrosión en los metales es un tema extremadamente complejo, que involucra una infinidad de reacciones entre centenares de metales, aleaciones y literalmente millares de reactivos. Afortunadamente una gran parte del costo total de las inversiones sobre corrosión se puede cargar simple y sencillamente a una clase. Que es la herrumbre formada sobre aceros expuestos a agua dulce, agua salina y atmósferas varias.

Como es bien sabido, la mayoría de los metales no existen en estado metálico en la naturaleza, todos ellos están presentes como componentes (óxidos, sulfuros, etc.) y a algunas de ellos se les denomina con el nombre de metales nobles tales como el oro, platino y una que otra excepción.

Por lo que se hace necesario clasificar los diferentes mecanismos para conseguir una mayor comprensión dando paso consecuentemente a la obtención de la mejor recomendación para inhibir o remediar el constante ataque y es la siguiente:

FORMAS DE CORROSION

CORROSION GENERAL

- 1.- CORROSION ATMOSFERICA
- 2.- CORROSION GALVANICA
- 3.- CORROSION POR CORRIENTE CASUAL
- 4.- CORROSION BIOLOGICA GENERAL
- 5.- CORROSION POR SAL DERRETIDA
- 6.- CORROSION EN METALES LIQUIDOS
- 7.- CORROSION POR ALTA TEMPERATURA
 - 7.A. OXIDACION
 - 7.B. SULFIDACION
 - 7.C. CARBURACION
 - 7.D. OTRAS FORMAS

CORROSION LOCALIZADA

- 1.- CORROSION FILIFORME
- 2.- CORROSION POR GRIETA
- 3.- CORROSION POR GOLPE
- 4.- CORROSION BIOLOGICA LOCALIZADA
- 5.- CORROSION POR PICADO

INFLUENCIA METALURGICA POR EFECTOS DE LA CORROSION

- 1.- CORROSION INTERGRANULAR
- 2.- CORROSION DISTRIBUIDA

PRESENCIA DE DEGRADACION MECANICA

- 1.- CORROSION POR EROSION
- 2.- CORROSION POR DESGASTE
- 3.- CAVITACION Y AGUA POR INCIDENCIA DE GOTA
- 4.- CORROSION POR FATIGA

FRACTURAS INDUCIDAS POR EL AMBIENTE

- 1.- FRACTURAS DE CORROSION POR TENSION
- 2.- DAÑOS POR HIDROGENO
- 3.- EMBRION DE METAL LIQUIDO
- 4.- EMBRION INDUCIDO DE METAL LIQUIDO

CORROSION GENERAL.

El desgaste de aceros y aleaciones de cobre son muy buen ejemplo de materiales que típicamente exhiben este tipo de ataque en general. Los rangos pasivos de algunos de ellos como los aceros inoxidables o las aleaciones de níquel-cromo, estas generalmente sujetos a ataques localizados. Bajo condiciones específicas casi todos los materiales de variadas formas muestran modos normales de corrosión. Estos ejemplos describen las condiciones del medio que promueven un ataque uniforme.

La corrosión tiende a ser dividida en siete tipos específicos de corrosión y probablemente las más costosas. La corrosión galvánica es una forma electroquímica de corrosión que protege áreas catódicas a expensas de áreas anódicas. La corrosión por corriente casual es similar a la corrosión galvánica pero no es realmente electroquímica, más bien es una inducción de fuerzas y causas de ataques rápidos. La corrosión biológica es una forma microbiana que puede manifestarse así misma, tanto general como de forma localizada. La corrosión por sal fundida y la corrosión por metal-líquido tienden a hacer más daño afectando e incrementando la demanda de transferencia de calor. La corrosión de gases a alta temperatura es una de las ramas de mayor afectación, particularmente en el sector industrial.

CORROSION ATMOSFERICA.

La corrosión atmosférica se puede definir como la degradación de un material expuesto al aire o por la contaminación de un líquido. Estas son identificadas como una de las viejas formas de corrosión y son normalmente reportadas bajo los términos de cantidad y costos. Muchos autores clasifican la corrosión atmosférica bajo tres categorías principales y que son:

- a).- Ambiente Seco
- b).- Ambiente Húmedo
- c).- Corrosión por lluvia

TIPOS DE CORROSION ATMOSFERICA.

La corrosión se acentúa bajo condiciones de evaporación y a elevadas temperaturas. La corrosión por evaporación ocurre bajo cambios de temperaturas en el propio metal que observan una energía libre negativa de formación de óxidos y exhiben formas de películas estables termodinámicamente hablando en presencia de oxígeno. Típicamente estas películas son descables porque esos defectos libres, no porosos, actúan como una barrera de protección alejando los ataques corrosivos del metal base. Materiales tales como los aceros inoxidable, titanio y cromo desarrollan este tipo de películas protectoras. Los poros ya adheridos de las películas que se forman espontáneamente no pegan al metal, ya que normalmente no se ligan y no son descables.

CORROSION EN SECO: Manchas en el cobre y la plata expuestos al aire libre con trazas de ácido sulfhídrico (H_2S) son un ejemplo de formación de películas no descables en presencia de temperatura causado por una difusión en la red. Este manchado ocurre, por la presencia de impurezas de sulfuros. Los sulfuros incrementan la probabilidad de los defectos en la red, en forma de óxido y estos destruyen la naturaleza protectora de la película apareciendo la correspondiente mancha en la superficie. La humedad en la superficie no es necesaria para que el manchado ocurra y en algunos casos, tales como el cobre en presencia de H_2S y de humedad relativa presente pueden retardar los procesos de manchado. En general, la corrosión en seco juega un papel importante y significativo en la corrosión atmosférica por completo.

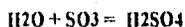
CORROSION EN HUMEDO: Para este tipo de corrosión se requiere humedad presente en la atmósfera. dicho contenido incrementa la agresividad del medio. Donde la humedad excede valores críticos, hablemos de una humedad relativa del 70 %, reflejan una película visible que se forma en la superficie del metal, obviamente generada por la transferencia de corriente del electrolito. Los valores críticos dependen de las condiciones de la superficie y la limpieza de la misma, reforzándose los productos de corrosión en presencia de sales u otros contaminantes de carácter higroscópico que pueden absorber agua en humedades relativamente bajas.

CORROSION POR LLUVIA: Ocurre cuando se gana agua o cuando una capa visible de agua es formada en la superficie del metal a consecuencia de rocío salino, lluvia o goteo. En las grietas es atrapado y condensado este líquido, también puede ser promovido a consecuencia de un charro de agua que guía la corrosión atmosférica bajo la superficie de un componente metálico aparentemente seco. Durante la corrosión por rocío, la solubilidad de los productos formados puede afectar y alterar los rangos de corrosión. Típicamente, donde los productos de corrosión son solubles, estos valores de corrosión pueden incrementarse. Esto sucede porque los iones se disuelven normalmente incrementado la conductividad del electrolito y esto permite que decaiga la resistencia interna que afecta a dichos valores. Bajo condiciones alternadas de rocío y secado, la formación de productos de corrosión insolubles en la superficie pueden incrementar los rangos de corrosión durante los ciclos de secado por adsorción de agua y continuamente aparecen sobre la superficie del metal. La herrumbre de hierros y aceros, así como, la formación de patina en el cobre son ejemplos de exposiciones de metales a la corrosión atmosférica húmeda y por rocío.

CONTAMINANTES ATMOSFERICOS.

La corrosión atmosférica por rocío es frecuentemente controlada por los niveles de contaminación establecidos por el propio medio. Por ejemplo, pilotes de acero colocados a (25m= 80 ft) de la costa fueron corroídos 12 veces más rápida que los pilotes que se ubicaron a (250 m = 800 ft) de la costa. Estas muestras pueden establecer a las dos locaciones como zonas de exposición salina, y dichos lugares nos permiten explicar la diferencia entre los rangos de comportamiento observados.

Las atmósferas industriales son más corrosivas que las atmósferas rurales, porque en primer lugar aparecen componentes de sulfuros producidos durante el quemado de los combustibles. En segundo término, el dióxido de azufre (SO₂) es absorbido relativamente por la superficie del metal y bajo condiciones húmedas el óxido del metal es catalizado en la superficie por el propio SO₂ a trióxido de sulfuro (SO₃) y promueve la formación de ácido sulfúrico (H₂SO₄) de acuerdo a la reacción:



Este es un ejemplo de corrosión inducida por la presencia de SO₂ en aceros al bajo carbono. Si a este material se le adicionaran pequeñas cantidades de cobre aprox. (0.1 %) incrementaríamos su resistencia a la contaminación del azufre presente en el medio, formando su correspondiente óxido que forma una capa protectora disminuyendo la formación de herrumbre. Adiciones de níquel y cromo pueden favorecer los resultados de comportamiento. Aleaciones de níquel y cobre forman sulfatos insolubles que auxilian a la protección del metal base y es por ese hecho de que su uso se extiende en medios industriales. La notable longevidad y la apariencia antigua del hierro es probablemente provocada por el SO₂ libre en la atmósfera, aunque podríamos pensar en una alta degradación de resistencia por el ataque general corrosivo.

Otros contaminantes que promueven la corrosión atmosférica son el nitrógeno, el H₂S y las partículas de polvo. Los compuestos nitrogenados se producen normalmente durante los truenos y relámpagos y también son añadidos al medio por el frecuente uso de la amoníaco (NH₃) producto usado en la base para fertilizantes. El H₂S puede ser generado normalmente por la descomposición de sulfuros orgánicos o por la reducción del sulfato por bacterias (SRB) en la contaminación de los ríos. Las partículas de polvo pueden ser muy perjudiciales para la resistencia a la corrosión de metales, principalmente por adherirse a la superficie absorbiendo cantidades considerables de agua o ácido sulfúrico. Las partículas de polvo también contienen contaminantes tales como, los cloratos que pueden romper por debajo de las películas aplicadas sobre la superficie la protección dando inicio a la corrosión.

El oxígeno no es considerado como un contaminante, pero es un elemento esencial en los procesos de corrosión. La reacción catódica normalmente es la reducción del oxígeno. Las áreas contaminadas con una alta concentración de SO₂, modifican el PH de la superficie electrolítica donde se lleva a cabo la reducción del H₂ que es la principal reacción catódica. En la superficie el vapor de agua permite la formación del electrolito que la vuelve susceptible, el oxígeno se libera y se disuelve en el electrolito promoviendo la reacción catódica. Esta capa de agua sobre la superficie es extremadamente delgada, permitiendo la difusión del oxígeno de forma rápida acentuando los valores de ataque corrosivo. El bióxido de carbono (CO₂) juega también un papel importante en la corrosión atmosférica ya que en algunos casos, actúa sobre el hierro promoviendo el ataque.

VARIABLES ATMOSFERICAS.

Las variables atmosféricas tales como la temperatura, las condiciones climatológicas, la humedad relativa, el tiempo de exposición, la forma y las condiciones propias de la superficie son otros de los factores que afectan o ejercen una marcada influencia sobre los ataques corrosivos. La temperatura de la superficie es una variable crítica, ya que esta incrementa considerablemente la acción del agente agudizándose estos puntos cuando la evaporación del electrolito se lleva a cabo.

CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS: Las superficies metálicas localizadas en áreas donde la humedad es relativamente alta generalmente corroen más rápidamente las superficies expuestas a consecuencia de las constantes precipitaciones pluviales. La lluvia muestra una tendencia de lavado de superficies y remueven las partículas de polvo que pueden conducir a diferencias de aereación. Las excepciones pueden ser áreas que estén sujetas a la lluvia ácida. La exposición de los metales a lo largo de los meses del año pueden tener un pronunciado efecto en los valores de la corrosión.

Exposiciones en la temporada de invierno son usualmente los meses más severos porque se incrementa el aire con contenidos mayores de productos de combustión. La presencia de SO₂ y otros sulfuros conducen a una mayor contaminación tornando al medio un carácter de mayor agresividad y la consiguiente disminución de las películas protectoras que normalmente pasivan los metales. Uno puede ser precavido observando los meses para realizar y desarrollar las pruebas de corrosión al aire libre. En los meses de primavera pueden algunas veces conducir a altos valores de corrosión porque se incrementa en las superficies la temperatura.

HUMEDAD RELATIVA: Los tiempos de lluvia son una variable crítica con respecto a la extensión de las experiencias de corrosión. El tiempo de aguas determina la duración de los procesos electrofíticos. El espesor y la composición química del agua son factores muy importantes a considerar. Para valores de humedad relativa alrededor del 60 % se puede apreciar que la formación de herrumbre es de niveles bajos. Con valores de 75 a 80 % de humedad relativa aumentan los valores de corrosión provocando condensaciones por capilaridad que facilita la formación de productos de corrosión sobre la capa. Para valores del 90 % de humedad relativa existe otro incremento de esos valores debido a la presencia de vapor y sulfatos ferrosos. Cuando se habla de materiales como el cobre, níquel y zinc porcentajes de 50 a 70 de humedad relativa son críticos dependiendo de las condiciones de la superficie.

La naturaleza de los productos de corrosión pueden ser grandemente afectados por la temporada de aguas. Si la película de productos corrosivos presenta microporos en su estructura, pueden dar paso a la condensación capilar que puede causar la condensación de humedad por abajo de los valores críticos de la humedad relativa. Por ejemplo, 1.5 nm capilar condensa el 50 % de humedad presente, un capilar de 36 nm condensa el 98 % debido a la diferencia en valores de presión de vapor sobre la superficie, siendo significativa la forma de la superficie. Este sistema muestra la formación de microfracturas en el electrolito cuando entra en contacto con los ángulos de las partículas de polvo y las superficies metálicas. La condensación de las superficies metálicas pueden ser afectadas por la formación de una solución saturada, lo que disminuye el equilibrio de la presión de vapor y permite una condensación por debajo del 100 % de la humedad relativa.

La formación de rocío sobre la superficie puede conducir a la aceleración de la corrosión por su tendencia a un carácter del tipo ácido como un resultado de los altos valores de SO_2 por su proximidad con el suelo. Abriendo la protección y conduciendo al ataque con la formación de óxido blanco en forma de hoja sobre el galvanizado.

Los espesores de las capas de electrolitos son también un factor importante en los procesos corrosivos. Empieza el agua a adherirse en las superficies metálicas pulidas en un valor estimado al 55 % de humedad relativa lo que permite la formación de una película delgada, incrementando gradualmente el valor de la humedad relativa. Las capa delgadas de agua pueden soportar una reacción electroquímica, pero la polarización de los sitios catódicos y anódicos en el proceso decrecen como una función del espesor de las películas y virtualmente varían a valores cercanos al 60 %. Por esa razón, no solo es importante como parámetro el tiempo, sino también la humedad presente y la conductividad de la superficie del electrolito.

CORROSION ATMOSFERICA EN SISTEMAS METALICOS ESPECIFICOS.

Hierros, aceros, zinc, cobre, níquel y aluminio son los sistemas metálicos de mayor importancia económica desde el punto de vista corrosión atmosférica. La tabla No. 1 muestra los rangos de los efectos de corrosión de varios metales y aleaciones. Estos materiales no son particularmente resistentes al H_2SO_4 diluido. Materiales como el cobre, cadmio, níquel y fierro son mas atacados en presencia de atmósferas industriales. Los materiales mas resistentes al ácido sulfúrico son el plomo, aluminio y aceros inoxidable, siendo también menos afectados por las atmósferas industriales. Algunas formas de cobre sobre todo los sulfatos ofrecen mejor resistencia que el níquel.

Los cloruros de cobre básico auxilian en los medios salinos. El níquel es un elemento de mucha importancia en atmósferas marinas, pero es sensible al H_2SO_4 presente en atmósferas industriales. Aleaciones de aceros en bajos aleantes resisten la corrosión atmosférica y son llamados aceros de desgaste. Estos materiales forman una película de óxido protector alternadamente en medios secos y húmedos, pero si sufren ataque cuando son enterrados o son sumergidas totalmente en medio líquido.

El ataque atmosférico del hierro algunas veces puede ser progresivo solo en los planos internos provocando ampollamientos en el material. Por esta razón es preferible no cruzar los granos y dejar la cara expuesta al medio ambiente. Los aceros inoxidables y las aleaciones de aluminio son normalmente más resistentes a las condiciones atmosféricas y son más resistentes a las manchas en atmósferas industriales, urbanas y rurales.

El plomo, el aluminio y el cobre se corroen inicialmente pero forman una película protectora. En una atmósfera urbana, el níquel no desarrolla esa capa protectora completamente y refleja unos marcados rangos de corrosión. Lo mismo pasa con el zinc que es atacado aparentemente de manera líteal, después de un período inicial decrece este ataque. La corrosión en los aceros depende de los elementos típicos de composición, y es una propiedad atribuida a la compactación natural de los mismos y la forma particular de su óxido.

El cobre, el plomo, y el níquel forman sulfatos en la superficie cuando es atacada por el H_2SO_4 diluido. El cobre y el níquel después de cierto tiempo también forman esa capa protectora. La película protectora de carbonato en el zinc y el cadmio se disuelve y es cuando el metal es atacado realmente. La película de óxido en el hierro es formado por la hidrólisis del sulfato ferroso.

TIPO DE ATMOSFERA

METAL	INDUSTRIAL Y URBANO		MARINA		RURAL	
	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
ALUMINIO (99%)	0.032	0.029	0.028	0.025	0.001	0.003
COBRE	0.047	0.054	0.052	0.050	0.023	0.017
PLOMO	0.017	0.015	0.016	0.021	0.019	0.013
ESTAÑO	0.047	0.052	0.091	0.112	0.018	...
NIQUEL	0.128	0.144	0.004	0.006	0.006	0.009
MONEL	0.053	0.062	0.007	0.006	0.005	0.007
ZINC (99.9%)	0.202	0.226	0.063	0.069	0.034	0.044
ZINC (99%)	0.193	0.218	0.009	0.068	0.042	0.043
ACERO AL CARBON (0.2% C)	0.480	0.538
ACEROS DE DESGASTE (0.1% C)	0.090	0.100

VALORES PROMEDIO DE LOS EFECTOS DE LA CORROSIÓN ATMOSFERICA DE VARIOS METALES POR EXPOSICION DE 10 A 20 AÑOS.

NOTA: ESTOS VALORES DADOS EN MILESIMAS (1 MIL. ASO = 0.025 mm/Año) VALORES CITADOS REFLEJAN LA REDUCCION DEL ESPESOR EN LOS TESTIGOS EXPUESTOS A ESAS CONDICIONES.
REFERENCIA: CORROSION ENGINEERING. M.G. FONTANA
TABLA No. 1

PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA

Dos métodos pueden ser tomados en cuenta para prevenir los ataques de la corrosión atmosférica. El primero es temporal para asegurar el almacenaje y proteger la pieza durante su transportación, este consiste en un aislamiento contra la humedad presente en la atmósfera usando un desecante, un dispositivo de calor o por el tratamiento de la superficie con una fase de vapor o con un inhibidor. Una solución permanente puede realizar algunos cambios en el material o puede también porque no, ser aplicada una capa de orgánico, inorgánico o una capa metálica, esta última tiende a ser más efectiva.

Por otro lado, puede ser usada una aleación de acero y adicionarsele pequeñas cantidades de cobre, fósforo, níquel o cromo, estos materiales son particularmente efectivos para reducir los daños causados por la corrosión. Existen reportes que confirman que adiciones de cobre son más efectivas en climas con temperatura que en regiones tropicales marinas. Las combinaciones de otros elementos tales como, el cromo, el níquel con cobre y fósforo aparentan ser más efectivas para todo tipo de climas.

CORROSIÓN GALVÁNICA.

La corrosión galvánica ocurre cuando un metal o aleación muestran una carácter eléctricamente similar a otro metal o conductor no-metálico en un mismo electrolito. Los tres componentes esenciales son:

- Materiales con diferente potencial en superficie
- Un electrolito común
- El paso de un elemento eléctrico común

Un sistema de metales en un electrolito común que es eléctricamente aislado no refleja corrosión galvánica. Un descenso en la proximidad de los metales en la relación potencial o el tamaño puede dar paso a una velocidad de corrosión. En una pareja galvánica el metal de menor resistencia a la corrosión incrementa el área anódica, mientras que por otro lado, el metal con mayor resistencia a la corrosión incrementa el área catódica. La fuerza de conducción y el flujo de corrientes en la corrosión desarrolla el potencial entre metales disímiles. Los resultados de una corrosión acelerada para un par galvánico pueden ser afectados por los siguientes factores:

- La diferencia de potencial entre los metales o aleaciones
- La naturaleza del medio ambiente
- Los comportamientos de polarización de los metales o aleaciones
- La relación geométrica de los componentes de metales y aleaciones

La diferencia de potenciales entre metales disímiles o aleaciones causan flujo de electrones entre ellos. La dirección del flujo y los comportamientos galvánicos dependen en gran parte de la actividad del metal. Esto es, el metal más activo se vuelve anódico y el metal más noble se comporta catódicamente en el par galvánico, la fuerza de conducción para la corrosión galvánica es por tanto la diferencia de potencial entre los componentes del metal y las aleaciones.

SERIE GALVANICA

La serie galvánica de metales y aleaciones es útil para predecir la relación galvánica. Esta serie es un arreglo de metales de acuerdo a sus potenciales como medida en un electrolito específico. La serie galvánica permite determinar que metal o aleación en un par galvánico es más activo. En algunos casos, la separación entre los dos metales en la serie da un índice de la probable magnitud de los efectos de la corrosión.

El potencial de un metal es afectado por algunos factores del medio ambiente. las películas de productos de corrosión y otros cambios en la composición de la superficie pueden ocurrir en algunos medios. es importante considerar que existe variación en esta tabla si se cambia el medio acuoso. Sin embargo, las series galvánicas tienden a ser construidas como parámetro en agua de mar. Con ciertas excepciones, la serie abarca otro tipo de aguas naturales y algunas atmósferas contaminadas. (véase tabla No. 2).

POLARIZACION

Cuando un flujo de electrones ocurre entre metales y aleaciones en un par galvánico es llamado estado de polarización. Este paso de corriente entre los miembros más activo y menos noble causa cambios en el potencial mutuo, debido a la diferencia de potenciales entre los metales.

La magnitud de estos cambios depende del medio ambiente, si el metal es más noble, más fácil es la polarización. Este potencial tiende más hacia el metal más activo. El cambio de potencial se da en dirección al cátodo y por esa razón se minimiza la acción de la corrosión galvánica y no es tan grande como se podría esperar. Por otro lado, cuando un metal es más noble, no se lleva a cabo la polarización. El potencial del metal más activo sufre mayor cambio y tiende hacia el cátodo. (Esto es, en dirección de la polarización anódica) por lo tanto , ocurre la aceleración de la corrosión galvánica.

EFFECTOS DEL AREA, DISTANCIA Y GEOMETRIA

Factores tales como los radios en las áreas y la distancia entre materiales eléctricamente conectados, así como, las formas geométricas también afectan los comportamientos de la corrosión galvánica.

SERIE GALVANICA EN AGUA DE MAR A 25 " C (77 " F)

ZONA ANODICA (METALES MENOS NOBLES)

Magnesio
Aleaciones de magnesio
Zinc
Aceros e Hierros galvanizados
Aleaciones de aluminio (series 5052, 3004, 3003, 1100, 6053 en ese orden)
Cadmio
Aleaciones de aluminio (2117, 2017, 2024 en ese orden)
Aceros al bajo carbono
Hierro
Fundiciones
Niquel (fundiciones al alto niquel)
Aceros inoxidables tipo 410 (activo)
Soldadura plomo-estaño 50-50
Acero inoxidable tipo 304 (activo)
Acero inoxidable tipo 316 (activo)
Plomo
Estaño
Aleación de cobre C28000 (metal muntz, 60% Cu)
Aleación de cobre C67500 (bronce A, con manganeso)
Aleaciones de cobre C46400, C46500, C46600, C46700 (latón naval)
Niquel 200 (activo)
Aleaciones de iniconel 600 (activo)
Hastelloy B
Chlorimet 2
Aleación de cobre C27000 (latón amarillo, 65% Cu)
Aleaciones de cobre C44300, C44400, C44500 (latón de almirantazgo)
Aleaciones de cobre C60800, C61400 (bronce alumínico)
Aleación de cobre C23000 (latón rojo, 85% Cu)
Cobre C11000 (cobre ETP)
Aleaciones de cobre C65100, C65500 (bronce-silicio)
Aleación de cobre C71500 (cobre-niquel, 30% Ni)
Aleación de cobre C92300 (bronce-plomo-estaño C)
Aleación de cobre C92200 (bronce-plomo-estaño M)
Niquel 200 (pasivo)
Iniconel 600 (pasivo)
Monel 400
Acero inoxidable 410 (pasivo)
Acero inoxidable 304 (pasivo)
Acero inoxidable 316 (pasivo)
Aleaciones de incoloy 825
Aleaciones de iniconel 625
Hastelloy C
Chlorimet 3
Plata
Titanio
Grafito
Oro
Platino

ZONA CATODICA (METALES MAS NOBLES)

EFFECTOS DEL AREA: En la corrosión galvánica los radios de las superficies del metal más noble envuelven a las áreas del metal más activo. Cuando las áreas de los metales más nobles son largas en comparación con las del metal más activo, estos radios resultan ser no favorables ya que se convierten en un control catódico. La densidad de corriente anódica en el metal más activo es extremadamente larga, lo que hace más pronunciada la corrosión. En el caso contrario, produce ligera aceleración de los efectos galvánicos porque predomina la polarización del metal más noble.

EFFECTOS DE LA DISTANCIA: Metales disímiles en un par galvánico no exhiben las mismas propiedades físicas usualmente, por lo que aparecen grandes efectos galvánicos. Por lo tanto la distancia afecta esta propiedad y depende de la conductividad de la solución porque el curso del flujo de corriente es la consideración primaria. Esto es, si los tubos de dos materiales disímiles son soldados los flujos de corriente son preferenciales haciendo más severo el ataque en el miembro anódico.

EFFECTOS DE LA GEOMETRIA: La geometría también entra dentro de los efectos de la corrosión extendiendo los flujos de corriente dentro de un circuito alrededor de las esquinas tomando su curso en el sentido de menor resistencia.

MODOS DE ATAQUE

La corrosión galvánica del miembro anódico de un par puede presentarse de forma local o generalizada, dependiendo de la configuración del par, la naturaleza de las películas inducidas y de la naturaleza de los metales o aleaciones involucradas.

Metales disímiles: La combinación de estos materiales en ingeniería mecánica es común. Por ejemplo, las bobinas de los buques, los intercambiadores de calor o maquinaria en general. Tales combinaciones a menudo sufren corrosión galvánica.

Conductores no metálicos: se reconoce frecuentemente la influencia de los conductores no metálicos como cátodos en un par galvánico. Los metales y aleaciones al carbón en buques son áreas fuertemente catódicas en la estructura comúnmente. El grafito se utiliza como impermeable, especialmente en aplicaciones de intercambiadores de calor, resultando catódico el metal menos noble. Los polímeros saturados de carbón pueden actuar como metales nobles en un par galvánico. Otros ejemplos en los comportamientos de películas conductoras se pueden mencionar a la magnetita (Fe_3O_4), los sulfuros de hierro, los sulfuros de plomo o el mismo plomo.

Algunas películas pueden ser catódicas en los metales expuestos a fracturas o porosidad como pasa en los casos de válvulas o bombas en sistemas de toberas.

LAS CAPAS METÁLICAS

Das tipos de capas metálicas son usadas en la designación de la construcción de ingeniería:

- Capas de metales nobles
- Capas de metales de sacrificio

Las capas de metales nobles son usadas como barreras sobre un metal más activo. La corrosión galvánica del sustrato puede ocurrir por medio de porosidades, sitios dañados y los bordes en las capas de metales nobles. Las capas de metales de sacrificio proveen protección catódica sobre los metales más nobles, como en el caso de aceros galvanizados, capas metalizadas o la aplicación del aluminio.

Alclad

MÉTODOS DE CONTROL

SELECCION DE MATERIALES: Las combinaciones de metales y aleaciones elegidos con mucha separación en la serie galvánica o con relevante diferencia de potencial evitan que los materiales más nobles sean fácilmente polarizables. Los recubrimientos metálicos pueden ser usados para reducir la separación en la serie galvánica.

CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE: En casos particulares, es posible la reducción o eliminación de los efectos de la corrosión galvánica entre materiales disímiles en un medio en particular. El uso de inhibidores de corrosión es efectiva en algunos casos. Cuando se elimina la polarización catódica (deseaeración de agua por efecto termotécnico por adiciones de oxígeno e impurezas tales como: el sulfito de sodio o la hidrazina).

BARRERA COMO CAPAS: De naturaleza metálica. Las barreras inertes de materiales orgánicos o vítreos, pueden ser efectivas como aislantes. Pero, esto es extremadamente peligroso en la capas del miembro anódico del par galvánico, porque muchos de esos materiales reducen las áreas, acrecentando la velocidad del ataque que ocurre en la capa protectora. Como las usadas en los intercambiadores de calor.

MÉTODOS DE PROTECCIÓN.

La importancia de los procesos o estudios de corrosión deben llevar una doble función. En primer lugar debe figurar el aspecto económico como ya a sido mencionado, buscando la manera de reducir las pérdidas de materiales que se originan por el desgaste progresivo de las piezas ocasionando rupturas repentinas como pasa en las tuberías, recipientes, ó componentes metálicos de maquinaria, cascos de buques, estructuras marinas, etc. En segundo lugar hay que considerar la conservación de los recursos naturales, donde se ven implicados los metales, cuya reserva mundial es limitada, no dejemos de visualizar que podría consistir en un ahorro de potencial humano que se emplea en rediseñar y reconstruir los equipos mecánicos corroídos para poder ser reinstalados en los procesos. El uso de los materiales metálicos y no metálicos para formar capas protectoras contra la corrosión, ha aumentado sustancialmente después de observar los resultados que presentan dichas aleaciones. Sin embargo, la producción de estos productos se ha incrementado durante los últimos 10 años pero solo para ser usados en otros campos que no incluyen los recubrimientos protectores, del mismo modo que la producción siderúrgica ha elevado sus cifras de obtención de producto terminado, siendo el renglón más importante el de la fabricación de aleaciones especiales.

El control de la reacción de corrosión se basa en la práctica de actuar sobre el propio medio ambiente o sobre el metal. El control sobre el medio ambiente significa controlar su composición o reducir la humedad en la atmósfera, desaeerar los electrolitos, cambiar la acidez o alcalinidad a valores más moderados, eliminar las bacterias, reducir las temperaturas o añadir sustancias químicas específicas para inhibir la reacción de la corrosión.

Por el contrario, la utilización de los tratamientos de superficie para mejorar la resistencia a la corrosión es un método específico que en general no afecta al conjunto de las propiedades mecánicas, elimina simplemente aquellas propiedades perjudiciales.

Además, los tratamientos de superficies pueden aplicarse al final del proceso de los componentes y son en todos los aspectos, procedimientos de acabado. De esta forma, el gasto extra que supone fabricar aleaciones relativamente complejas, puede eliminarse y dirigir la inversión de modo más satisfactorio en el sentido deseado.

La aleación de un material de recubrimiento depende del aspecto o de la factibilidad de su aplicación, así como también de la manera de comportarse en servicio. Si el propósito de la protección es suprimir la formación de un producto de corrosión indeseable, no siendo necesario un acabado metálico, entonces puede pensarse en la aplicación de recubrimientos no metálicos.

La pintura es un recubrimiento de acabado relativamente económico y tiene la ventaja de que puede cambiarse con relativa facilidad. Los plásticos, así como las lacas, adolecen de la pérdida de adhesión y porosidad, sin embargo, los revestimientos con plásticos son un método excelente y pueden homologarse a superficies estéticamente agradables, aunque resulten caros.

Hay muchos ejemplos de metales que forman películas de óxidos estables, los cuales, en algunos casos pueden estabilizarse por medio de tratamientos químicos para que sean protectores. El método de protección de un sustrato por medio de un recubrimiento metálico depende de su naturaleza del par galvánico que existe entre ambos.

El éxito de la protección depende del hecho de tener en cuenta que la corrosión es un proceso galvánico en el cual un metal se disuelve anódicamente, mientras una reacción igual y opuesta se produce en el cátodo respectivamente, estableciéndose un circuito eléctrico entre las uniones metálicas y el electrolito. Para que la protección sea eficaz hay que romper este proceso electroquímico por donde resulte más viable. La sustitución de un ánodo por otro que sea menos crítico cambia simplemente la marcha de la corrosión y en el caso de un recubrimiento metálico, solo lo hace temporalmente, por supuesto si el recubrimiento se disolviera por completo el sustrato quedaría de nuevo expuesto al medio agresivo.

El empleo de inhibidores en los electrolitos es un procedimiento muy utilizado en la actualidad o también son empleados los inhibidores en fase gaseosa, que pueden suprimir selectivamente la reacción del electrodo por adsorción superficial, tanto en el cátodo como en el ánodo, en cuyo caso, la capa molecular actuará como un aislante eléctrico entre la superficie del metal y el electrolito. Los recubrimientos metálicos se obtienen por una gran variedad de técnicas, muchas de las cuales permiten aplicar también productos no metálicos como los plásticos y los polímeros, como ya se ha mencionado.

En los últimos años se han empezado a emplear productos químicos junto con las aleaciones especiales para combatir la corrosión, pero las importaciones de estos productos se han revertido por los altos costos de importación, pero cabría preguntarse porque es necesario traer estos productos.

La respuesta esta en la incipiente infraestructura que posee el área productiva y la inadecuada planeación del sector, ya que se prefiere exportar las materias primas aunque después se tenga que importar el producto terminado para satisfacer las propias demandas internas

Analizando estos criterios con cierto recelo, nos permite observar que los recursos y tecnología nacionales no estan siendo explotados de manera lógica, puesto que nuestra economía interna no ofrece las garantías para dar paso a una fuerte inversión o dar paso a la credibilidad, por lo que tenemos que recurrir a la importación de producto ya terminado como materia prima, esto significa desperdiciar el potencial minero de nuestro subsuelo, y no usarlo de manera adecuada, esto implica que los problemas directos e indirectos ocasionados por la corrosión no sean controlados, mermando las operaciones e instalaciones productivas de los diferentes procesos de transformación nacional.

COMO SE PUEDE OBSERVAR ENTONCES; LAS PERDIDAS INDIRECTAS SON UNA PARTE SUSTANCIAL DEL TRIBUTO ECONOMICO IMPUESTO POR LA CORROSION.

En la protección de los metales se plantea el problema de combatir la tendencia intrínseca a la corrosión de los metales y aleaciones de empleo corriente por diversos procedimientos. Varios de estos métodos disponibles para la protección en medios acuosos se basan en principios electroquímicos, otros derivan del principio obvio de separar el metal del medio que lo rodea pero el éxito de los últimos depende de la resistencia química o electroquímica de la capa protectora.

La elección de un método de protección no es fácil ya que deben de tenerse en cuenta las condiciones del medio, los factores económicos y el hecho de que no todos los métodos de aplicación son universales. Los factores económicos no solo incluyen el costo inicial sino también los gastos de sustitución de partes corroídas y la eventual renovación del medio protector. Los métodos de protección más conocidos y empleados pueden resumirse conformando a la siguiente clasificación:

a).- **PROTECCION CATODICA** - Esta se manifiesta cuando la corrosión es bajo condiciones nuevas (vía húmeda) y está constituida por la disolución del metal. La corrosión suele ser un fenómeno electroquímico por lo que puede intentarse combatir conectando un electrodo auxiliar de un metal más activo a la estructura que se desea proteger de carácter menos activo, dicho electrodo actuará como ánodo en la celda de corrosión. En este caso, la estructura se comportará como un cátodo y quedará protegida por el ánodo de sacrificio que se corroerá. Este método protegerá catódicamente a la estructura cuando resulte inconveniente el uso de una fuente externa de corriente. Este primer caso constituye la protección catódica por medio de ánodos de sacrificio, el segundo tipo de protección que cae sobre esta clasificación corresponde a la protección catódica por medio de corriente impresa. La protección se logra aplicando una corriente externa a partir de un rectificador que suministra corriente continua de bajo voltaje.

La terminal positiva de la fuente de corriente se conecta a un ánodo auxiliar localizado a una determinada distancia de la estructura a proteger y la terminal negativa se conecta a la estructura metálica.

Por tanto se puede decir que la protección catódica constituye sin duda, el más importante de todos los métodos empleados para prevenir la corrosión de materiales ferrosos, ya que estos integran la gran masa de objetos enterrados en la tierra o sumergidos en ambientes acuosos como tuberías, atascaderos, diques, barcos, pilotes, etc. También puede emplearse eficazmente para eliminar el agrietamiento bajo tensiones en materiales como latones, aceros, aceros inoxidable, magnesio y aluminio. No puede emplearse para evitar la corrosión por encima de la línea de agua, por ejemplo en depósitos de agua, como tampoco puede la corriente entrar en áreas eléctricamente blindadas, como en el interior de tubos de condensadores de agua.

b).- **PROTECCION ANODICA** .- En la protección catódica la velocidad de disociación anódica disminuye como consecuencia de haberse rebajado el valor del potencial reversible de la reacción anódica de la probeta que generalmente es sobre pasado para asegurar un margen de seguridad contra posibles errores. Aún bajo estas condiciones existe una pequeña velocidad de corrosión, que no es objetable con tal que sea uniforme sobre toda la superficie. Se sabe que cuando un metal cambia de activo a pasivo la densidad de corriente se reduce considerablemente hasta adquirir un valor muy bajo, usándose esto en algunos casos para la protección de un metal. Manteniendo éste dentro del estado pasivo, se habla de una protección anódica. Sus aplicaciones son limitadas pues mientras la protección catódica permite la protección de un gran número de metales frente a los más diversos medios acuosos y sólidos con tal que sean conductores, la protección anódica a sido usada hasta ahora sólo para proteger secciones completas de plantas químicas cuando están hechas de un metal que pueda pasivarse en el medio que contiene la planta, lo cual limita su uso.

Además es potencialmente peligrosa ya que si en algún punto se pierde la protección y no se restablece de inmediato será grande el ataque en ella. pues la discontinuidad en la película proporciona un camino de baja resistencia para la disolución, mientras que el resto del metal está polarizado anódicamente. Puede aplicarse a metales comunes que presentan pasividad como aceros inoxidable y al carbón.

c).- RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.- La mayor parte de estos recubrimientos se aplican por inmersión en baños calientes, por galvanostegia, por cementación, por reacciones en fase gaseosa y más modernamente por metalización. Todos estos métodos tiene el mismo objetivo, el de crear una capa protectora sobre el metal subyacente. Desde el punto de vista corrosión, los recubrimientos metálicos se clasifican en :

1).- **NOBLES.-** Los metales que se depositan generalmente son el Ni, Ag, Cu, Pb, y el Cr sobre aceros, siendo estos metales nobles en la serie galvánica con respecto al metal base.

2).- **SACRIFICIO.-** Se depositan metales como el Zn, Cd y en ciertos medios el Al y el Sn sobre aceros, la corriente galvánica a través del electrolito se dirige desde el recubrimiento al metal base, lo que da como resultado que el metal quede protegido catódicamente.

Los recubrimientos metálicos se aplican frecuentemente con la finalidad de prolongar la vida del metal subyacente existiendo otras razones para su uso :

- 1). Para dar una mayor resistencia al desgaste (Cr)
- 2). Para mejorar el contacto eléctrico de baja resistencia (Au y Ag)
- 3). Para una reflectividad elevada y constante (Cr)
- 4). Para una adecuada resistencia a la corrosión (Al, Zn, Cr)

Los recubrimientos de metales nobles tienen un uso muy restringido debido a su alto precio. Se emplean en pequeña escala cuando las propiedades específicas de estos depósitos lo exigen. Es frecuente la aplicación de otras capas intermedias, con el fin de reducir los elevados potenciales galvánicos que de otra forma podrían desarrollarse.

d).- RECUBRIMIENTOS DE METALES ESPECIFICOS

RECUBRIMIENTOS DE NIQUEL : Se preparan por lo general por deposición electrolítica, galvanostegia o por vías químicas y son extensivamente usados para protección de muchos metales, en particular aceros. Debido a que la porosidad es un factor importante en la vida y en el aspecto de estos recubrimientos, está recomendado alcanzar un espesor mínimo según sean las condiciones de exposición.

RECUBRIMIENTOS DE PLOMO : Se depositan por lo general por inmersión en caliente o por electrodeposición, siendo necesario añadir cierta cantidad de Sn para mejorar la adherencia del recubrimiento con el acero, cuando este es realizado por inmersión. Entre sus aplicaciones se encuentran la construcción de tejados y la protección interior de depósitos de gasolina de automóviles contra la corrosión que origina el agua retenida. Los recubrimientos de plomo no deben de emplearse en contacto con agua potable, ni alimentos.

RECUBRIMIENTOS DE ZINC : Son obtenidos por inmersión en caliente o por electrolisis y se denomina galvanizado. Su resistencia es relativa en atmósferas rurales y marinas, siempre que el agua de mar no tenga contacto directo por salpicaduras con la superficie galvanizada. Los espesores recomendados para las zonas urbanas según los estudios, dan protecciones por espacios de hasta 11 años. Sin embargo, para atmósferas industriales es de tan solo 4 años, lo que nos indica su sensibilidad al ataque por ácido sulfúrico en atmósferas contaminadas.

RECUBRIMIENTOS DE CADMIO : Se obtienen casi exclusivamente por electrolisis. El Cd resiste los medios marinos mejor que el Zn, su cloruro es menos soluble y por ello es más protector. El Cd es más caro que el Zn pero mantiene durante más tiempo el aspecto metálico brillante y por ello se emplea para los equipos electrónicos. Además es más resistente al ataque por los condensados atmosféricos y a la niebla salina pero no son tan resistentes expuestos a la atmósfera. En medios ácidos, resiste el ataque de los álcalis fuertes, se corroe en ácidos diluidos y en amoníaco acuoso. No se recomienda su contacto con alimentos.

RECUBRIMIENTOS CON ALUMINIO Se realizan sobre aceros por inmersión en caliente y en la actualidad por metalización. Los baños de Al en fusión contienen casi siempre Si disueltos con el objeto de retardar la formación de una capa de aleación frágil. Los recubrimientos por inmersión en caliente encuentran su aplicación en donde se precisa resistencia a la oxidación a temperaturas moderadamente elevadas, como en la construcción de hornos de baja temperatura. También se recomiendan como protección contra la corrosión atmosférica.

e).- RECUBRIMIENTOS INORGANICOS : Estos recubrimientos se enumeran como sigue :

- 1). Los vidriados.
- 2). Los realizados por cemento Portland.
- 3). Los obtenidos por transformación química.

De los recubrimientos realizados por transformación química tenemos los siguientes :

e1.- Los recubrimientos de fosfatos sobre aceros (parkerizado o banderizado) obtenidos al extender una solución diluida, fría o caliente de ortofosfato ácido de zinc o magnesio por medio de brocha o rociado sobre una superficie limpia. Su uso es principalmente como rociado o base para pinturas.

e2.- Los recubrimientos de óxidos en aceros preparados por oxidación controlada en aire a altas temperaturas por ejemplo, por inmersión en solución alcalina concentrada y caliente que contenga persulfatos, nitratos y cloratos.

e3.- Los recubrimientos de cromo que se realizan sobre zinc por inmersión del metal limpio unos pocos minutos en una solución a temperatura ambiente de dicromato de potasio. Las aplicaciones de estos recubrimientos en la industria es muy restringido y se ha ido especializando para usos bien definidos, siendo los vidriados y los recubrimientos de cemento los que si es posible emplear en ciertas condiciones dentro de la industria química.

f).- RECUBRIMIENTOS ORGANICOS : Estos recubrimientos son obtenidos por diversos métodos de aplicación y se han desarrollado gracias a necesidades muy específicas, lo que define sus aplicaciones :

- a). Aplicaciones de pinturas
- b). Resinas sintéticas
- c). Barnices
- d). Lacas
- e). Resinas de silicon, epóxicas y vinílicas
- f). Plásticos y cauchos.

Debido a su constitución orgánica, su uso está restringido en donde las temperaturas de trabajo son muy elevadas, pues algunos de ellos se descomponen o gasifican y han encontrado mayor aplicación en aspectos meramente decorativos.

g).- DEPOSITOS EN VACIO : Esta técnica puede usarse en frío y no depende de las propiedades metálicas del metal base, así pues, puede emplearse también para recubrir no-metales. El metal se evapora en vacío y se deposita sobre el sustrato en la cámara al vacío. Los metales más convenientes parecen ser los de punto de ebullición bajo, y debido a las limitaciones de la electrodeposición, el aluminio ha tenido mucho interés; aunque las limitaciones de la técnica están en las dificultades de mantener un vacío elevado en los grandes volúmenes que se requieren en las instalaciones.

h).- REDUCCION DE OXIDOS : La estabilidad de un determinado óxido controla la facilidad con que pueden reducirse. Hay algunos óxidos que se descomponen a temperaturas moderadamente bajas; sin embargo, de ordinario se necesita un agente reductor específico.

El hidrógeno tiene ventajas como agente reductor porque es gaseoso y da un producto de oxidación también gaseoso y cuando un óxido se aplica a una superficie en forma de pasta mezclada con un fundente puede reducirse in-situ. Si la temperatura es lo suficientemente alta puede formarse un recubrimiento metálico fritado o difundido.

El fundente puede evaporarse, puede ser soluble después de la reducción o puede fundirse con el recubrimiento. El proceso "NIPHOS" es una combinación de estos: la pasta de óxido de níquel/fosfato de amonio se reduce por el hipofosfito y forma un recubrimiento duro rico en fosfuros.

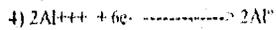
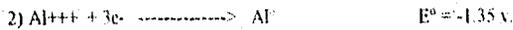
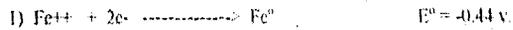
Todos estos métodos que se acaban de enumerar, han sido diseñados con la finalidad de ejercer un adecuado y eficaz control sobre la corrosión; sin embargo, se ha observado que su confiabilidad disminuye a medida que los años de trabajo han transcurrido sobre ellos, haciendo de sus efectos de control casi nulos.

Es por esta situación que la reciente investigación trata de proporcionar datos confiables en cuanto a otra alternativa de depósito más eficiente como la metalización, que siendo conocida para algunos desde hace muchos años, aun no se han podido convencer de todo el potencial que presenta esta técnica y que es el principal objetivo que se persigue por el sustentante, el de dar a conocer su gran utilidad dentro del campo químico e industrial.

TIPOS DE REACCIONES CÁTODICAS :

- A). LIBERACION DE HIDROGENO $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
- B). REDUCCION DE OXIGENO EN MEDIO ACIDO $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$
- C). REDUCCION DE OXIGENO EN MEDIO ALCALINO $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
- B). REDUCCION DE IONES METALICOS $Fe^{++} + 1e^- \rightarrow Fe^+$
- E). DEPOSITO DE METAL $Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu^0$

EJEMPLIFICACION - Que pasa con una tubería recubierta con aluminio.



Entonces la reacción 7 será igual a 5 + 6. reacción espontánea totalmente correcta.



$AE = E^0_2 - E^0_1$

$AE = (-0.44) - (-1.35)$

$AE = 0.91 \text{ v.}$

2.4.-PROBLEMATICA ACTUAL.

Es de todos conocida la necesidad que tiene el hombre de conferir ciertas propiedades a los materiales que emplea en los diversos procesos industriales, para que su vida útil sea mayor. Tales alteraciones permiten a los materiales tener mayor resistencia al desgaste o a la corrosión, mayor maleabilidad, mayor resistencia a los esfuerzos, etc. Todas esas modificaciones se han ido dando debido a que la industria requiere mejores bienes satisfactorios y por ende los procesos necesariamente tienen que mejorar.

Desde hace muchos años la industria se ha visto en la imperiosa necesidad de dar tratamientos y acabados especiales a los materiales que emplea en sus procesos productivos, siendo el ejemplo más clásico los baños galvánicos, la finja de los aceros, los tratamientos térmicos y termoquímicos o bien la adición de algún elemento químico que proveerá de características específicas las propiedades mecánicas de la aleación.

Es por ello que los procesos electrolíticos cobraron capital importancia dentro de nuestro desarrollo industrial; acorde con los procesos en sí. Desde que el procesos electrolíticos se usaron para dar acabados especiales, las aplicaciones se generalizaron después de observar las mejoras obtenidas. Comenzando por los grandes baños galvánicos, cuyos productos fueron usados para severas condiciones de operación. Su uso se fue diversificando hacia la industria alimenticia y automotriz; pues en la primera, las condiciones de calidad y no contaminación son de orden primordial.

Del mismo modo, la industria automotriz requería asegurar los límites de seguridad y desgaste frente a la corrosión de carrocerías y motores, para así proporcionar un mejor servicio. Con ese mismo ritmo de crecimiento los baños galvánicos se fueron haciendo obsoletos y sus aplicaciones fueron siendo limitadas conforme al crecimiento tecnológico.

Tal es la muestra que se observa en la medicina moderna, donde se requiere de sustancias no tóxicas para no ser rechazadas dentro del cuerpo humano o bien los recubrimientos de las naves espaciales, las cuales exigen soportar muy altos esfuerzos, tensiones, temperaturas y fricciones; así como en la industria militar, protegiendo la cabeza de los misiles. Como se puede observar, el campo de aplicación de los baños galvánicos se fue restringiendo y se hizo necesario crear un nuevo método que pudiese cubrir las exigencias de las demandas actuales, siendo este el fundamento para pensar en que la metalización es una alternativa a seguir. Si se desea incursionar en los mercados internacionales con un producto de buena calidad y competitivo es necesario eficientar los procesos productivos y ello implica el uso de la tecnología de producción más moderna y actualizada; sin embargo, la infraestructura no permite en la actualidad alcanzar esa meta.

Definitivamente será un gran problema en función costos, importar la tecnología necesaria, aunado a esto la contratación de los servicios de tecnólogos que pudiesen en marcha dichos procesos, equipos y técnicas que en la mayoría de los casos, hacen evidente el desconocimiento por nuestros técnicos de los procesos, maquinaria periférica necesaria, mano de obra calificada dificultando la eficientización de las técnicas.

Es por eso, que se necesitan actualizar los conocimientos en materia de recubrimientos para estar en posibilidades de adquirir maquinaria y equipo, sumando la capacitación de personal, para así conjuntamente adecuar las técnicas que se van a emplear.

Se sabe que en principio será un gasto elevado y que los resultados que se obtendrán a mediano o largo plazo, pero cuando estos lleguen se habrá avanzado más de lo planeado.

Pero no perdemos de vista que las facilidades de importación que brinda el tratado de libre comercio, y que en un afán de incrementar su introducción al mercado nacional estarán más al alcance de la mano los tecnólogos, abriéndose las posibilidades de una atención más directa.

CAPITULO III
DESCRIPCION DE LOS PROCESOS

PROCESOS DE ASPERSION TERMICA.

3.1.- EQUIPOS DE ALAMBRES.

3.1.A.- METALIZACION CON ALAMBRES POR COMIUSTION DE GASES.

En este proceso, la cabeza térmica produce en la boquilla una flama compuesta de oxígeno y de gas combustible (acetileno, propano, hidrógeno o gas manufacturado) para fundir el alambre. La cabeza de gases tiene un block mezclador o block sifón en el que la sobrepresión de oxígeno arrastra al gas combustible por un sistema de sifón, logrando así una mayor estabilidad de la flama en la boquilla.

El alambre se alimenta a la boquilla por un mecanismo que utiliza una turbina de aire autorregulable y un caudal de aire comprimido. La turbina girando entre 0 y hasta 40,000 R.P.M., transmite la energía mecánica, a través de un mecanismo de reducción a dos rodillos moléteados y endurecidos que "muerden" el alambre con presión regulable y alimentandolo a la boquilla donde es fundido.

Este aire comprimido también pasa a través del sistema interior para enfriar la cabeza térmica, atomizando el metal fundido y contribuyendo al enfriamiento de la pieza a recubrir. Es esencial que la velocidad de arrastre del alambre sea variable para poder pasar el mismo por la flama a menor o mayor velocidad de acuerdo con su propio punto de fusión.

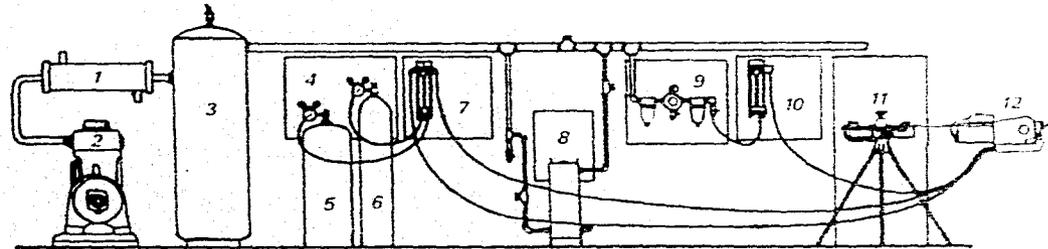
Este tipo de pistola con poco peso, puede usarse manualmente o montada en el portaherramientas de una máquina para la proyección de cualquier metal que se pueda fabricar en forma de alambre.

Además, existen equipos también portátiles, diseñados especialmente para la proyección de metales blandos como el zinc, aluminio, babbitt, etc., que están diseñados con engranes de alta velocidad para este uso específico. Los equipos de alambre por combustión permiten producir capas metálicas amplias o gruesas donde hay facilidad de acceso a una fuente de gases, además de aire comprimido. (véase fig. 6).

Los equipos de alambres ofrecen:

- Distribución equilibrada de los gases de combustión alrededor del alambre de metalización para dar una fusión uniforme.
- Tiempos adecuados de permanencia de la varilla en la flama para asegurar una buena fusión y atomización.
- Utilizando el sistema sifónico se puede lograr la mezcla uniforme entre oxígeno y gas combustible necesaria para desarrollar una flama con máximo rendimiento.
- Mediante la utilización de agujeros calibrados se puede controlar la cantidad precisa de oxígeno y gas combustible para un rociado más económico.
- Para toda clase de metalización, elija alambre de 3.17 mm de diámetro (1/8 in). se rocía a altas velocidades con bajo costo por kilogramo y es de fácil manejo para el operario.

DIAGRAMA DE UNA INSTALACION TIPICA DE UN EQUIPO DE METALIZACION CON ALAMBRE



1. post-enfriador
2. compresor de aire
3. tanque de aire comprimido
4. unidad de control de gases
5. gas combustible
6. oxígeno
7. caudalímetro de gases

8. limpiador de aire
9. unidad de control de aire
10. caudalímetro de aire
11. unidad de control de alambre
12. maquina de metalización

figura 6.

- Para trabajos que requieren gran cantidad de metal rociado, elija alambres de 4.7 mm (3/16 in). Es más alta su velocidad de rociado, reduciendo los tiempo de operación y su precio por kilo es menor para la mayoría de los alambres diseñados para esta función.

- Para aplicaciones especiales puede elegir diámetros de varillas inferiores a 0.81 mm (20 gauge).

- Alta velocidad de proyección usando el sistema normal de combustión, significa menor tiempo de ejecución, alta velocidad de producción y bajo costo de mano de obra por unidad.

- Mayor precisión es conseguida usando el sistema de combustión anular, lo que significa mayor rendimiento en la aportación cuando se proyectan metales de bajo punto de fusión.

- Una proyección en abanico usando el casquete de aire específico, arroja un rociado más eficiente en superficies grandes.

- Las operaciones frecuentes de arranque y parada usando el sistema anular o el antiagarre se realizan sin problemas de estancamiento en las boquillas, significando una reducción de costos en lo que respecta a mantenimiento.

- El aumento de la estabilidad de la flama usando el sistema anular de combustión con metales de bajo punto de fusión, significa alta calidad de capa, incluso a caudales y presiones reducidas de gases.

- Una turbina de aire silenciosa gira a alta velocidad, conjuntamente con una serie de engranes, que transforman esta alta velocidad en una fuerza de arrastre del alambre considerable.

- Un regulador de fuerza de rotación combinado con un regulador de control de potencia, son los mecanismos que aseguran la potencia requerida.

Una cámara sellada entre la boquilla de alambre y el block mezclador de gases en el sistema de combustión se logra mediante empaques de diseño especial. Dado que no hay contacto metal-metal (no se necesitan superficies lapeadas). Los retrocesos de flama debidos a defectos en las superficies lapeadas se elimina, reduciendo tanto los riesgos del personal como del equipo mismo.

Otra característica que reduce el mantenimiento es una cámara especial de refrigeración dentro del cabezal de gases, la cual dirige un flujo de aire contra la cara posterior del block mezclador, asegurando de esta forma una duración mayor en la vida útil de la boquilla.

Las boquillas anulares, diseñadas para uso con metales de bajo punto de fusión crean un "anillo de fuego" alrededor del alambre de metalizar. Consiguiendose como resultados la reducción de presiones los caudales de oxígeno y gas combustible sin afectar la estabilidad de la flama, reflejandose tres beneficios importantes:

- Reducción del costo de los gases
- Reducción de la presión del gas combustible
- El ancho del haz de proyección puede hacerse más fino, permitiendo una mayor precisión en el depósito, es decir, un porcentaje mayor de metal rociado se deposita sobre las piezas de pequeñas dimensiones.

Para comenzar el rociado, se introduce el alambre a metalizar en la parte posterior de la pistola, se encienden los gases, se baja la palanca de opresión del alambre y el mismo por el impulso entrará en la flama de fusión.

Para interrumpir el rociado levante la palanca de opresión del alambre. La alimentación del alambre cesa y un sistema anti-retroceso de acción rápida mantiene fija la varilla en su lugar, quedando en espera de la reanudación del trabajo. El dispositivo anti-retroceso está diseñado como todas las partes para ofrecer una larga duración, se limpia fácilmente, no se atasca y la muelle de gran resistencia no se deforma. (véase fig. 7).

La presión necesaria en el rodillo de arrastre alimenta firmemente el alambre, se fija mediante la regulación simple de un tornillo que trabaja independiente de la manija de opresión del alambre. La alimentación del alambre puede ser activada y desactivada sin modificar la presión de ajuste.

Este equipo permite el intercambio rápido de un alambre a otro de una forma fácil, permite parar con facilidad la alimentación para medir el espesor de la capa aportada o cambiar las piezas de trabajo. Todo lo que se tiene que hacer es seleccionar la velocidad exacta del alambre deseado. Lo mismo se proyectan alambres de alto o bajo punto de fusión, la velocidad de alimentación del alambre permanece estable.

Un solo conjunto de engranes rocía lo mismo metales duros que blandos, estos engranes de tipo standar permiten un trabajo eficaz a velocidades de alimentación tan bajas como 45 cm/min (1-1 1/2 ft/min). Para el rociado continuo de alambres de bajo punto de fusión y diámetro pequeño, con la fácil instalación de engranes de alta velocidad se consiguen velocidades hasta de 13.5 m/min (45 ft/min). Puede trabajar a las máximas velocidades manteniendo a un mínimo el desgaste en los engranes y en los rodamientos.

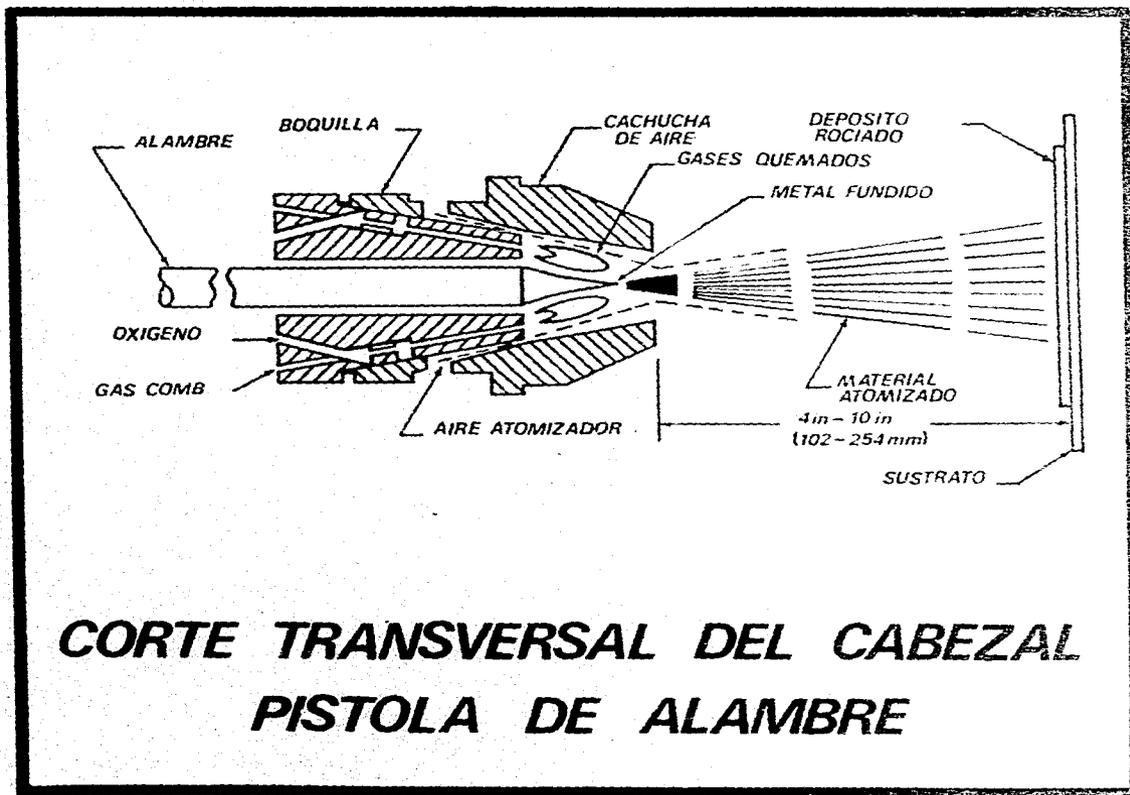


figura 7.

Las piezas de precisión de los equipos están protegidas contra el desgaste mediante una alimentación forzada de lubricante fluido. Un sinfin en el contraeje trabaja dentro de un manguito ajustable, bombeando lubricante a todas las partes críticas en cualquier posición ejecutada del rociado. Un tapón mirilla permite controlar continuamente el nivel de ese lubricante.

Los engranes de bronce están montados sobre ejes de acero endurecido, los rodillos de arrastre y las guías de alambre son de acero inoxidable endurecido para obtener mejores resultados al desgaste y la corrosión. La boquilla, el block mezclador y la guía delantera del alambre se sacan sin herramienta en un solo conjunto. Para cambiar a un nuevo diámetro de alambre, solo basta elegir el conjunto correspondiente para el nuevo diámetro seleccionado.

La válvula cilíndrica está sangrada para facilitar el encendido. Esto supone dos mejoras: el encendido es más suave y no hay que invertir en nuevas conexiones para las mangueras cuando se selecciona otro gas en lugar del acetileno. El pivote de montaje, está colocado en la parte frontal, por conveniencia para facilitar el ángulo de rociado. Se puede adaptar un enderezador en la parte trasera de la pistola al dispositivo de sujeción del alambre, esto asegura una alimentación más suave de los alambres de bajo punto de fusión.

La guía trasera de alambres tienen injertos de acero endurecido para reducir a un mínimo los gastos por reposición. Cuenta con una empuñadura ranurada que le confiere mayor ligereza en peso y auxilia en el balance para proporcionar un manejo manual más cómodo.

Para el control preciso del espesor del recubrimiento, las pistolas pueden ser montadas en un torno en el caso de reparación mecánica con auxilio de un porta-herramientas, su construcción robusta mantiene a la pistola firme en la posición que se le coloque y permite cambiar con facilidad el ángulo del rociado. Un mango deslizante deja libre la pistola para una nueva colocación, no se requiere del uso de alguna herramienta para esta operación.

Para trabajos continuos en diámetros interiores, es posible rociar con auxilio de extensiones y que en función de la necesidad, se pueden conseguir en las medidas de 6 in, 1, 2 y 3 ft. Las extensiones son un conjunto de tubos metálicos montados dentro de un cuerpo cilíndrico de aluminio. El aire de atomización del alambre fluye a través de la extensión para refrigerarla, el diseño de una junta deslizante evita automáticamente las deformaciones producidas por dilatación térmica.

No se deben usar mas de 50 ft (15 m) de longitud en las mangueras o tuberías entre el regulador de aire y la pistola. Considere siempre la caída de presión para tal efecto, la velocidad de rociado deberá mantenerse al nivel recomendado, el no hacerlo así, ocasionaría dificultades y un funcionamiento poco satisfactorio para la pistola.

Es importante notar que la habilidad del operario crecerá conforme a la práctica ya que los materiales de baja velocidad de depósito son lentos de aplicación y viceversa. Esta experiencia práctica acelerará automáticamente sus movimientos con los metales de rociado más rápido y moderará la velocidad de rociado de los metales de rociado mas lento.

Obviamente para superficies grandes, sabrá que para obtener el debido espesor deberá rociar horizontalmente una capa sobre toda la superficie, luego otra vertical, la tercera horizontal y así sucesivamente hasta que le quede una cantidad aproximada de metal suficiente para una capa completa de una dirección a otra. Al llegar a este punto, un movimiento más o menos rápido permitirá obtener en su totalidad la capa del metal deseado uniformemente distribuida.

Las capas sucesivas pueden cruzarse siempre para eliminar la posibilidad de espacios con poco espesor y también para que el operador pueda ver claramente la línea entre capa y capa.

Se recomienda especificar capas de metalización resistentes a la corrosión en forma de peso aplicado por unidad de área con referencia al espesor, a menos que se disponga de un calibrador de espesores magnético que permita la medición de manera práctica y exacta.

3.1.B. METALIZACION CON ALAMBRE POR MEDIO DE ARCO VOLTAICO

En este tipo de equipos se alimentan a la pistola dos alambres cargados eléctricamente que al juntarse, forman un arco voltaico que los funde inmediatamente, un chorro de aire comprimido atomiza el metal fundido y lo impulsa sobre la superficie a metalizar a la vez que controla la temperatura de la aportación (véase fig. 8)

La uniformidad de alimentación de los dos alambres es de suma importancia para lograr la uniformidad en la fusión y, por consiguiente, la uniformidad de la capa. Esta alimentación se obtiene por medio de un mecanismo movido por corriente eléctrica a dos pares de rodillos que simultáneamente arrastran los dos alambres eléctricamente aislados, a una velocidad uniforme y sincronizada, donde se produce el arco y se proyecta de la pistola metal fundido.

El sistema de arco voltaico elimina por completo la necesidad de usar oxígeno y gas combustible pues solo usan aire comprimido para la alimentación y proyección siendo la energía eléctrica de bajo costo en comparación con los gases. Los equipos de arco tienen una capacidad de proyección muy superior a los equipos de combustión, pudiendo ser considerada como del doble, en función del alambre utilizado y el amperaje al que se opere. En esta modalidad existen pistolas de alta capacidad para ser montadas sobre los tornos y también modelos mas livianos que usan alambres más finos, lo que les confiere la característica de ser mucho mas manuales y portátiles.

Los equipos de arco son indicados cuando no hay gases industriales disponibles a la mano y donde se necesita una gran capacidad de producción. Una diferencia de potencial de 18 a 40 volts aplicado a través de los alambres, inicia un arco que funde las puntas de los electrodos (alambres).

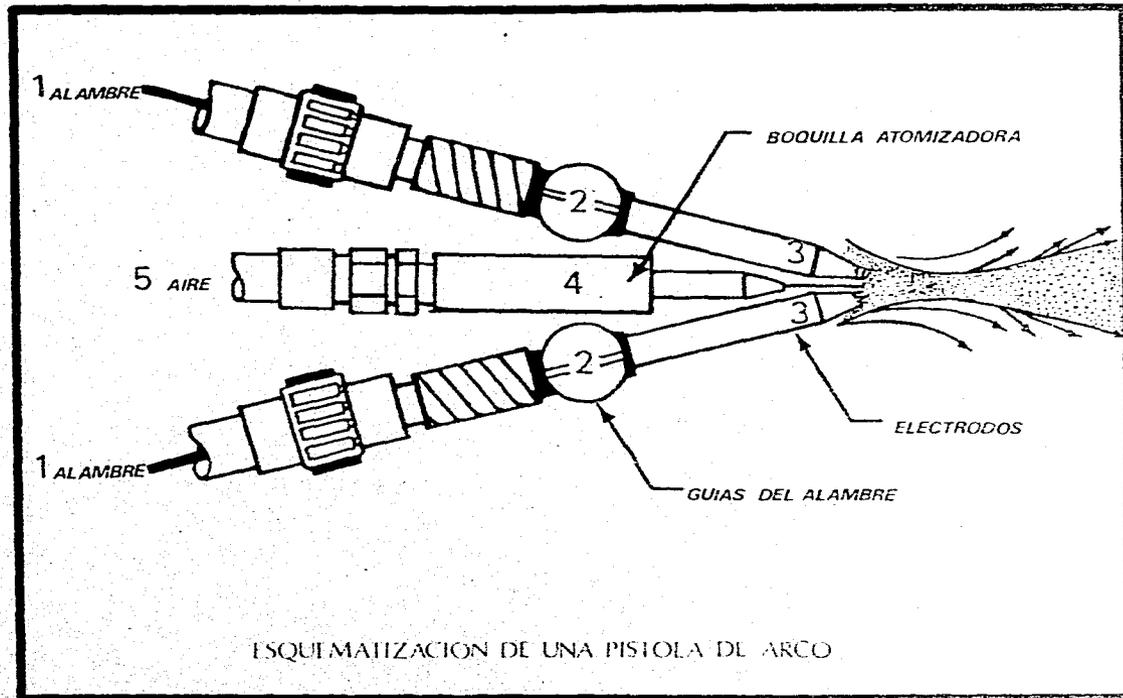


figura 8.

Un gas atomizado, usualmente aire comprimido, es directamente alimentado a la zona del arco, que separa las gotitas del material fundido para ser posteriormente proyectadas. Tanto los cables como los conectores de alimentación están totalmente aislados en la pistola y en la fuente de poder de D.C.. Esta también incluye mecanismos de alimentación de alambre dentro de un rango de control. Los electrodos son fabricados en un tamaño en particular de acuerdo al diámetro de alambre a manejar. Constan de un switch colocado en el panel de control (reostato) para la alimentación del alambre, cuenta también con una unidad para el suministro del aire comprimido y de la corriente eléctrica. (véase fig. 9).

Las temperaturas alcanzadas por el arco exceden considerablemente los puntos de fusión de los materiales a rociar. Durante el ciclo de fusión, los metales de rociado son sobre-calentados hasta el punto donde ocurren algunas volatilizaciones, especialmente cuando manejamos el aluminio o el zinc. Los rangos de temperaturas elevados en las partículas producen interacciones desde el punto de vista metalúrgico o crean también zonas de difusión, o ambos efectos y que se muestran posterior a los impactos con el sustrato. Esas reacciones localizadas forman en cuestión de segundos pequeñas microsoldaduras proporcionando una muy buena cohesión entre partículas y ofrece excelentes fuerzas de adhesión.

El arco normalmente tiene altos rangos de rociado comparado contra otros procesos de rociado. Varios factores controlan los rangos de aplicación, entre ellos se encuentran las variaciones de corriente de la fuente de poder y los rangos de alimentación permisibles del alambre a utilizarse con la energía disponible.

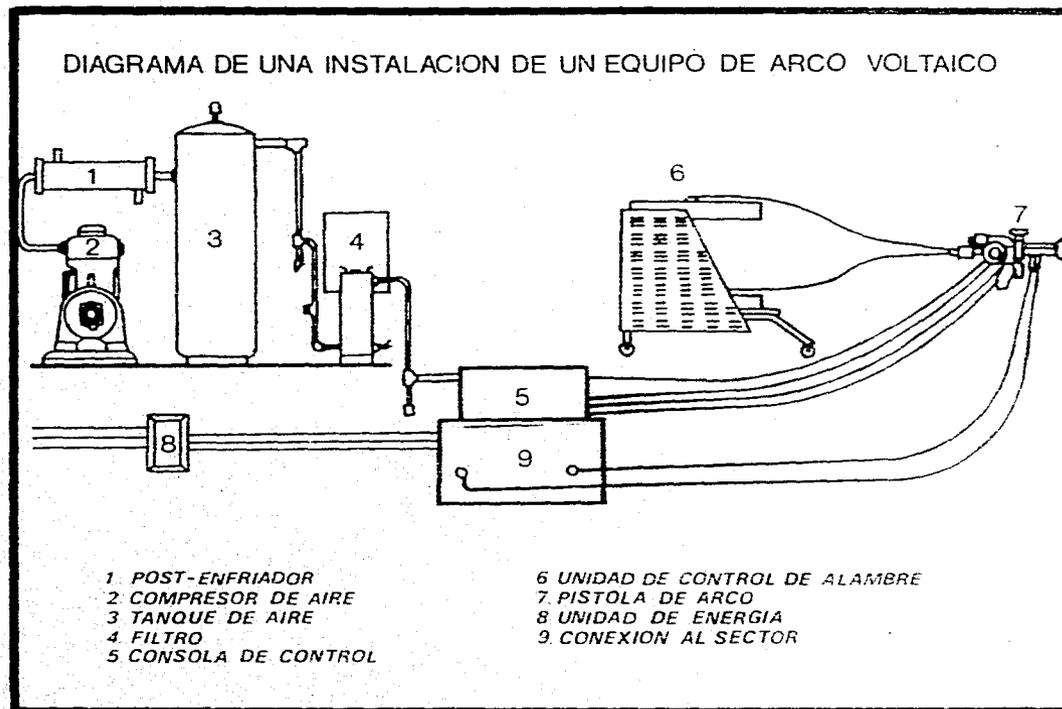


figura 9.

FUENTE DE PODER

Una fuente de poder de D.C., provee un voltaje entre 18 a 40 volts, valores permitidos para la operación de varios metales y aleaciones disponibles en forma de alambre. Los potenciales constantes de la fuente de poder son esencialmente recomendados. Los espacios o separación en el arco y los tamaños de partículas aumentan cuando se incrementan las variaciones en el voltaje. El voltaje puede ser mantenido a un nivel bajo, consistente con la estabilidad del arco para provocar capas densas y lisas.

UNIDAD DE CONTROL DE ALAMBRE

Esta contiene a dos carretes con alambre debidamente embobinado, fabricados de plástico para aislarlos de otras partes del equipo. Todos los alambres de diámetros mayores usualmente son embobinados en rollos, para los diámetros pequeños son preferentemente embobinados en carretes o barriles para evitar daños en las capas superiores. La unidad es conectada a la pistola por medio de cables flexibles aislados.

CONSOLA DE CONTROL

La consola tiene incorporados los switches y los reguladores necesarios para controlar y monitorear las operaciones de los circuitos que alimentan a la pistola. Los recubrimientos conseguidos con estos equipos muestran una excepcional adherencia como ya se había mencionado.

Dando inclusive resultados de hasta 131 % de incremento en su fuerza de adhesión, el uso de una alimentación secundaria de aire y una cachucha de rociado fino incrementa la dureza de las capas sobre la dureza obtenida por otros procesos de aspersión con alambre. Estos resultados aseguran que su resistencia al desgaste será mucho mejor para aquellas aplicaciones designadas a recuperación.

También estas capas muestran un acabado bueno, otra prueba de los avances en calidad de estas capas es la densidad, la cual es mejorada hasta en un 5 % comparada obviamente contra otros procesos. La segunda ráfaga de aire se alimenta hacia las cachuchas para conseguir el abanico de rociado dando el ancho y el perfil adecuado.

Es posible obtener capas muy suaves, densas y de alta adhesión con el uso de las cachuchas de rociado fino, las que brindan un buen acabado. Por ejemplo, las capas típicas muestran un acabado de 300 a 500 micropulgadas-AA y las fuerzas de adherencia pueden exceder los 9.000 PSI.

3.2 EQUIPOS DE POLVOS

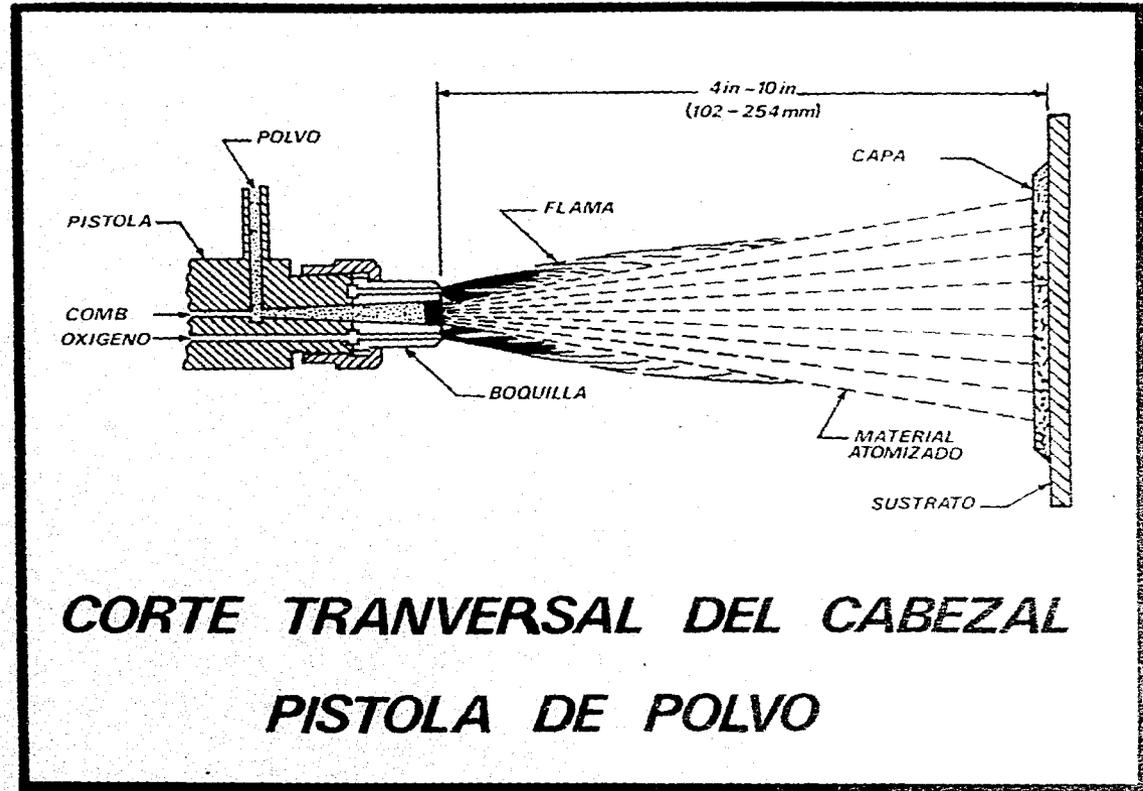
3.2.A. TERMOROCIADO CON POLVOS POR COMBUSTION DE GASES

En esta modalidad el material de aporte se alimenta a la pistola en forma de polvo y la fusión se obtiene mediante una flama de oxígeno con gas combustible. El termorociado tiene varias características que resultan ventajosas para ciertas aplicaciones:

- En la mayoría de los casos se prescinde de aire comprimido, eliminando así la necesidad de un compresor, calderín, filtros, etc.
- La operación sin aire comprimido es considerablemente más silenciosa que la de las pistolas de alambre.
- Puede proyectarse cualquier material capaz de ser fabricado en forma de polvo con granulometría controlada y análisis preciso siempre que su punto de fusión se halle dentro de la capacidad térmica del equipo seleccionado. Esto incluye una gran variedad de aleaciones de óxidos metálicos, carburos metálicos, cementos, capas fundentes, epoxi-metálicos.

Como en el caso de la metalización, las pistolas cuentan con un block mezclador, una cabeza térmica y un sistema de alimentación. Al no usar aire comprimido, el material de aporte es impulsado por la velocidad de la flama, pudiendo las partículas alcanzar velocidades de 90 a 180 m/min. (véase fig. 10).

En las pistolas manuales la alimentación se efectúa por gravedad desde una tolva montada en la parte superior de la pistola. El polvo pasa de la tolva a un depósito en la base de la flama de donde es arrastrado hacia la misma por uno de los gases de combustión, generalmente el oxígeno.



**CORTE TRANVERSAL DEL CABEZAL
PISTOLA DE POLVO**

figura 10.

En casos donde el polvo es del tipo muy fino o super-fino es conveniente utilizar un vibrador fijado a la pistola para ayudar a la alimentación. La pistola de tipo industrial, en vez de usar alimentación por gravedad, utiliza un alimentador positivo por gas pulsado (generalmente con nitrógeno). Esto asegura una gran uniformidad y reproductibilidad de la alimentación asegurando igualmente la conformidad de la capa.

Ambos equipos son susceptibles de funcionar con controles semi-automáticos o totalmente automáticos de tipo control remoto. El terrorociado encuentra especial aplicación donde no es posible aplicar la capa requerida por los procedimientos de alambres o donde se necesita aplicar una gran variedad de capas características diferentes como en el caso de talleres auxiliares, departamentos de mantenimiento o aplicaciones especiales

Los equipos de terrorociado de polvos se recomiendan para aportaciones como las cerámicas, los cermets, los materiales autofundentes, etc., donde hay carencia de aire comprimido y donde una gran variedad de trabajos pueden aprovechar la extensísima gama de polvos.

La eficiencia de depósito obtenidas son muy altas, a veces hasta de un 100 %. Solo una mínima parte del polvo se pierde o se consume en la flama, otra ventaja de este proceso es que los recubrimientos densos y uniformes que produce permiten un mejor acabado o mecanizado sin necesitar un exceso de tolerancia. Una innovación en su diseño permite el uso del aire al rociar, esto es deseable para enfriar el recubrimiento o mejorar su calidad en ciertos casos. Como ya se menciono pueden ser usados tanto el acetileno como el hidrógeno para producir la combustión con el oxígeno.

CONTROLES DE OPERACION

Hay tres controles de operacion en la pistola:

- 1).- La llave de paso controla el flujo de oxigeno y de gas combustible a la boquilla
- 2).- La corona de control de alimentacion de polvo ajusta la tasa de alimentacion de polvo
- 3).- El gatillo sirve para comenzar o interrumpir la alimentacion del polvo

Cuando un polvo se mantiene en una posición por largo tiempo, las partículas tienden a separarse, las partículas finas se van para el fondo del envase, por esa razón es necesario mezclar bien los polvos antes de usarlos. Asegurese de que la tapa del envase este bien cerrada y ruedelo varias veces sobre una superficie plana. Luego, gire el envase sobre sus extremos varias veces, esta práctica, se recomienda seguirla antes de vaciar el producto al interior del canister, para asegurar resultados consistentes. La humedad o partículas extrañas pueden causar una alimentación discontinua, lo que afectará la calidad del recubrimiento.

ROCIADO

- 1.- Prepare y caliente la superficie de trabajo siguiendo las instrucciones
- 2.- Abra la llave de paso hasta obtener los caudales de gases que se recomiendan
- 3.- Después de encender la pistola y de abrir la llave de paso totalmente, apriete el gatillo hasta que se sujete solo. Está empezará a rociar polvo inmediatamente.
- 4.- Apunte el rociado hacia la superficie a rellenar. Respete la distancia de rociado entre la boquilla y la superficie a rociar

5.- Recorra transversalmente la superficie a rellenar en la forma mas uniforme posible. En las piezas fijas el recorrido deberá de realizarse a razón de 1 ft. cada 2-4 seg. rociando en franjas de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de in por pasada. En piezas cilindricas en rotación, la velocidad del torno debe ajustarse para producir una velocidad lineal de la superficie de 20 a 100 ft/min. con un movimiento transversal de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ in/rev.

6.- En las secciones rebajadas se debe dirigir el chorro de polvo sobre los bordes a un ángulo de 45° al final de cada pasada. Esto permite rellenar los bordes de la sección más rápidamente que al centro, lo que evita una concentración indeseable de óxidos en los extremos de la sección rebajada.

DIFERENTES GASES DE COMBUSTION

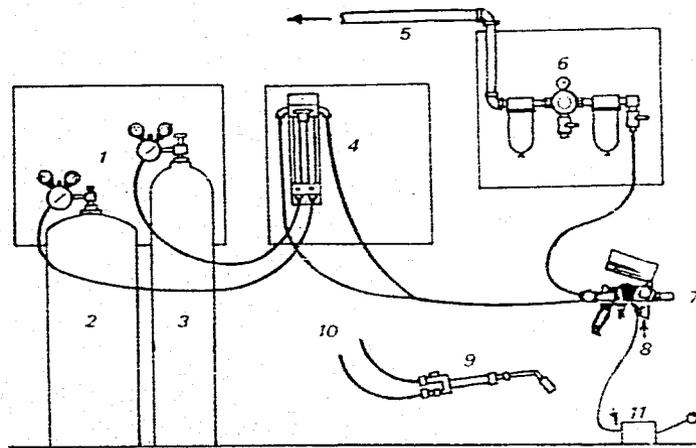
El acetileno se puede obtener en cilindros comerciales o por medio de un generador. El uso del acetileno a presiones mayores de 15 lb/in² esta prohibido por la National Board Of Fire Underwriters de los Estados Unidos. No se debe de abrir la válvula en el cilindro de acetileno más de vuelta y media.

El hidrógeno es un buen gas combustible, pero tiene un costo muy alto. Por esa razón se usa muy poco a menos que se tenga como un subproducto en la planta. El hidrógeno se debe de usar cuando se rocían polvos finos. El oxígeno que se obtiene en cilindros comerciales, se usa siempre con cualesquiera de los gases de combustión. (véase fig. 11).

Se recomienda el uso del aire en los siguientes casos:

- 1.- Para enfriar la pieza de trabajo.
- 2.- Para enfriar el equipo cuando se rocía el interior de un cilindro con una extensión.
- 3.- Para obtener recubrimientos mas limpios y brillantes, como el caso de las aleaciones intermetálicas.

DIAGRAMA DE UNA INSTALACION TIPICA DE UN EQUIPO DE POLVOS



- 1 Unidad de control de gas
- 2 Gas combustible
- 3 Oxigeno
- 4 Flujo metro
- 5 Linea de aire comprimido
- 6 Unidad de control de aire

- 7 Pistola de polvos
- 8 Vibrador
- 9 Antorcha
- 10 Al flujo metro
- 11 Transformador

figura 11.

- 4.- Para obtener mayor eficiencia en los depósitos de carburo.
- 5.- Para reducir la cantidad de humo producida al rociar algunos polvos metálicos.
- 6.- Para permitir rociar polvos finos con acetileno, como sustituto del nitrógeno que es más caro.
- 7.- Para reducir el área seccional del cono de rociado y obtener mayor eficiencia cuando se recubren partes pequeñas.

Si se conectará una fuente de nitrógeno en vez de aire al equipo, este gas inerte se podría usar como gas transportador. Los recubrimientos que se obtienen usando este gas son metalúrgicamente más puros y lucen más brillantes que los obtenidos usando otros gases. Este mismo (N₂) podría usarse en lugar del aire para enfriar la pieza de trabajo o para concentrar la flama.

MANGUERAS

Las obstrucciones de las mangueras pueden reducir los caudales de los gases de combustión, transformando el balance de la flama, se debe evitar la presencia de aceite en las mangueras. El aceite es extremadamente peligroso en las mangueras de oxígeno, este aceite tiende a ablandar la goma en las mangueras. Un ejemplo de esto es el uso de mangueras viejas, donde el material interno se reblandece o se fractura obstruyendo el paso.

Los retrocesos de flama pueden ser producidos por:

- 1.- Escapes de gases en el asiento de la boquilla
- 2.- Suciedad en los orificios de las boquillas
- 3.- Orificios abocardados o rasgados
- 4.- Suciedad en los orificios del mezclador de gases

Las pistolas de polvos estan formadas por cuatro secciones principales.

- 1.- El canister que contiene al polvo que se va a rociar.
- 2.- La caja del perno, en el cuerpo de la pistola que contiene:
 - La válvula medidora de polvos.
 - Un perno deslizable con muelle a presión, cuya función es cerrar la válvula medidora.
 - El mecanismo del pestillo que desengancha al perno.
- 3.- El cuerpo de la pistola, el que incluye:
 - Las partes del quemador que derriten y rocían el polvo.
 - La llave del control de alimentación del polvo.
- 4.- La llave de paso, la que permite el paso de gas combustible y de oxígeno.

3.3 EQUIPOS DE PLASMA

Hagamos ahora una pequeña pausa para definir lo que es el "PLASMA". El plasma es el cuarto estado de la materia y puede verse como un gas ionizado o como una nube de los núcleos de los átomos de dicho gas separado totalmente o parcialmente de sus electrones. Este estado de plasma se logra mediante la fuerte aplicación de energía a un gas que puede ser monoatómico como el helio o el argón o de preferencia por razones termodinámicas, moléculas como el nitrógeno y el hidrógeno.

Los componentes del plasma (núcleos y electrones) tienen fuertes cargas eléctricas opuestas, haciendo que el mismo sea sumamente inestable y con tendencia a reconstruir su estado inicial gaseoso. En el proceso de reconstrucción se libera una gran parte de la energía que se utilizó para crear el plasma. Esta liberación se manifiesta como una llama visible de alta energía que puede alcanzar velocidades de hasta 3,000 m/s y temperaturas de hasta 18,000 °C.

Habiendo tratado de definir el plasma veamos en que clase de equipo se utiliza para la proyección térmica. La unidad básica es el equipo o pistola que, aunque pequeña, es una maravilla de la ingeniería y de la precisión. (véase fig. 12).

A través de esta pistola se alimenta el gas que se seleccione para una aplicación específica. Este gas, dentro del cuerpo de la pistola y en un espacio sumamente reducido, está sometida a un arco eléctrico de hasta 80 kw o más, que convierte el gas en un plasma. Este plasma, al salir por la boquilla se vuelve a convertir en el gas inicial y en este proceso crea la llama de plasma con su alta velocidad y alta temperatura.

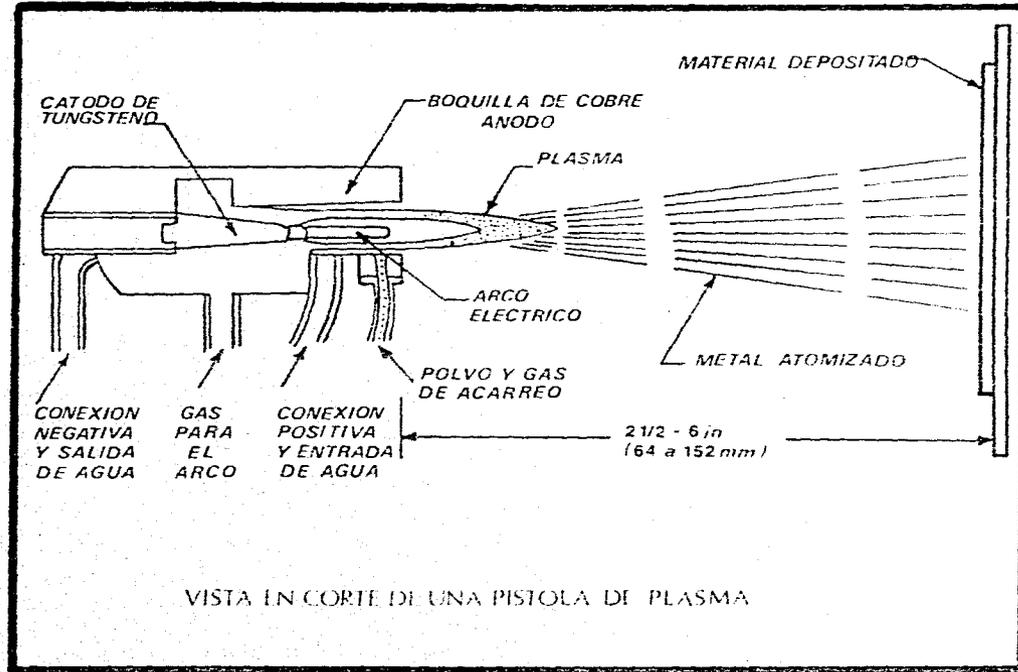


figura 12.

A esta se le inyecta por medio de un gas presurizado el polvo que se desea fundir y proyectar. La flama funde las partículas de polvo y con su gran velocidad (sin usar aire comprimido). lleva las partículas con gran fuerza de impacto a la superficie a recubrir. Las capas producidas de esta forma son de gran densidad y, en muchos casos, pueden ser utilizadas sin maquinado adicional.

El diseño de la pistola incluye circuitos cerrados de agua destilada para su enfriamiento, cables de amplias dimensiones para la conducción de la energía eléctrica necesaria; sistemas de aislamiento para la protección del operario, compuertas de alimentación de polvos y circuitos de control. Por supuesto, un sistema completo requiere como mínimo, ciertos accesorios periféricos para su operación. (véase fig. 13).

- Unidad de control manual o automático
- Unidad de energía
- Intercambiador de calor
- Desionizador de agua
- Unidad alimentadora de polvos
- Mangueras y cables
- Reguladores de gas
- Equipo de seguridad

Las aportaciones al arco del plasma se usan en aquellas situaciones en las cuales:

- Se necesita aplicar un material imposible de fundir por los procesos convencionales
- Se necesiten capas de extraordinaria densidad

- Se necesitan capas que no requieran un maquinado posterior
- Se necesitan capas de muy alta resistencia al choque térmico

Las instalaciones al arco de plasma se imponen para la aplicación de capas bajo condiciones de gran rigidez o donde se necesitan aportar materiales en forma de polvo que funden a temperaturas que solo son alcanzables por este tipo de equipos.

En medio de los parámetros de temperatura química y nuclear que desarrollan estos procesos, existe todavía una gran área la cual no está estudiada en su totalidad y sigue en investigación. El jet plasma se encuentra en el rango inferior de esta área, produciendo temperaturas superiores a las conseguidas por reacción química.

TEORIA DEL GENERADOR DE PLASMA

Las partículas que llevan una carga eléctrica a través de un espacio o gap constituyen el plasma. Este es generado a temperaturas elevadas alrededor de los 10.000 °F (5.537 °C), cuando un gas inerte es pasado a través de la descarga eléctrica entre dos electrodos. Los átomos del gas y las moléculas son bombardeados con electrones en la descarga y es entonces cuando se activan tanto que la liga entre ellos falla. Las colisiones resultantes entre las moléculas y los átomos provocan electrones sueltos. Estos se mezclan con iones cargados positivamente y los átomos neutrales producen un vapor de ionización. El nivel de colisión se incrementa, la temperatura se eleva y el vapor produce una energía radiante. Así es producido un alto disturbio, conocido con el nombre de plasma. Las temperaturas extremadamente elevadas son el resultado de la combinación de la energía eléctrica y la energía molecular convertida a calor.

ESTABILIZACION DEL ARCO

Fuerzas magneto-hidrodinámicas son desarrolladas por la interacción de la presión cinética del arco del plasma y la compresión del campo magnético autoinducido. Las fuerzas, combinadas con el efecto centrífugo causado por la rotación del fluido inyectado, confieren esa estabilidad

GENERADOR DEL PLASMA CON GAS ESTABILIZADO

Este es el tipo más ampliamente usado de generador de plasma. El gas es inyectado dentro de la cámara, pasa a través del arco y es expulsado por el ánodo eyector. Un chorro intenso se forma cuando el gas rota dentro de la cámara. El alto gradiente de velocidad en la perifería ayuda a enfriar la cámara. La posición de baja velocidad, baja presión a lo largo del eje que contiene el arco, se extiende desde el cátodo a través del chorro del gas hasta el ánodo. La longitud del arco se determina por el tipo de gas, la forma del eyector y el poder disponible. Se requiere de agua de enfriamiento para la cámara y el ánodo.

Las pistolas de plasma pueden ser usadas, ya sea como una fuente de poder o como un dispositivo de aspersión de plasma. El agua de enfriamiento se determina para enfriar los electrodos y las partes adyacentes. El agua es convertida dentro del área del eyector a través de un tubo de entrada de agua y pasajes integrados en el equipo. Es entonces, forzado hacia el área del cátodo y finalmente drenado desde la pistola por el tubo de salida.

El poder eléctrico es introducido via cables que yacen concéntricamente dentro de la tubería de alimentación de agua. El cable positivo, localizado en el tubo de entrada de agua, está conectado al ánodo. El cable negativo de poder, localizado en el tubo de salida de agua, está conectado a el cátodo.

El gas de trabajo se introduce a través de un tubo dentro de la región del arco. Puede usarse gas monoatómico o diatómico. El helio o el argón son recomendados como gases monoatómicos y el nitrógeno como gas diatómico. El tipo de gas usado depende del requerimiento que se tenga. Si se desean temperaturas máximas, puede usarse helio, cuando el requerimiento es de alta entalpía con economía, el nitrógeno deberá ser el gas usado.

FUENTE DE PODER

Una unidad típica de poder para un sistema de plasma provee una fuente de corriente directa para operar este sistema. Incluidas en cada fuente está un circuito para controlar la corriente inicial y un circuito térmico de protección para evitar sobrecargas con la intención de prevenir sobrecalentamientos de la propia fuente.

CONSOLA DE CONTROL

La función de la consola de control es la de controlar la cantidad de flujo de agua y de gas a la pistola y la cantidad de poder aplicado a la misma. Durante la aspersión esta unidad también controla el gasto y cantidad de potencia introducida al plasma.

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

El agua, el gas y los controles de potencia están entrelazados de tal manera que si se desarrolla una falla durante la operación del sistema, la fuente de poder se apagará. La fuente de poder no podrá ser reestablecida si la falla no ha sido remediada. Un apagador del flujo de agua en el sistema de enfriamiento protege a la pistola de sobrecalentamientos o de quemarse debido a la falta de enfriamiento adecuado. Si el flujo de agua cae por debajo del mínimo de seguridad establecido de (1.2 g.p.m.) o (7.2 lt.p.m.), el apagador del sistema se abre y la potencia se apaga. Al mismo tiempo, la luz roja en la consola de control indicará una condición defectuosa de operación.

La alarma del flujo de gas, protege contra un bajo flujo de gas al sistema. Podría ocurrir un daño a la pistola si el flujo de gas no fuera adecuado. A menos que el flujo de agua y gas estén en el gasto adecuado, la fuente de poder no puede ser encendida.

El término gas primario o gas de trabajo se refiere al gas que se suministra en mayor proporción para sostener el arco en la pistola. El término gas secundario o gas de mezcla se refiere a un volumen menor de un gas auxiliar el cual es adicionado y que puede ser enviado a la pistola ya sea con el gas de trabajo o por separado.

3.4.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS VHOFF

El sistema de chorro de diamantes eficientemente usa alta energía cinética, controlando la salida de los BTU con la que se consigue alta densidad y muy baja porosidad en las capas rociadas por este proceso. También exhiben elevada adherencia, mostrando una superficie fina en textura.

Una de las características fundamentales es la presencia de bajas tensiones residuales con espesores normales de aplicación, comparada con los obtenidos por procesos convencionales. El proceso usa una mezcla de oxígeno y gas combustible, como lo son el propileno y el hidrógeno. Los gases de combustión son mezclados en un sifón colocado en la parte frontal de la pistola. Una mezcla de gases controlados son proyectados desde la boquilla para su ignición externa. La ignición de estos gases genera una flama circular cercana a los polvos de material como un flujo directo dentro de la pistola y dentro de la flama.

(véase fig. 14).

La temperatura de combustión es aproximadamente de 5,000 °F (2,700 °C), esta flama circundante provee un uniforme calor y punto de fusión a los polvos corrientes. Las partículas del polvo fundido son acelerados por un flujo de aire comprimido. Preseleccione los flujos de aire como se especifica para cada polvo y optimize los paros de la flama, las velocidades obtenidas típicamente en este proceso son aproximadamente de 4,500 ft/s (1,372 m/s).

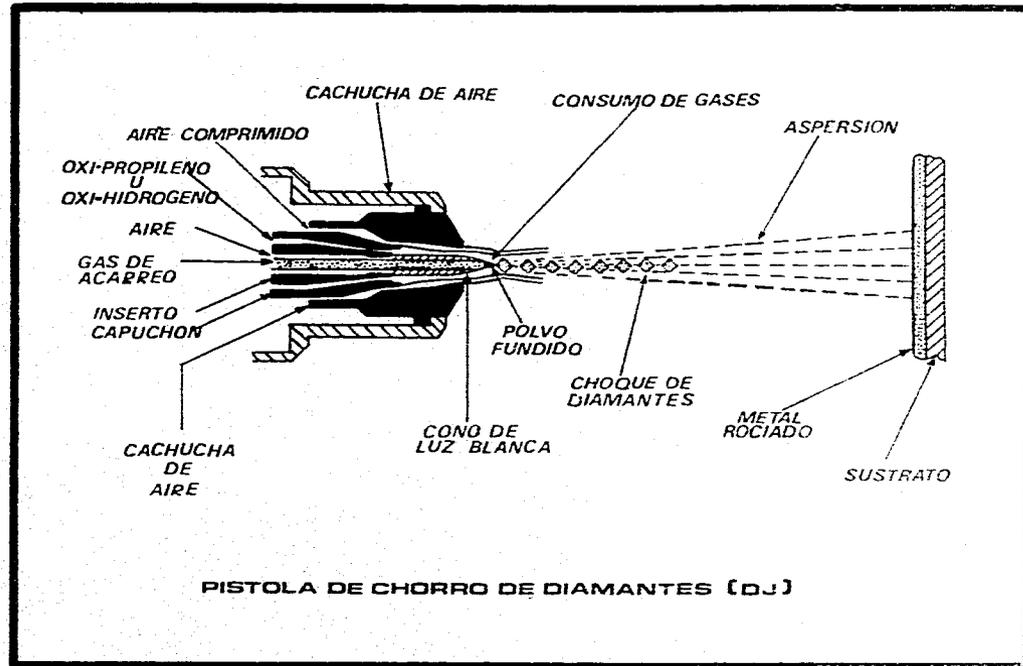


figura 14.

El equipo también es enfriado por aire y consta de un circuito de luz en la consola de control interconectado para detectar la falta de este. Estas características eliminan la necesidad de monitorear el agua de enfriamiento que controla la temperatura y consta también de un circuito de control secundario especial para el manejo del hidrógeno.

Los polvos empleados son de tamaño de partícula específico que permite optimizar la fusión. Una cama de polvo fluidizada es usada con una velocidad exacta con rangos de alimentación controlados. Este alimentador asegura la calidad y consistencia de las capas de aporte. A continuación mencionaré las características principales: velocidades elevadas de las partículas, rangos de proyección controlados, inyección central de polvo, puntos de fusión uniformes entre la energía cinética y la térmica sobre las partículas de polvo.

PROCESOS Y CARACTERISTICAS DE LA CAPA

Los sistemas D.J. (Diamond Jet) permiten control exacto del proceso térmico y las variables cinéticas para obtener eficiencia y depósitos en repetición de capas con calidad. Estas aplicaciones permiten llevar a cabo resultados reproducibles después de cierto tiempo y éstas muestran buena dureza, densidad, adherencia y prácticamente están libres de tensiones.

DENSIDAD

Las capas obtenidas con los equipos D.J. desarrollan alta densidad, como una función de la elevada energía cinética asociada a este proceso. Las partículas se impactan sobre el sustrato, causando la deformación de las partículas fundidas difundiendo dentro de todos los sitios disponibles de la red o poros.

Esta energía cinética y el momento de transferencia producen un alto grado de esfuerzos de compresión sobre las capas, permitiendo una capacidad extraordinaria de resistencia que no se consigue con los procesos convencionales como el termorociado.

RESISTENCIA AL DESGASTE

La resistencia al desgaste es una característica de los materiales para resistir los ataques de los medios en su operación. Dichas capas tienden a mostrar una conducta al desgaste superior, como un fenómeno atribuido a la combinación de parámetros como la dureza, baja porosidad y la excelente cohesión interpartícula.

El rociado por medio de los procesos convencionales causa generalmente descarburizaciones de las partículas. Las altas velocidades de la D.J. reducen los tiempos de permanencia de las partículas en la flama y por lo tanto reducen este tipo de daño. El resultado final, acrecenta el desarrollo del desgaste por la difusión de átomos de material endurecido a la superficie del recubrimiento contribuyendo fuertemente a la formación de una capa resistente al desgaste.

ESFUERZOS DE TENSION

Los esfuerzos de adhesión de las capas aplicadas con sistemas D.J. son significativamente elevadas comparadas con aquellas llevadas a cabo con otros métodos de rociado térmico. Esto se cree es una función de la combinación de las altas velocidades de las partículas y la alimentación axial del polvo en el centro de la flama de combustión. Los esfuerzos de las partículas, en particular la de los carburos de tungsteno/cobalto alcanzan rangos de adhesión del orden de las 12,000 PSI, como lo demuestran los procedimientos de la norma ASTM-633-76.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

DUREZAS

Las durezas de las capas dependen sobre todo de los materiales de composición. Las fuerzas cohesivas entre las partículas, libres de porosidad, las altas capas integradas y la presencia de agentes intersticiales duros son algunas de las características que les confieren dicha propiedad.

ALTOS ESPESORES DE CAPA

Los límites de espesor observados por las capas de la D.J. son invariablemente grandes, aunque el mecanismo exacto no está completamente entendido. esos altos límites de espesor son atribuidos a la excelente adhesión-cohesión, que reduce los niveles de tensión.

MEDIDAS DE SEGURIDAD GENERALES PARA LOS DIFERENTES PROCESOS.

El rociado por flama puede ser peligroso ya que se requiere el uso de gases combustibles como se ha venido mencionando, incluye el manejo de tanques y mangueras de baja y alta presión, al mismo tiempo de que se produce un rocío de materiales tóxicos e irritantes. También se produce aire contaminado con polvo, vapores, etc.. Sin embargo, este proceso puede ofrecer seguridad absoluta cuando es usado por personal capacitado, con habilidad adecuada en el manejo de las técnicas de rociado, que conozca su equipo, que sea minucioso y cuidadoso en la operación del mismo y que observe las medidas de precaución necesarias.

REDUCCION DEL PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION.

Recuerde siempre que el chorro de metal fundido sale a temperatura elevada. Apunte la pistola encendida en dirección opuesta a donde se encuentre usted, sus compañeros de trabajo o cualquier material combustible. Descuidos al apuntar la pistola a papeles, maderas o trapos con aceite pueden producir fuego. Tenga especial cuidado de no proyectar el chorro sobre las mangueras cuando se este encendiendo la pistola, las mangueras se pueden quemar, mantenga la flama fuera del alcance de estas.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Mantenga siempre el equipo de rociado en buenas condiciones. Siga las recomendaciones para mantenimiento dadas en los manuales del fabricante.

RETROCESOS DE FLAMA

Estos retrocesos se pueden evitar con un mantenimiento adecuado. Inspeccione los equipos y los accesorios relacionados antes de comenzar a rociar. Un retroceso puede ser producido por un escape en el asiento de las boquillas, por suciedad atrapada en los chiflones de las boquillas, por hacer uso de un casquete o cachucha incorrecta, por presencia de aceite en el oxígeno, etc..

POLVOS METALICOS

Todos los polvos que tienen un valor calorífico considerable pueden ser explosivos. Estos tipos de polvos incluyen: harinas, almidones, polvo de goma duras, harina de maderas, polvo de aluminio, etc..

Los polvos de aluminio y magnesio son particularmente peligrosos. Se debe de tener extremo cuidado al manejarlos.

Para disminuir el peligro de una explosión, se debe de proveer suficiente ventilación a las cabinas de rociado y a los lugares cerrados donde se rocíe. El propósito es el de evitar la acumulación de vapores y polvos. Es esencial que se mantenga limpia el área de trabajo. Se debe de limpiar e inspeccionar estas áreas regularmente para asegurarse de que no haya acumulaciones de polvo que serían potencialmente peligrosas.

Se debe de usar un colector de polvos con cortina de agua preferentemente. Todo polvo que se colecte deberá estar mojado y debe mantenerse sumergido en agua. No se deben de permitir acumulaciones de polvos secos o parcialmente mojados. Todos los colectores cerrados deben de constar de salidas de escape y secciones de paredes que cedan en caso de explosión. Todos los ventiladores, tuberías, recogedores de polvos y motores deben de tener contacto a tierra. Los motores deben de estar localizados fuera del sistema de conductores internos.

Cuando se limpien las cabinas, las tuberías, etc., el ventilador del extractor se debe de mantener encendido para evitar la acumulación de vapores y polvos en el sistema. Se deben de ocupar herramientas que no produzcan chispa cuando se vaya a hacer cualquier tipo de reparación.

Cuando se vaya a vaciar el colector de polvos, se deben de eliminar a los alrededores cualquier equipo que pueda generar fuego. Cuando se vayan a realizar reparaciones en el sistema no se debe aplicar soldadura o cortar metal en la cabina hasta que el equipo se haya lavado y se haya removido toda traza de polvos metálicos.

PRECAUCION CON LOS CILINDROS DE GASES.

Se deben de observar siempre los reguladores locales pertinentes al efectuar el almacenamiento de los cilindros de gases. El almacenamiento, manejo y uso de los cilindros de oxígeno y de gas combustible se deben de hacer de acuerdo con las normas Z49.1. " Seguridad en soldadura y corte acetilénica " de la American Standard y de acuerdo con las regulaciones descritas en el panfleto P.1. " Seguridad en el manejo de gases comprimidos ", del Compressed Gas Association.

Los cilindros de gases llenos son potencialmente peligrosos. Nunca se debe de poner un cilindro de gas en posición peligrosa. Mantenga los cilindros lejanos a las fuentes de calor. Siempre encadenen los cilindros para evitar que estos se vuelquen. Ponga los gorros de las válvulas en los cilindros cuando no se estén usando.

No se debe de colgar una pistola por sus mangueras en los reguladores o en las válvulas de los cilindros, ya que esto puede producir una explosión. Antes de mover cualquier cilindro, primero se debe de cerrar la válvula, descargar, desmontar el regulador y poner el gorro sobre la válvula. Nunca se debe de usar aceite o grasa en el equipo de oxígeno.

REDUCCION DE LOS PELIGROS A LA RESPIRACION

Es necesario tener una cabina y un sistema de extracción adecuados para evitar los efectos tóxicos o nocivos de los polvos y los vapores que se generan en el proceso de rociado. Para lugares abiertos y con buena ventilación natural no son necesarios. Para trabajos ordinarios de rociado se requiere una velocidad lineal de aire de 200 ft³/min, a través de la entrada de la cabina. Cuando el equipo esta en operación, el sistema extractor debe de ser capaz de extraer 200 ft³/min de aire a la entrada de la cabina.

Si esta entrada tiene un área de 4 ft², El sistema extractor debe de tener una capacidad para extraer 800 ft³/min. En el caso de que exista duda en la efectividad de los sistemas de ventilación y de extracción, o sobre la presencia de partículas flotantes o en suspensión en el aire que el operario pueda inhalar se debe de consultar con el departamento de seguridad industrial.

Todas las condiciones de buena calidad de aire y de condiciones en general de trabajo vienen regidas por las recomendaciones dadas por la American National Standard Institute, el American Conference of Governmental Hygienists y el Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

LIMITES ACEPTABLES DE MATERIALES NOCIVOS EN EL AIRE

A continuación resumiré los límites de seguridad para exposición a ciertas atmósferas por no más de ocho horas de trabajo cotidiano:

Antimonio y sus componentes	: 0.500 mg/m ³ (en forma de Sb)
Plomo	: 0.200 mg/m ³ (en forma de Pb y sus compuestos orgánicos)
Cadmio	: 0.100 mg/m ³ (en forma de Cd)
Cromo y Cromatos	: 0.100 mg/m ³ (en forma de CrO ₃)
Cobre	: 0.100 mg/m ³ (en forma de vapor) : 1.000 mg/m ³ (en forma de polvo)
Manganeso	: 5.000 mg/m ³ (en forma de Mn)
Níquel, metal y compuestos	: 1.000 mg/m ³ (en forma de Ni)
Carbonilo de níquel	: 0.007 mg/m ³ (en forma de Ni)
Dióxido de nitrógeno	: 9.000 mg/m ³
Vapores de óxido de zinc	: 5.000 mg/m ³

REDUCCION DE RUIDOS PELIGROSOS

El nivel de ruido de cualquier lugar depende de factores tales como: los parámetros de operación del equipo, el ruido ambiental de fondo, el tamaño del cuarto de extracción o del espacio donde se trabaje, el tamaño de las paredes y los materiales de construcción del suelo, así como del techo.

3.5.- ALAMBRES Y POLVOS MAS EMPLEADOS PARA PREVER LA CORROSION.

3.5.A.- CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES (ALAMBRES Y POLVOS)

La búsqueda de nuevos caminos en el ámbito de la investigación, la obligación de buscar las mejores alternativas que nos permitan superar el atraso tecnológico en materia de recubrimientos, la necesidad de satisfacer requerimientos cada vez más grandes; proporciona el marco referencial para comenzar a incursionar en campos de investigación que aún no han sido explorados con la finalidad de encontrar la respuesta a las interrogantes planteadas.

El objetivo es encontrar cuales serán las mejoras que habrán de efectuarse en las tecnologías existentes, tratando de actualizar los métodos en uso o bien, otro recurso será el de incursionar en nuevas técnicas para depositar diversos materiales que constituyan el punto fundamental de avanzadas técnicas en esta materia en países industrializados.

En la mayor parte de las tecnologías que están en uso actualmente, el estado gaseoso y el líquido se constituyen como el principal centro de atracción, ya que alrededor de estos estados de agregación han girado gran parte de los estudios de las últimas décadas. Sin embargo, el estado sólido puede constituirse como la alternativa buscada para los nuevos estudios a realizar, así como, las proyecciones a alta velocidad.

El estado sólido en forma de polvo provee un amplio campo de estudio, ya que sus propiedades y mayor estabilidad en su estructura cristalina, permite visualizar más fácilmente los fenómenos que ocurren dentro de ellas. Estos cambios no requieren de una fuerza externa muy grande, ni de procedimientos mecánicos complicados, solo necesitan de una ligera perturbación térmica que afectará la estabilidad del cristal.

Las aplicaciones del uso de los alambres y en especial la de los polvos está encaminada a realizar recubrimientos sobre cualquier clase de material, los cuales estarán sujetos a rigurosos esfuerzos dentro de las operaciones de la industria en general. Hasta la fecha solo se emplea la vía húmeda como el vehículo para la realización de recubrimientos metálicos, sin embargo, en la presente tesis se pretende dar a conocer las ventajas del empleo de estos productos para elaborar el mismo recubrimiento con mayores ventajas relativas.

Para poder cumplir con este objetivo se acudirá al análisis general de las propiedades que presentan los materiales para aspersar en su estado sólido, así como, las diversas modificaciones que sufren bajo el efecto de los cambios térmicos.

Se ha establecido previamente que uno de los puntos que tiene mayor relevancia dentro de este proceso, es el de delimitar claramente las necesidades finales que deberá tener el material que se va a recubrir, los esfuerzos a los que estará sometido, el ambiente corrosivo al que estará expuesto, el tipo de fluido que se manejará sobre de él y la temperatura de operación máxima ya sea esta intermitente o permanente.

Al contar con esta información bien clasificada, se estará en condiciones de seleccionar el material que ofrecerá los resultados que se desean o bien adentrarnos en la estructura misma del sólido para operar los cambios necesarios que aseguren el buen funcionamiento que se espera del aporte.

Es lógico pensar cuál es el fundamento que permite aseverar que los materiales para aspersar son la nueva alternativa para realizar recubrimientos protectores y para ofrecer la respuesta que satisfaga esta inquietud, es necesario acudir a la base de un sólido; su estructura cristalina. En ella se encuentra el porque de la estabilidad del cristal ya que su densidad de empaquetamiento está mejor definida que la que poseen los líquidos y gases, además existe un mayor número de enlaces de átomos, el tamaño de estos y la orientación que tienen los enlaces hace por tanto del estado sólido una estructura más estable.

Se sabe que la estructura ideal, por así decirlo, es la estructura cúbica simple, pues ofrece mayor facilidad de manejo y la regularidad que presenta en la distribución de los electrones permite ubicarlos mejor en el espacio y así poder apreciar mejor las transformaciones que sufre en sus interacciones con el medio que los rodea. El hecho de comprender como se comportan las estructuras cristalinas, permite preparar los cambios que serán necesarios para obtener mejoras en las características del cristal. La mayoría de estos cambios se manifiestan como intercambio de iones originales por otros diferentes en el arreglo, reubicaciones de los iones ya existentes hacia sitios vacantes, llamados "desordenes", disminución del espacio libre del empaquetamiento haciéndolo más denso o la sustitución de iones nuevos que aunque no cubran totalmente el espacio que se pretende ocupar, el empaquetamiento realizará ajustes para compensar la diferencia en carga.

Todas estas características se engloban en una sola manifestación llamada DIFUSIÓN, la cual es un proceso en el que el movimiento de átomos desde una posición normal a un sitio vacante adyacente es energéticamente más favorable para estructuras bien definidas y la velocidad a la que ocurre depende de la facilidad del movimiento del átomo hacia el sitio vacante y de la concentración de estos. Es necesario establecer que durante el movimiento de un átomo hacia otro sitio dentro del arreglo, obedece a una serie de cambios previos que contribuyen a propiciar la movilidad de los átomos o sea que para efectuar un cambio, éste tiene que ser consecuencia de otros y que conlleva a obtener una mejor estructura.

No es posible descartar la probabilidad de que estos fenómenos también ocurran en un sólido no cristalino, pues este solo difiere de la simetría cristalina que el primero presenta y de las irregularidades de su orientación, también llamada falta de periodicidad.

La mayoría de los sólidos no cristalinos pueden ser formados por enfriamientos rápidos de vapores saturados o enfriamientos de líquidos como el caso del vidrio; en ambos casos, los métodos de formación son variados pero encaminados hacia un mismo fin. Sin embargo, en los vidrios se introducen otros términos como cristalización, tiempo de relajación, etc., que describen propiedades muy características de él, además al hablar de velocidades de enfriamiento se estará haciendo referencia a diferentes comportamientos del vidrio durante su proceso de formación. lo que conduce a pensar que diferentes velocidades de enfriamiento corresponden a diferentes tiempos de relajación y con ello a diferentes configuraciones de la capa.

Estos planteamientos nos llevan a formular una idea más clara de lo que es un recubrimiento y el porque es considerado como un sólido cristalino, aunque ello no restringe la posibilidad de que se manifiesten los fenómenos de las redes cristalinas, solo que estas manifestaciones serán más viables de suceder en un cristal que no es geométrico.

Todas aquellas particularidades que poseen los sólidos cristalinos y el conocimiento de las modificaciones que se operan en las estructuras mismas, ofrece la herramienta adecuada para desarrollar los trabajos necesarios para poder llegar a manejar los materiales de aportación en propio beneficio. El hecho de conocer a fondo la estructura que poseen estos materiales que se pretende que formen una película protectora sobre otros materiales o sustratos, indicará en un momento determinado cual será la metodología a seguir para lograr las propiedades finales deseadas. Estas propiedades pueden mejorarse en base a lo que poseen los materiales originalmente o bien conferir propiedades específicas a través del recubrimiento.

Como se ha podido observar, el común denominador en los factores que afectan las propiedades térmicas se traducen en cuestiones estructurales y agentes externos, como lo son la aplicación de esfuerzos y la temperaturas. Sin embargo, cabe mencionar que estos factores tienen una relación intrínseca que se puede palpar, ya que las condiciones de trabajo muy severas a las cuales la pieza es sometida, se transfiere en aplicación de esfuerzos al material y de este modo un cambio en la estructura tendrá lugar.

Es comprensible que la temperatura y por ende la presión generen esfuerzos que repercuten en el comportamiento del material observando alteraciones en sus magnitudes. Estas perturbaciones pueden ser dirigidas a fin de obtener la mejoría en las propiedades deseadas.

Para las propiedades eléctricas se tiene como fundamento la conducción de la electricidad. Materiales semiconductores son empleados para aplicaciones especiales tales como: elementos de resistencia al calentamiento. Materiales conductores son usados en el campo de los rectificadores, las fotoceldas, los transistores, los detectores y moduladores, los cuales han llegado a ser parte primordial de la electrónica moderna.

Al hablar de las propiedades eléctricas, solo se mencionarán los criterios generales, comenzando por establecer que los átomos se unen debido a cargas eléctricas y que estas deben de estar balanceadas para ofrecer una estructura estable y que no sea propensa a cambios repentinos por variaciones ligeras en campos internos y externos.

Se sabe que la conducción en los materiales es el resultado del movimiento iónico o electrónico a través de una masa o de un cuerpo y que depende en forma muy directa de la facilidad con la cual los electrones puedan moverse alrededor del cuerpo mismo. La conductividad puede verse afectada por los siguientes factores:

- 1).- Composición del material
- 2).- El tamaño de la pieza o artículo por realizar
- 3).- La densidad y la textura del material

- 4)- La forma en la que se hace el tratamiento térmico
- 5)- La magnitud del calentado del material durante el quemado
- 6)- El efecto piezo-eléctrico
- 7)- El tiempo de exposición a la corriente eléctrica
- 8)- La temperatura a la que la pieza trabaja
- 9)- Alteraciones en la composición química y estructural del material

Esto último es el factor más relevante pues la conductividad está íntimamente ligada con la concentración de impurezas. Esto resulta del hecho de que las impurezas introducen nuevos niveles de energía localizados para los electrones intermedios, entre las bandas de valencia y la banda de conducción. El nuevo nivel de energía no es ocupado y se sitúa cerca de la banda de valencia, excitando los electrones de afuera de la banda que está llena y llevarlos hacia nuevos niveles "aceptadores", lo que ocasionaría un hueco en la banda de valencia que puede contribuir a la conductividad eléctrica.

Estos criterios ayudan a ubicar mejor el análisis de las diversas propiedades de los materiales **aspersados**, para que ha su vez nos conlleven a conformar un marco más amplio en materia de las ventajas que poseen estos materiales en conjunto. Algunas de las ventajas son: la ausencia de deslizamientos a la deformación bajo esfuerzos a la temperatura ambiente, su habilidad de formar sellos de gas cerrados con los metales, además de su estabilidad durante cambios en la temperatura ambiente, donde los plásticos se oxidan, gasifican y se descomponen.

Como se ha planteado, la mayor parte de las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas y magnéticas son producto de una estructura bien definida así como, de factores físicos como lo es su composición química, el tamaño y distribución de las partículas.

Todas aquellas imperfecciones, defectos o perturbaciones a dicha estructura pueden generar cambios sustanciales que se verán reflejados en la calidad final que exhiban los recubrimientos. Los principales factores que afectan a la dureza son:

- 1)- La naturaleza del material y en especial su textura
- 2)- El modo de preparación de la pieza
- 3)- El grado de consolidación
- 4)- El calentamiento excesivo de las partículas
- 5)- La distancia de rociado

Por lo que se puede resumir que los sistemas de aspersión son un excelente medio de protección anticorrosiva de aceros y fierros en casi cualquier grado deseado, desde recubrimientos de gran duración hasta recubrimientos sumamente baratos los cuales compiten en precio con sistemas como las pinturas y en particular hablenos de aquellos sistemas que se basan en recubrimientos rociados de aluminio y zinc, y ya que por lo extenso del ramo se complica el espacio para hablar de todos los existentes.

Se pueden aplicar recubrimientos gruesos para resistir condiciones corrosivas más severas y proporcionar de 15 a 20 años de protección sin necesidad de un mantenimiento posterior. Los recubrimientos rociados también sirven como base para pinturas o acabados plásticos. Las pinturas o acabados plásticos aplicados directamente al hierro o a los aceros frecuentemente fallan debido a la existencia de corrosión debajo de la capa aplicada y a la carencia de una buena adherencia. Los recubrimientos metálicos evitan que la base se corra y proporcionan una fuerte adherencia a las pinturas.

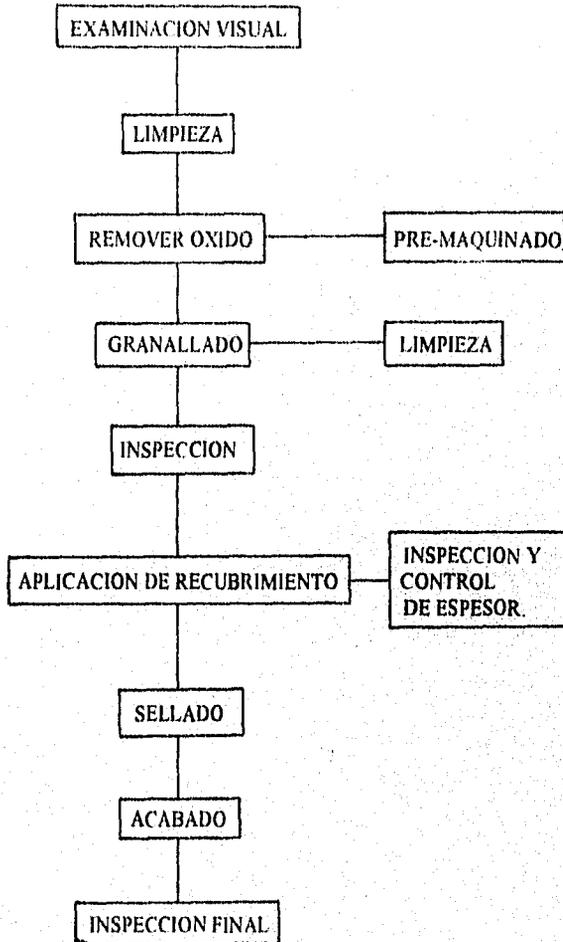
Por lo que para esperar buenos resultados sugiero se apege a las recomendaciones de aplicación descritas en el esquema No 1. Los metales base tales como el zinc y aluminio requieren de una gran cantidad de trabajo (mecánico, térmico y químico) para transformar el mineral metablero a una forma usualmente metálica. Lo que nos obliga a estudiar y determinar cualquier cambio que sufran, por lo que nos vemos en la necesidad de aplicar revestimientos para conseguir un estado de baja energía.

El oxígeno como sabemos es el promotor de la mayoría de los metales y el producto corrosivo formado más común de muchos de ellos son los óxidos. Algunos materiales que actúan químicamente como el aluminio que tiene resistencia a la corrosión, por su forma inerte de actuar, formando una película adherente del óxido correspondiente, siendo esta última la que le confiere esa propiedad de resistencia a la corrosión.

La temperatura tiene un marcado efecto en la gran mayoría de los reactivos químicos, algunas soluciones que son relativamente inherentes con algunos grados de temperatura se vuelven muy agresivas. Los efectos de la temperatura varían para los diferentes metales y reactivos, en general, el calor incrementa la velocidad de reacción, pero no necesariamente como una función lineal de la temperatura.

El número de P.H. de una solución es una medida de la concentración de iones hidrógeno, este número se consigue de una función logarítmica inversa. Si el P.H. de una solución es 7, esta es neutra. Si el número es inferior esta es ácida y si es superior es alcalina, cada punto representa un cambio en concentración de iones hidrógeno.

SECUENCIA DE APLICACION



La naturaleza de las películas formadas en la superficie en un medio en particular, a menudo determina la resistencia a la corrosión. Como se menciona, el aluminio depende de una película inherente apretada de Al_2O_3 , que le confiere esa resistencia a la corrosión.

La película conformada por el zinc, en soluciones neutras o ligeramente alcalinas, es totalmente estable y tiende a retardar el ataque. El zinc trabaja mejor dentro de un rango de P.H. entre 8-12. En soluciones ácidas o clorhídricas las películas son permeables, no adherentes y de una buena solubilidad con aceptable resistencia a la corrosión, pero no se ligan efectivamente.

Estas películas tanto de zinc, como de aluminio, comúnmente son llamadas " películas de conversión " brindando un servicio de doble propósito, el primero es el de reducir la superficie activa y el otro el de promover un vehículo o anclaje para las pinturas. Las reacciones que intervienen en la producción de películas de conversión tienden a verse debilitadas cuando los metales rociados son altamente porosos que permitan ataques internos.

**RESUMEN DE LOS SISTEMAS
ANTICORROSIVOS MAS EMPLEADOS**

SISTEMA No. 1

SISTEMA PARA LA PROTECCION DE HIERROS Y ACEROS CONTRA LA CORROSION EN ATMOSFERAS RURALES, INDUSTRIALES Y SALINAS, ASI COMO POR CONTACTO CON AGUA POTABLE

RESUMEN: Este sistema protege a hierros y aceros contra la corrosión a bajo costo en diferentes medios. Este produce una protección a largo plazo en todo tipo de estructuras fabricadas en base al acero, tales como: puentes, torres y tanques expuestos a atmósfera rural. En atmósferas industriales y salinas donde la protección a bajo costo juega un factor importante, es posible brindar protección con expectativas de vida aproximadas a los 20 años de duración. Y también ofrece la alternativa de protección para todas aquellas piezas expuestas a baños de agua no potable. Este sistema consiste en la aplicación de una capa de zinc aspersada y una capa de sellador bajo las siguientes condiciones: Sellador fenólico de secado al aire:

Temperatura de servicio: 145-205 °C (300-400 °F) continuo

205-260 °C (400-500 °F) intermitente

Sellador vinil de aluminio:

Temperatura de servicio: 80-180 °C (180-360 °F) continuo

Los selladores forman una película firmemente adherida al zinc sin ampollamiento. Sobre periodos de tiempo largos, los selladores gradualmente se van perdiendo dejando a la vista la capa del material aspersado. Como el zinc trabaja de una forma anódica a los aceros, provee una protección electroquímica.

Los óxidos de zinc formados en superficie por lo tanto, son disipados muy lentamente. Para largos intervalos de tiempo en duración o presencia, las capas de los selladores gastadas pueden ser removidas para mantener la apariencia. Este proceso de resellado es fácil y no costoso, ya que no se necesita eliminar ni óxido, ni herrumbre. Es muy común recurrir a estos sistemas sobre todo cuando hablamos de estructuras donde no es fácil el acceso para conseguir una óptima preparación de superficie. Use este sistema cuando sea necesario cortar los costos para prevención de la corrosión, el capital a invertir puede ser bajo, así como, los factores de riesgo pueden ser reducidos enormemente.

Aplicaciones típicas:

Estructuras en general, fábricas de acero, líneas de poder en equipos, exteriores de tanques de almacenamiento, superestructuras de navíos, caballetes, transformadores, entradas de plantas de energía, estructuras inmersas en agua dulce, cubiertas de embarcaciones que operan en aguas dulces, muebles de patios y jardines.

Especificaciones del rociado:

Material.- El alambre a usar puede ser de 1/8 in (3.2 mm) o 3/16 in (4.8 mm) de diámetro con una pureza del 99.0 % de zinc. El recubrimiento metálico se debe aplicar a un espesor mínimo de 0.002 in (0.05 mm). Este espesor mínimo está basado en un promedio nominal de 0.003 in (0.08 mm), posterior a este se aplica una capa de sellador de primario fenólico y como capa de terminado una capa de vinil de aluminio.

SISTEMA No. 2

PROTECCION DE MATERIALES FERROSOS CONTRA

LA CORROSION EN AGUA DULCE POTABLE

RESUMEN: Este sistema protege tanto a hierros como a aceros de la acción corrosiva causada por su inmersión en agua dulce potable a una temperatura inferior a 50 °C (125 °F) y una gama de P.H. que abarca desde 6.5 a 12. Es utilizado ampliamente para la protección de interiores de tanques de almacenamiento de agua dulce potable y en tuberías de transportación de agua con las mismas características. También puede ser usada en aquellas secciones que tengan que ver con productos alimenticios ya que requieren un sellado posterior de cromato.

Los galvanizados logrados por medio de baños calientes, por lo general dan buenos resultados, pero con la aplicación del zinc por aspersión el tiempo de servicio se incrementa de 3 a 5 veces. Además, es una excelente base para las pinturas. Es necesario que las pinturas aplicadas sobre los aceros sean impermeables para brindar una mejor protección. Cuando hay alguna falla local en la pintura puede surgir corrosión diseminada que facilite la penetración del agente a la estructura. Aunado a esto, la corrosión, en el punto de fallo, se extiende bajo la pintura causando pérdida de adhesión y rápido desprendimiento.

Este sistema consiste de un recubrimiento de 0.008 in (0.2 mm) de espesor. El recubrimiento no requiere tratamientos posteriores, tan pronto se ha terminado el rociado esta listo para usarse. El zinc es anódico al acero y proporciona protección electroquímica.

La vida de estas capas esta en función del espesor. La protección electroquímica que da el recubrimiento de zinc hace imposible que el sustrato de acero se corra, esto es posible siempre y cuando haya presencia de zinc.

Se recomienda en particular para superficies que no sean completamente accesibles para lograr una preparación de superficie óptima. Cuando se especifica el sistema sobre las piezas con diseño original (nuevas), se pueden fabricar más ligera y más económica la protección con zinc, ya que no se requiere un factor de seguridad mayor en la prevención de futura corrosión.

Aplicaciones típicas:

Tanques de almacenamiento de aguas dulces, tuberías, acueductos, canales de filtración, etc.

Especificación del rociado:

El alambre deberá de ser zinc con una pureza del 99 % y el recubrimiento metálico se debe aplicar a un espesor mínimo de 0.008 in (0.2 mm). Este espesor mínimo está basado en un promedio nominal de 0.010 in (0.25 mm).

SISTEMA No. 3

PARA LA PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN EN ATMÓSFERAS RURALES E INDUSTRIALES DE LOS MATERIALES FERROSOS, ASÍ COMO, LA PROTECCIÓN CONTRA INTERFERENCIAS POR RADIO FRECUENCIAS

RESUMEN: Este protege tanto a los hierros como a los aceros contra la corrosión en atmósferas rurales e industriales donde las pinturas, los esmaltes y la galvanoplastia no son adecuados y donde se requiere protección a bajo costo que se puede aplicar in situ sin que haya distorsión. Se recomienda también como "un escudo" contra las interferencias de radiofrecuencia. Consta de un recubrimiento de alambre de zinc aspersado a 0.003 in (0.1 mm) de espesor. Y no requiere ningún tratamiento posterior al rociado. La resistencia anticorrosiva del zinc al proteger a los metales ferrosos es bien conocida. Tales recubrimientos, aún cuando sean delgados, proporcionan una larga vida a un bajo costo. Algunas veces los recubrimientos protectores sufren daños mecánicos con el uso o al transportarlos. Si esto sucede, la oxidación progresiva no puede tener lugar en una superficie protegida con este sistema, como sucedería en el caso de las pinturas. El zinc es anódico al acero y proporciona una protección electroquímica. Si se aplica adecuadamente y con la composición química sugerida, se evita la corrosión durante muchos años.

Su empleo se dirige a donde no se requiera un color específico y donde la apariencia no tiene mucha importancia. Se utiliza generalmente en estructuras y partes de máquinas que tengan una vida de unos 20 años cuando menos, que es relativamente corta en comparación con la de los puentes, tanques, etc.

Aplicaciones típicas

Estructuras para líneas de alta tensión, cajas de transformadores, conductos eléctricos, muebles de jardín, estructuras en las cuales se pueda sustituir el galvanizado por inmersión en baño caliente, casetas de instrumentos, sistemas de teledirección.

Especificación del rociado:

Material - El alambre deberá de ser de zinc con una pureza del 99 %. La capa metálica se debe aplicar con un mínimo espesor de 0.002 in (0.05 mm). Este espesor mínimo esta basado en un promedio nominal de 0.003 in (0.08 mm).

SISTEMA No. 4

PARA LA PROTECCION DE HIERROS Y ACEROS CONTRA LA CORROSION A TEMPERATURAS ELEVADAS EN ATMOSFERAS RURALES, INDUSTRIALES Y MARINAS

RESUMEN: Este consiste en proteger a los materiales ferrosos contra la acción corrosiva a altas temperaturas que abarca desde los 80 °C a los 480 °C (180-900 °F) en atmósferas tanto rurales, como industriales y salinas. Proporcionando una vida mucho mayor sobre las piezas sin necesidad de nuevas aplicaciones, como sería el caso de las pinturas resistentes al calor. Después de haber aplicado el recubrimiento de aluminio aspersado, este se sella con el auxilio de un sellador compuesto de silicón de aluminio. Este silicón sella el recubrimiento metálico y forma también una capa resistente a la corrosión, la cual se adhiere firmemente sin formar burbujas.

Las pinturas resistentes al calor que se aplican directamente al acero a menudo fracasan debido a la porosidad o a daños mecánicos que permiten que la oxidación progresiva comience debajo de esta. Caso, que no sucede con la aplicación del aluminio metalizado, ya que este es de acción anódica al acero y proporciona protección electroquímica. El sellador empleado se consume gradualmente en periodos de tiempo largos. Si se trata de obtener una apariencia atractiva puede considerarse cíclica la aplicación, esta operación no es costosa ya que no requiere hacerse limpieza de superficie detallada, porque no habrá oxidación que eliminar.

En comparación con las pinturas, el metalizado disminuye el costo para los efectos de prevención de la corrosión en un 40 % aún en estructuras consideradas con un vida relativamente corta. Para el caso de piezas nuevas, el riesgo de seguridad para la corrosión se puede reducir sustancialmente o eliminar y la inversión capital también disminuirá.

Aplicaciones típicas:

Mofles de escape, tubos de escape, chimeneas, conductores de aceite caliente en refincrias, etc.

Especificaciones del rociado:

El alambre a emplear deberá ser de aluminio con una pureza del 99%. El recubrimiento metálico se debe aplicar en un espesor mínimo de 0.006 in (0.15 mm). El recubrimiento final deberá ser de dos capas de sellador vinil de aluminio, como ya se había descrito, aplicadas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

SISTEMA No. 5

PARA LA PROTECCION DEL ACERO CONTRA LA CORROSION Y LA CONTAMINACION EN AGUA DE MAR

RESUMEN: Este sistema protege al acero contra la corrosión y contra la contaminación en agua de mar. También protege estructuras de aleaciones de aluminio, así como, estructuras compuestas de acero y aluminio puro las cuales están sujetas a los ataques de agua de mar. El sistema consta de una capa de alambre de aluminio metalizado, una capa de sellador de silicón de aluminio y una o dos capas de pintura de tributil de estaño. Estas capas están en función de la viscosidad de la pintura, de la severidad de la contaminación en el área en particular y de la rutina periódica de mantenimiento.

Otras pinturas que pueden brindar confiabilidad sobre las capas metalizadas son: aquellas de alquitrán de hulla o las pinturas especiales para inmersión. El recubrimiento básico de aluminio sellado da una protección completa y a largo plazo. No está sujeta a ataques locales ni a la difusión de la corrosión. Además, provee protección galvánica en pequeñas grietas y huecos. Proporciona un alto grado de resistencia al daño ocasionado por raspaduras o por choques con desperdicios flotantes.

El hecho de que no necesita recubrimientos aislantes adicionales es muy importante, lo que le confiere sencillez a su mantenimiento. Cuando la contaminación comienza a aparecer después de un año, se raspa ligeramente o se cepilla donde sea necesario y las superficies se riegan con agua dulce.

Después de secar se aplica otra capa de la pintura o sellador elegido. Como ya se ha mencionado la ausencia de oxidación y de herrumbre, así como, la presencia de restos de pintura facilitan el mantenimiento y lo hacen mucho más sencillo que cualquier otro sistema anticorrosivo.

Aplicaciones típicas.

Cascos de barcos, botes y barchizas por debajo de la línea de agua donde la contaminación es un problema, boyas de acero de todo tipo, cascos de botes de aluminio aleado, estructuras de acero y aluminio expuestas al agua de mar, cuando se requiera brindar protección contra la electrólisis y contra la oxidación, rehabilitación de pilotes de acero o piezas nuevas, donde la apariencia de la sección protegida está expuesta a la marea y al cambio de la misma.

Especificación del rociado:

El alambre deberá de ser de aluminio con una pureza del 99 %. El espesor del recubrimiento metálico debe ser mínimo de 0.004 in (0.1 mm). El espesor mínimo para cualquiera de los casos de sellador elegido será de 0.005 in (0.125 mm).

ESPECIFICACION GENERAL DEL PROCESO DE
PREPARACION DE SUPERFICIE (GRANALLADO)

MATERIAL: En las máquinas centrifugas de granallado solamente se puede utilizar granalla de acero templado. Cualquiera de los abrasivos descritos a continuación se pueden utilizar en máquinas de alimentación a presión.

1.1).- Arena sílica y libre de sal. El tamaño de la malla es de 20 a 40 (850-425 micras) con un mínimo de 40 % de retenidos en una malla de 30 (600 micras).

1.2).- Granalla acerada limpia: No deberá utilizarse granalla usada que se encuentre oxidada o notablemente desgastada. Debe usarse granalla que tenga una malla (S.A.E. G-25 a G-40). Se puede tanto en un solo tamaño, como en una mezcla de ambos.

1.3).- Granalla de óxido de Aluminio: Limpia y libre de impurezas. La malla deberá de ser de 20 a 50 (850-300 micras), con un mínimo de 40 % de retenidos en una malla de 40 (425 micras) según (U.S. Standard Sieve Series).

EQUIPO: Este deberá ser del tipo convencional de alimentación a presión, el tamaño de la boquilla será tal que mantenga una presión no menor de 75 lb/in² (5.27 kg/cm²). En el generador de granalla de 50 lb/in² (3.52 kg/cm²), si se utiliza granalla de óxido de aluminio gruesa. El equipo centrifugo de granallado se puede utilizar unicamente con granalla acerada.

OPERACION DEL GRANALLADO: Todas las superficies que se vayan a metalizar deberán limpiarse perfectamente y volverlas ásperas por medio del granallado con algún tipo de material como los descritos en el párrafo anterior. Si están presentes pinturas, aceites o materiales bituminosos, estos deberán eliminarse por medio de una limpieza con flama o un sandblasteo con arena fina anterior a la preparación final. Si la superficie esta químicamente contaminada será necesario lavarla o neutralizarla antes de aplicar la preparación final. El abrasivo utilizado para limpiar las superficies altamente contaminadas no se deberán utilizar nuevamente en el granallado final, aún cuando se vuelvan a pasar por el tamizado.

El aire deberá de estar libre de aceite y de humedad con el fin de que estas condiciones no aparezcan en la superficie a preparar. El aire debe de ser el adecuado para mantener 75 lb/in² (5.27 kg/cm²) como mínimo en el generador. El abrasivo deberá revisarse periódicamente con el fin de asegurarse de que llene los requisitos preestablecidos. La superficie preparada se deberá revisar y aprobar como adecuada para la metalización antes de mover y desmantelar el equipo de preparación de superficie.

MEDICION DE ESPESORES

Al aplicar capas resistentes a la corrosión, el espesor de la capa es un elemento de suma importancia, apreciado desde dos puntos de vista: por un lado, la duración de la capa en servicio y por otro el precio de su aplicación. La duración de servicio de una capa recubierta de zinc por ejemplo, es casi directamente proporcional al espesor de la capa. Con el aluminio, electronegativo con respecto al fierro, también muestra una relación directa entre el servicio obtenido de la capa y su espesor.

Al medir un espesor de una capa de metal rociado por medio de un micrómetro común, los yunques del mismo miden los puntos más altos de las capas. La relación entre cresta y valle de estos puede variar entre 0.076-0.152 mm (0.003-0.006 in) con relación a las partes huecas que corresponden a los poros de la superficie y de (0.002-0.003 in) (0.05-0.075 mm) con el espesor medio. Por lo que no es conveniente realizar las mediciones con este instrumento, solo en el caso de reparaciones mecánicas cilíndricas es aceptable.

MICROMETRO MAGNETICO

Este es un aparato de uso conveniente para lecturas directas que indican el espesor de las capas no magnéticas sobre una base de hierro o de un acero. Basta con mantener el micrómetro contra el área de trabajo y leer el espesor en un cuadrante. El micrómetro se mueve mandado por el principio magnético, midiendo el espesor del circuito magnético interrumpido, que es realmente el espesor de la capa no magnética, como el caso del zinc o el aluminio. Siendo los puntos de espesor mínimo lo que determinan la duración de la capa, será muy importante, por razones de economía como ya se ha mencionado, obtener capas tan uniformes como sea posible. Cualquier exceso de metal no es sino metal gastado en vano. De aquí la importancia de disponer de aparatos de medición en buen estado y debidamente calibrados.

ESPESOR MINIMO

En el pasado casi todas las mediciones de espesores de las capas metalizadas se referían a un espesor medio. Este espesor medio corresponde, por lo general, a un peso por unidad de área de superficie, este espesor medio también es de más fácil cálculo para la determinación de gastos.

Puesto que las tablas diseñadas para este efecto se refieren al espesor medio, proporcionando el número de libras o de kilogramos de metal por unidad de superficie. Claro está que las variaciones entre el espesor mínimo y el espesor medio para varios tipos de trabajos será muy marcado. Los objetos pequeños rociados en barriles pueden cubrirse con capas muy similares y muy exactas.

Hay trabajos de menos acceso que pueden cubrirse en forma muy exacta por operarios diestros. Por lo contrario, hay trabajos al aire libre que pueden tener una variación muy considerable entre el espesor mínimo y el espesor máximo, debido a lo inaccesible del trabajo, a las situaciones difíciles del mismo, a las condiciones climatológicas, el cansancio, etc.

Conviene observar a este respecto que el uso de accesorios apropiados ayuda mucho a la obtención de un espesor uniforme. Cuando se acepta un trabajo para espesores mínimos, se debe de calcular el espesor medio esperado, algo mayor que el mínimo, lo que dependerá de la experiencia y del tipo de trabajo. Se deberá tener siempre en cuenta las formas irregulares y también por que no las pérdidas en las aristas.

3.6.- SELLADORES Y SISTEMAS DE ACABADO COMPATIBLES

GUIA DE APLICACION Y DESCRIPCION DE SELLADORES

Las capas rociadas como ya se mencionó muestran una estructura porosa, en muchos de los casos los poros naturales pueden ser de gran ventaja. Los poros auxilian en la retención de lubricantes, previniendo el desgaste prematuro, sobre todo cuando algunos elementos mecánicos se quedan sin esa alimentación. Sin embargo, existen también algunos casos donde se recomienda el sellado u obturación de esos microporos, sobre todo aquellas aplicaciones que están expuestas a un agente corrosivo activo. La porosidad puede ser una desventaja cuando las partes rociadas están expuestas a medios agresivos, tales como el agua salina, la neblina salina, los ácidos diluidos, los gases corrosivos y las temperaturas elevadas. Las capas porosas pueden atrapar elementos corrosivos que provocan un ataque electroquímico entre la capa y la interfase del sustrato. Esto puede afectar la cohesión de la capa y por consiguiente favorecer las fallas en la adhesión.

Los selladores obturan esa porosidad, protegiendo tanto a la capa metalizada como al sustrato metálico. En aplicaciones de elementos mecánicos, los selladores aplicados después del acabado, previenen la contaminación de las capas porosas y favorecen la limpieza inicial en los acabados burdos. Además los selladores proveen una barrera resistente a la corrosión llenando los poros sobre todo donde existe alta presión, caso que aparece en los arietes hidráulicos y las flechas de las bombas evitando la filtración de los fluidos directos a los poros.

Cuando los materiales cerámicos son utilizados por sus propiedades dieléctricas, estos materiales sellan las capas de las cerámicas auxiliándolas para mantener sus constantes dieléctricas. Una capa porosa sin protección puede llevar a la adsorción de humedad y contaminantes, dando como resultado un camino conductor no deseado en la capa.

Como regla general, todo sellador puede ser aplicado después de la aspersión y también posterior al acabado. Con la excepción de la cera especial donde la temperatura se pide no estar por debajo de los 175 °F (80 °C) antes de aplicar el sellador. Esta temperatura evita la rápida evaporación del solvente y prevee un curado prematuro del sellador.

Todos los selladores curan antes del acabado. El calor generado durante el maquinado puede causar un curado prematuro y no uniforme del mismo. Un fraguado burdo del sellador puede tapar las piedras de rectificado. Y es recomendable la aplicación de un última capa de sellador ligera después de haber terminado la pieza con la intención de tener una apariencia y un sellado óptimo. Para obtener una resistencia máxima a la corrosión, todos los selladores pueden ser aplicados posteriormente a la colocación de la pieza a servicio.

Los puntos de fusión dentro de un rango de temperatura evitan la generación de vapores inflamables, y estos mismos puntos de fusión están dados por las especificaciones de la ASTM D-1310 y la D-56.

TIPOS DE SELLADORES

MATERIAL: SELLADOR FENOLICO DE SECADO AL AIRE

Este es un tipo de sellador fenólico modificado especialmente para sellar tanto metales, como cerámicas aspersadas. Este exhibe buenas propiedades de humectación, excelente adhesión, buena flexibilidad, resistencia a la corrosión y al impacto. Este material es altamente resistente a productos químicos orgánicos a excepción de los álcalis y tiene también una buena resistencia a las temperaturas que oscilan entre los 300-400 °F (145-205 °C) de temperatura de servicio continuo y 400-500 °F (205-260 °C) en temperaturas de servicio intermitente.

SOLIDOS: Resinas 10 %

VEHICULO VOLATIL: Alcohol e hidrocarburos aromáticos 90 %

COBERTURA: 75-80 ft²/lt (7-7.5 m²/lt)

TIEMPO DE CURADO: Bajo corriente de aire (inducida) (30-60 min)

Al aire libre puede llevarse de (1-10 hrs)

dependiendo del espesor alcanzado.

Con temperaturas de 275 °F (135 °C) de (15-30 min)

TIEMPO DE VIDA: Nueves meses en el interior de un cuarto a temperatura controlada

APLICACIONES TIPICAS: Resistencia al agua caliente

Resistencia al rocío salino

Resistencia a ácidos

Resistencia a gasolinas

Resistencia a aceites

Resistencia a grasas

MATERIAL: PINTURA DE ALUMINIO (BASE ASFALTO)

Este material es un sellador diseñado especialmente para altas temperaturas, usando una pintura de aluminio en un vehículo bituminoso. Para temperaturas de 980 °C.

SOLIDOS: Escamas de Aluminio 25 %

COLOR: Metálico

VEHICULO: Alquitrán de hulla bituminosos, con 75 % de solvente

COBERTURA: 5.2-7.9 ft²/l (4.90-7.40 m²/l)

TEMPERATURA DE OPERACION: 1660-1800 °F (870-980 °C)

nota - cuando se usa sobre capas de aluminio o aleaciones níquel-cromo

TIEMPO DE CURADO: Una hora al toque

12 horas en firme

TIEMPO DE VIDA: Un año en cuarto con temperatura

APLICACIONES TIPICAS: Para aplicaciones resistentes a la corrosión cuando:

Se usa sobre capas de aluminio y fierros

Para la corrosión de níquel en presencia de gases

(incluye gases sulfurados).

MATERIAL: SILICON DE ALUMINIO

Es una resina que contiene escamas de aluminio de secado al aire, con alta resistencia al calor, capaz de cumplir con exposiciones atmosféricas por arriba de los 900 °F (480 °C).

PIGMENTO: Con escamas de aluminio 5 %

VEHICULO NO-VOLATIL: Resina de silicón modificada 10 %

VEHICULO VOLATIL: Alcohol, hidrocarburos aromáticos y esterés 25 %

COLOR: Metálico

COBERTURA: 38 ft²/lt (3.5 m²/lt)

TIEMPO DE CURADO: Al aire libre (30 min)

A 350 °F (175 °C) (15 min)

APLICACIONES TÍPICAS: Resistencia a la corrosión cuando se usa sobre:

Capas de aluminio, hierros y aceros.

La protección inicia en rangos de temperatura

entre 180 °F (80 °C) y 900 °F (480 °C), en

atmósferas rurales, industriales y marinas.

TIEMPO DE VIDA: Un año en cuarto a temperatura controlada

DESCRIPCION DE PINTURAS

MATERIAL: ALQUITRAN DE HULLA

Este es un acabado que funciona como acabado, tiene la ventaja de poderse aplicar a superficies con un mínimo de limpieza. La adhesión a superficies con diferentes grados de limpieza es excelente, incluyendo al óxido firmemente adherido y a recubrimientos viejos. La relación de mezcla es 1:1, esto asegura que la mezcla sea rápida, exacta y fácil. El alto contenido de sólidos elimina la posibilidad de solvente atrapado, que provoca fallas en la interfase del recubrimiento y la pintura. Protege y auxilia al metalizado a prever la corrosión provocada por derrames, salpicaduras, vapores de productos químicos, agua de mar, brisa marina, agua dulce, en instalaciones industriales, intemperismo marino, exterior de tanques, plataformas marinas, interior de tanques de almacenamiento de agua y tuberías.

CURADO: Por evaporación de solvente y reacción química

VOLUMEN DE SOLIDOS: 83 % (+/- 2 %)

ESPESOR DE PELICULA SECA: Por capa, 0.005 in

RENDIMIENTO TEORICO: 6.5 m²/lt

RESISTENCIA A LA TEMPERATURA: 93 °C (continuo)

150 °C (intermitente)

TIEMPO DE VIDA UTIL: 2.0 hrs (a 21 °C)

VIDA DE ALMACENAMIENTO: 6 meses

Nota: - Ambas soluciones son flamables, haga circular aire fresco durante la aplicación y el secado, use mascarilla de aire y equipo a prueba de explosión.

MATERIAL: EPOXICO CURADO CON POLIAMIDAS

Este es un material con alto contenido de sólidos, muestra excelente resistencia al intemperismo marino, ideal para auxiliar a proteger el interior de tanques, exhibe buenas propiedades para la inmersión en agua, productos químicos y combustibles para jets, buena resistencia a la radiación nuclear, adherencia, flexibilidad, absorbe expansiones y contracciones de las superficies recubiertas.

La película seca es dura y resistente a la abrasión, cumple con las especificaciones de la Food and Drugs Administration, con los requisitos del Departamento de Agricultura, en la División de Inspección de Carnes y es aceptado por los servicios de Salud Pública para el interior de tanques de agua potable en la Transportación Interestatal de los Estados Unidos.

Recomendado para: cubiertas marinas, estructuras marinas, aceros estructurales, salpicaduras alcalinas, salinas, vapores y derrames corrosivos, resiste hasta 93 °C de calor seco, resistente para el manejo de alcoholes, derivados del petróleo, disolventes, etc.

CURADO: Por evaporación de solventes y reacción química

VOLUMEN TOTAL DE SOLIDOS: 55 % (+/- 2 %)

RENDIMIENTO TEORICO: 4.3 m²/l (a 0.005 in de espesor)

RELACION DE MEZCLA: 2:1

PUNTO DE INFLAMACION: 47 °C

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA: No conductor

Nota.- En tanques o lugares cerrados se deberá utilizar luces y equipos eléctricos a prueba de explosión, mascarillas de aire fresco y extractor con capacidad suficiente para mantener los vapores del solvente 20 % abajo del límite explosivo.

MATERIAL: RECUBRIMIENTO EPOXICO PARA ZONA DE OLEAJES Y

MAREAS

Este es un producto epoxi-poliamida a dos componentes de consistencia pastosa 100 % sólidos. Especialmente diseñada para aplicaciones sobre superficies de metales sumergidos o para sumergirse en agua dulce o salina.

Proporciona un recubrimiento de espesores gruesos, con excelente resistencia a los derivados básicos del petróleo, a la inmersión continua en agua dulce y salada y al golpeo constante en zonas de oleaje y mareas. Puede aplicarse dentro del agua, fragua dentro del agua, no necesita la aplicación de ningún primario, no contiene solventes y muestra una fuerte adherencia sobre las capas metalizadas.

Recomendaciones:

- Tener en cuenta el tiempo de fraguado a diferentes medios
- No aplicar en presencia de oleaje violento
- Debe de tomarse también en cuenta la protección de la película, bajo el agua, para evitar que el propio oleaje remueva el material mientras endurece.

RELACION DE MEZCLA EN VOLUMEN: 1:1

PESO ESPECIFICO: 1.39 (+/- 0.05) (según la norma ASTM D-1475)

POST-LIFE: A 25 °C , fuera del agua 2:30 hrs (según norma ASTM C-881)

CURADO INICIAL: A 20 °C, 4 hrs en inmersión (según norma ASTM D-1640)

CURADO DE ENDURECIDO: A 20 °C, 24 hrs en inmersión (según norma ASTM D-1640)

CURADO TOTAL: A 20 °C, 7 días en inmersión (según norma ASTM D-1640)

APLICACION DE PINTURAS Y SELLADORES (CONCLUSIONES)

En el caso en que se hace necesaria la aplicación de pinturas, selladores u otros productos para obturar los poros, conviene evitar las capas de aporte (metalizadas) extremadamente gruesas, debido sencillamente a la mayor dificultad que se encuentra al aplicar una capa orgánica lisa sobre una superficie indebidamente rugosa. Puesto que capas de textura media pueden aplicarse a un precio mucho mas económico, como ya se había observado, cualquier gasto adicional en la aplicación de las capas de pintura a la superficie mas rugosa viene mas que compensado por los gastos extraordinarios en que se incurrirá para las capas finas.

Una de las principales ventajas de estos procesos es su gran fuerza de adherencia sobre el acero y además ofrecen una gran resistencia mecánica al mal uso. Adicionado a esto, los daños mecánico puede ocurrir no intencionalmente quedando cierta parte del material al desnudo, caso que no es de preocupar, ya que las capas metalizadas proporcionan un campo eléctrico entre borde y borde protegiendo a esa zona desnuda del ataque agresivo del medio, es importante mencionar que para área grandes no se cumple esta propiedad. La otra ventaja es de que se puede volver a remetalizar la zona dañada sin necesidad de una limpieza ardua o grande siendo de una alta velocidad esta aplicación sin invertir mucho en gastos para esta operación. Las recomendaciones de aplicación de las pinturas anteriormente citadas, se basa en las experiencias adquiridas durante largos años de aplicaciones en campo con resultados comprobables, donde se involucra mucho la afinidad y compatibilidad de los sistemas aspersados con los sistemas de pinturas o selladores.

CAPITULO IV
RESULTADOS DE PRUEBAS

PRUEBAS DE CORROSION DE CAPAS METALIZADAS EN PLACAS DE ACERO POR EXPOSICION DIRECTA

INTRODUCCION.

En este trabajo se presentan los resultados de los estudios a 8 años sobre sistemas de protección contra la corrosión aplicados en probetas con la aspersión de aluminio y zinc sobre placas de acero al bajo carbono. La investigación dió inició en Mayo de 1987, siguiendo las especificaciones de la AWS (American Welding Society) tanto en su forma de colocación, como en los espesores, la preparación de superficie y la designación de áreas con características similares a los sitios de exposición autorizados por ellos pero dentro del territorio nacional y comparandolo contra aplicaciones reales en instalaciones de las zonas. Las inspecciones consistieron en apreciaciones visuales sobre las probetas llevando a cabo las anotaciones correspondientes de las apariencias físicas. Dichas inspecciones se realizaban una vez al año, sin remover los testigos del sitio de exposición.

ELECCION DE SITIOS DE PRUEBA

Los lugares seleccionados presentan una gran variedad de condiciones ambientales. Tanto los sitios de exposición, como los datos y registros de este estudio se mencionan en la tabla No. 1. Considerandose lugares con presencia de atmósfera industrial, rural, marina, no omitiendo las características de inmersión parcial y total en agua salina, es obvio que también involucran estos medios contaminaciones y condiciones naturales de la región. Para aquellas de inmersión se procuró su localización en agua estanca o expuestas a flujos aproximados a los (3 nudos) de corriente.

Notandose sustancialmente que fueron las mas contaminadas por la fuerte presencia de desechos industriales.

Los rings de inclinación se procuraron a 30 grados con respecto a la horizontal y en otros casos se colocaron en posición vertical, por las dificultades de las áreas facilitadas para la realización del presente trabajo.

PROBETAS DE EXPOSICION

El material seleccionado para fabricar las probetas fue un acero al bajo carbono conocido conumente con el nombre de " solera " correspondiendole el siguiente análisis de composición:

Carbono (C)	- 0.080 %
Manganeso (Mn)	- 0.200 %
Fósforo (P)	- 0.030 %
Azufre (S)	- 0.015 %
Silicio (Si)	- 0.003 %
Cobre (Cu)	- 0.300 %
Fierro (Fe)	- 66.90 %

Nota.- La composición química de este material fue proporcionada por el propio distribuidor del material.

El tamaño de dichas probetas considerandolo uniforme en todos los casos, se encuentran bajo las siguientes unidades:

Ancho	- 10 cm (3.94 in)
Largo	- 15 cm (5.90 in)
Espesor o calibre	- 0.32 cm (1.8 in)

Los espesores de las capas tanto de aluminio, como de zinc fueron seleccionadas básicamente en tres medidas con la finalidad de determinar los comportamientos de las capas, bajando el valor de tensión interna de la cohesión de las mismas y son las siguientes:

- 0.004 in (0.10 mm)
- 0.006 in (0.15 mm)
- 0.008 in (0.20 mm)

Los espesores de las capas de sellador también tuvieron un control estricto para determinar mejor las variables y estos se configuraron por pasada de capa en 0.0015 in (0.04 mm), a excepción del recubrimiento para oleajes y marcas que fue de 0.040 in (1 mm), así sugerido por el proveedor como espesor mínimo.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS O TESTIGOS

La primera operación consistió en marcar las probetas para su identificación, ya determinado el número de probetas a colocar se cortaron placas de aluminio con una medida aproximada a los 4 cm², las que se marcaron al centro con auxilio de letras y números de golpe amarrándose a cada probeta con alambre de calibre 0.061 in (1.53 mm) del mismo tipo (Al) a cada una de las probetas a exponer con la intención de manejar un sistema uniforme de polaridad. Las que fueron colocadas al último previas a su traslado.

La segunda operación fue preparar los cantos de las probetas, realizando un chafán a los largo de todas las orillas de las piezas metálicas, para eliminar los ángulos agudos de los bordes, acción con la cual se aumenta la adherencia por el incremento del área en contacto y se elimina la zona de alta tensión para evitar ampollamientos prematuras y levantamientos de las capas.

La tercera acción correspondió a la limpieza con auxilio de un solvente para arrastrar cualquier agente graso o sustancia que pudiese alterar la cohesión entre el sustrato y el material atomizado, así como, también la posible contaminación del propio material abrasivo, como en el caso de la granalla de óxido de aluminio.

La cuarta operación fué la preparación de la superficie haciendo incidir un chorro de material abrasivo sobre las caras en estudio, usando un equipo portátil, pistola manual sugerida para pequeñas áreas, en el interior de una cabina diseñada para tal efecto. Empleando los materiales que se describen en la tabla No. 2. La presión de aire utilizada para conseguir el choque adecuado de la partícula abrasiva sobre la superficie se fijó bajo las siguientes características:

- Para el uso de la arena sílica, se empleó una presión de 90 psi (6.2 kg/cm²)
- Para el uso de la granalla de óxido de aluminio su valor se fijó en las 75 psi (5.1 kg/cm²)

La superficie preparada no fué aceptada hasta no dar las características de una superficie a " metal blanco ", haciendo incidir el chorro en diferentes ángulos y comparandose estas contra un patrón previamente preparado. Tal cual se recomienda en la especificación. La operación de rociado se consiguió por medio de uno de los equipo de los llamados portátiles o pistola de combustión oxiacetilénica. Tanto la rotación como las pasadas transversales se llevaron a cabo de manera manual controlando lo mas posible la uniformidad de la capa y su espesor. Para tal efecto, nos auxiliamos de un lector magnético (elcómetro), de un micrómetro y de mediciones de peso. Utilizando dos tipos de materiales como ya fué mencionado:

- Alambre de Aluminio con una pureza del 99 %, con un diámetro nominal de 1/8 in (3.2 mm).
- Alambre de zinc con una pureza mínima del 99 %, con un diámetro nominal de 1/8 in (3.2 mm).

Estos materiales se depositaron apegandose a las recomendaciones de presión y flujo que sugiere el fabricante, utilizando como fuente calorífica la combustión de gas oxígeno y acetileno bajo los siguientes parámetros:

Para el Aluminio:

Oxígeno- 2.30 kg/cm² de presión y un flujo de 43
Acetileno- 1.02 kg/cm² de presión y un flujo de 40
Aire- 4.81 kg/cm² de presión y un flujo de 52

Para el Zinc:

Oxígeno- 2.40 kg/cm² de presión y un flujo de 45
Acetileno- 1.00 kg/cm² de presión y un flujo de 40
Aire- 5.10 kg/cm² de presión y un flujo de 53

El tratamiento de sellado se realizó con el auxilio de una pistola de aire sencilla usando una presión de aire de 1 kg/cm². La tabla No. 3 muestra la composición de los selladores elegidos.

La excepción fue para las probetas protegidas con epóxico de oleaje y mareas, la que se llevó a cabo de forma manual auxiliado de una espátula para su extensión. Estos selladores aspersados fueron adelgazados lo suficiente para asegurar una buena penetración y se aplicaron con moderación. El propósito principal fue el de obtener los microporos de las capas aspersadas. Las características de identificación se describen a detalle en las tablas 4, 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g, 4h, 4i, 4j y 4k.

TABLA 1. DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE PRUEBA

LUGAR SELECCIONADO	MEDIO DE EXPOSICION	No. DE PROBETA		FECHA DE COLOCACION
		ALUMINIO	ZINC	
EXPOSICION ATMOSFERICA				
QUETZABARO, GRO.	ATMOSFERA INDUSTRIAL	15	15	MAYO DE 1987
SALAMANCA, GRO.	ATMOSFERA INDUSTRIAL	15	15	JUNIO DE 1987
HUACHINANGO, PUE.	ATMOSFERA RURAL	15	15	JUNIO DE 1987
CUATHTLAN, EDO. MEX.	ATMOSFERA RURAL	15	15	MARZO DE 1988
MATAMOROS, TAMAULIPAS	ATMOSFERA SALINA	12	12	JUNIO DE 1988
TAMPICO, TAMAULIPAS	ATMOSFERA SALINA	12	12	JULIO DE 1988
ACAPULCO, GRO.	SEVERIDAD MARINA	12	12	NOVIEMBRE DE 1988
	TOTAL DE PROBETAS	96	96	
EXPOSICION A AGUA SALINA				
VERACRUZ, VER.	INMERSION PARCIAL	9	9	JULIO DE 1987
VERACRUZ, VER.	INMERSION TOTAL	9	9	JULIO DE 1987
COATZACOALCOS, VER.	INMERSION PARCIAL	9	9	DICIEMBRE DE 1988
COATZACOALCOS, VER.	INMERSION TOTAL	9	9	DICIEMBRE DE 1988
	TOTAL DE PROBETAS	36	36	
	GRAN TOTAL DE PROBETAS	264		

TABLA No. 2. TIPOS DE ABRASIVOS EMPLEADOS PARA LA LIMPIEZA Y PREPARACION DE LA SUPERFICIE EN LAS PROBETAS.

TIPO DE ABRASIVO	DISTRIBUCION DE LA MALLA	DESCRIPCION
ARENA SILICA FINA	U.S. STANDARD SCREEN ANALYSIS -20 - 30 MALLAS, 70% -- 10% -30 - 40 MALLAS, 20% -- 10% -40 MALLAS, 10% -- 10%	ABRASIVO DE ARENA SILICA ANGULAR SECA Y LIBRE DE FELDESPATOS, ARCHILLA Y OTROS CONSTITUYENTES FRIABLES.
GRANALLA DE OXIDO DE ALUMINIO	CONFORME A LAS ESPECIFICACIONES SAE PARA GRANO G-40 ANGULAR DE COLOR NEGRA	ABRASIVO DE OXIDO DE ALUMINIO CON ARISTA VIVA, ANGULAR, TAMAÑO MEDIANO.

TABLA No. 3. COMPOSICION Y DESCRIPCION DE SELLADORES

TIPO DE SELLADOR	COMPOSICION	DESCRIPCION
FENOLICO	RESINA 10 % ALCOHOL E HIDROCARBUROS 90 %	RESISTENCIA A LA TEMPERATURA: TEMPERATURA DE SERVICIO 205 °C TEMPERATURA INTERMITENTE 260 °C
ALUMINIO BASE ASFALTO	ESCAMAS DE ALUMINIO 5 % VEHICULO NO VOLATIL 20 % VEHICULO VOLATIL 55 %	ES UN COPOLIMERO VINILICO CON ESCAMAS DE ALUMINIO DE SECADO AL AIRE
SILICON DE ALUMINIO	ESCAMAS DE ALUMINIO 5 % VEHICULO NO VOLATIL 10 % VEHICULO VOLATIL 25 % RESINA 16 % HIDROCARBUROS 44 %	RESINA DE SECADO AL AIRE CON RESISTENCIA A TEMPERATURAS DE HASTA 480 °C
ALQUITRAN DE HULLA	VOLUMEN DE SOLIDOS 83 %	RESISTENCIA A TEMPERATURAS DE 150 °C MÁXIMA
PINTURA EPOXICA CON POLIAMINAS	VOLUMEN DE SOLIDOS 55 %	CARACTERISTICAS ESPECIALES PARA EL MANEJO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS
EPOXICO PARA ZONA DE MAREAS	100 % SOLIDOS A DOS COMPONENTES	PUEDA SER APLICADO BAJO EL AGUA

**TABLA 4A. TIPO DE PROBETAS PARA EXPOSICION
DE ATMOSFERA INDUSTRIAL**

ENTIDAD QUERETARO

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO					APLICACION DE ZINC ATOMIZADO				
No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPOSOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPOSOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in.)	(mm)				(in.)	(mm)	
1-Q	1	0.004	0.10	X	16-Q	1	0.004	0.10	X
2-Q	1	0.004	0.10	F-1	17-Q	1	0.004	0.10	F-1
3-Q	1	0.004	0.10	AI-1	18-Q	1	0.004	0.10	AI-1
4-Q	1	0.004	0.10	PV-1	19-Q	1	0.004	0.10	PV-1
5-Q	1	0.004	0.10	EP-2	20-Q	1	0.004	0.10	EP-2
6-Q	1	0.006	0.15	X	21-Q	1	0.006	0.15	X
7-Q	1	0.006	0.15	F-1	22-Q	1	0.006	0.15	F-1
8-Q	1	0.006	0.15	AI-1	23-Q	1	0.006	0.15	AI-1
9-Q	1	0.006	0.15	PV-1	24-Q	1	0.006	0.15	PV-1
10-Q	1	0.006	0.15	EP-2	25-Q	1	0.006	0.15	EP-2
11-Q	1	0.008	0.20	X	26-Q	1	0.008	0.20	X
12-Q	1	0.008	0.20	F-1	27-Q	1	0.008	0.20	F-1
13-Q	1	0.008	0.20	AI-1	28-Q	1	0.008	0.20	AI-1
14-Q	1	0.008	0.20	PV-1	29-Q	1	0.008	0.20	PV-1
15-Q	1	0.008	0.20	EP-2	30-Q	1	0.008	0.20	EP-2

**TABLA 4B. TIPOS DE PROBETAS PARA EXPOSICION
DE ATMOSFERA INDUSTRIAL**

ENTIDAD SALAMANCA

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO					APLICACION DE ZINC ATOMIZADO				
No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPOSOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPOSOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in.)	(mm)				(in.)	(mm)	
1-S	2	0.004	0.10	X	16-S	2	0.004	0.10	X
2-S	2	0.004	0.10	F-1	17-S	2	0.004	0.10	F-1
3-S	2	0.004	0.10	AI-1	18-S	2	0.004	0.10	AI-1
4-S	2	0.004	0.10	PV-1	19-S	2	0.004	0.10	PV-1
5-S	2	0.004	0.10	EP-2	20-S	2	0.004	0.10	EP-2
6-S	2	0.006	0.15	X	21-S	2	0.006	0.15	X
7-S	2	0.006	0.15	F-1	22-S	2	0.006	0.15	F-1
8-S	2	0.006	0.15	AI-1	23-S	2	0.006	0.15	AI-1
9-S	2	0.006	0.15	PV-1	24-S	2	0.006	0.15	PV-1
10-S	2	0.006	0.15	EP-2	25-S	2	0.006	0.15	EP-2
11-S	2	0.008	0.20	X	26-S	2	0.008	0.20	X
12-S	2	0.008	0.20	F-1	27-S	2	0.008	0.20	F-1
13-S	2	0.008	0.20	AI-1	28-S	2	0.008	0.20	AI-1
14-S	2	0.008	0.20	PV-1	29-S	2	0.008	0.20	PV-1
15-S	2	0.008	0.20	EP-2	30-S	2	0.008	0.20	EP-2

TABLA 4C. TIPOS DE PROBETAS PARA EXPOSICION RURAL

ENTIDAD HUAUCHINANGO

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO					APLICACION DE ZINC ATOMIZADO				
No. IDENT	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in)	(mm)				(in)	(mm)	
1-H	2	0.004	0.10	X	16-H	2	0.004	0.10	X
2-H	2	0.004	0.10	F-1	17-H	2	0.004	0.10	F-1
3-H	2	0.004	0.10	AH-1	18-H	2	0.004	0.10	AH-1
4-H	2	0.004	0.10	PV-1	19-H	2	0.004	0.10	PV-1
5-H	2	0.004	0.10	EP-2	20-H	2	0.004	0.10	EP-2
6-H	2	0.006	0.15	X	21-H	2	0.006	0.15	X
7-H	2	0.006	0.15	F-1	22-H	2	0.006	0.15	F-1
8-H	2	0.006	0.15	AH-1	23-H	2	0.006	0.15	AH-1
9-H	2	0.006	0.15	PV-1	24-H	2	0.006	0.15	PV-1
10-H	2	0.006	0.15	EP-2	25-H	2	0.006	0.15	EP-2
11-H	2	0.008	0.20	X	26-H	2	0.008	0.20	X
12-H	2	0.008	0.20	F-1	27-H	2	0.008	0.20	F-1
13-H	2	0.008	0.20	AH-1	28-H	2	0.008	0.20	AH-1
14-H	2	0.008	0.20	PV-1	29-H	2	0.008	0.20	PV-1
15-H	2	0.008	0.20	EP-2	30-H	2	0.008	0.20	EP-2

TABLA 4D. TIPO DE PROBETAS PARA EXPOSICION RURAL

ENTIDAD CUAUTITLAN

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO					APLICACION DE ZINC ATOMIZADO				
No. IDENT	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in)	(mm)				(in)	(mm)	
1-C	1	0.004	0.10	X	16-C	1	0.004	0.10	X
2-C	1	0.004	0.10	F-1	17-C	1	0.004	0.10	F-1
3-C	1	0.004	0.10	AH-1	18-C	1	0.004	0.10	AH-1
4-C	1	0.004	0.10	PV-1	19-C	1	0.004	0.10	PV-1
5-C	1	0.004	0.10	EP-2	20-C	1	0.004	0.10	EP-2
6-C	1	0.006	0.15	X	21-C	1	0.006	0.15	X
7-C	1	0.006	0.15	F-1	22-C	1	0.006	0.15	F-1
8-C	1	0.006	0.15	AH-1	23-C	1	0.006	0.15	AH-1
9-C	1	0.006	0.15	PV-1	24-C	1	0.006	0.15	PV-1
10-C	1	0.006	0.15	EP-2	25-C	1	0.006	0.15	EP-2
11-C	1	0.008	0.20	X	26-C	1	0.008	0.20	X
12-C	1	0.008	0.20	F-1	27-C	1	0.008	0.20	F-1
13-C	1	0.008	0.20	AH-1	28-C	1	0.008	0.20	AH-1
14-C	1	0.008	0.20	PV-1	29-C	1	0.008	0.20	PV-1
15-C	1	0.008	0.20	EP-2	30-C	1	0.008	0.20	EP-2

**TABLA 4E. TIPO DE PROBETAS PARA EXPOSICION EN
ATMOSFERA SALINA**

ENTIDAD MATAMOROS

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO				APLICACION DE ZINC ATOMIZADO					
No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in)	(mm)				(in)	(mm)	
1-M	2	0.004	0.10	X	13-M	2	0.004	0.10	X
2-M	2	0.004	0.10	PV-1	14-M	2	0.004	0.10	PV-1
3-M	2	0.004	0.10	SA-1	15-M	2	0.004	0.10	SA-1
4-M	2	0.004	0.10	EP-2	16-M	2	0.001	0.10	EP-2
5-M	2	0.006	0.15	X	17-M	2	0.006	0.15	X
6-M	2	0.006	0.15	PV-1	18-M	2	0.006	0.15	PV-1
7-M	2	0.006	0.15	SA-1	19-M	2	0.006	0.15	SA-1
8-M	2	0.006	0.15	EP-2	20-M	2	0.006	0.15	EP-2
9-M	2	0.008	0.20	X	21-M	2	0.008	0.20	X
10-M	2	0.008	0.20	PV-1	22-M	2	0.008	0.20	PV-1
11-M	2	0.008	0.20	SA-1	23-M	2	0.008	0.20	SA-1
12-M	2	0.008	0.20	EP-2	24-M	2	0.008	0.20	EP-2

**TABLA 4E. TIPO DE PROBETAS PARA EXPOSICION EN
ATMOSFERA SALINA**

ENTIDAD TAMPICO

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO				APLICACION DE ZINC ATOMIZADO					
No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in)	(mm)				(in)	(mm)	
1-T	2	0.004	0.10	X	13-T	2	0.004	0.10	X
2-T	2	0.004	0.10	PV-1	14-T	2	0.004	0.10	PV-1
3-T	2	0.004	0.10	SA-1	15-T	2	0.004	0.10	SA-1
4-T	2	0.004	0.10	EP-2	16-T	2	0.001	0.10	EP-2
5-T	2	0.006	0.15	X	17-T	2	0.006	0.15	X
6-T	2	0.006	0.15	PV-1	18-T	2	0.006	0.15	PV-1
7-T	2	0.006	0.15	SA-1	19-T	2	0.006	0.15	SA-1
8-T	2	0.006	0.15	EP-2	20-T	2	0.006	0.15	EP-2
9-T	2	0.008	0.20	X	21-T	2	0.008	0.20	X
10-T	2	0.008	0.20	PV-1	22-T	2	0.008	0.20	PV-1
11-T	2	0.008	0.20	SA-1	23-T	2	0.008	0.20	SA-1
12-T	2	0.008	0.20	EP-2	24-T	2	0.008	0.20	EP-2

TABLA 4G. TIPO DE PROBETAS PARA EXPOSICION EN SEVERIDAD MARINA

ENTIDAD ACAPULCO

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO				APLICACION DE ZINC ATOMIZADO					
No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in)	(mm)				(in)	(mm)	
1-A	2	0.004	0.10	X	13-A	2	0.004	0.10	X
2-A	2	0.004	0.10	PV-1	14-A	2	0.004	0.10	PV-1
3-A	2	0.004	0.10	SA-1	15-A	2	0.004	0.10	SA-1
4-A	2	0.004	0.10	EP-2	16-A	2	0.004	0.10	EP-2
5-A	2	0.006	0.15	X	17-A	2	0.006	0.15	X
6-A	2	0.006	0.15	PV-1	18-A	2	0.006	0.15	PV-1
7-A	2	0.006	0.15	SA-1	19-A	2	0.006	0.15	SA-1
8-A	2	0.006	0.15	EP-2	20-A	2	0.006	0.15	EP-2
9-A	2	0.008	0.20	X	21-A	2	0.008	0.20	X
10-A	2	0.008	0.20	PV-1	22-A	2	0.008	0.20	PV-1
11-A	2	0.008	0.20	SA-1	23-A	2	0.008	0.20	SA-1
12-A	2	0.008	0.20	EP-2	24-A	2	0.008	0.20	EP-2

**TABLA 4 II/I TIPO DE PROBETAS PARA EXPOSICION EN AGUA SALINA
PARA INMERSION PARCIAL / TOTAL.**

ENTIDAD VERACRUZ.

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO				APLICACION DE ZINC ATOMIZADO					
No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT.	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in)	(mm)				(in)	(mm)	
1-IPV	2	0.004	0.10	X	10-IPV	1	0.004	0.10	X
2-IPV	2	0.004	0.10	AH-1	11-IPV	1	0.004	0.10	AH-1
3-IPV	2	0.004	0.10	OM-2	12-IPV	1	0.004	0.10	OM-2
4-IPV	2	0.006	0.15	X	13-IPV	1	0.006	0.15	X
5-IPV	2	0.006	0.15	AH-1	14-IPV	1	0.006	0.15	AH-1
6-IPV	2	0.006	0.15	OM-2	15-IPV	1	0.006	0.15	OM-2
7-IPV	2	0.008	0.20	X	16-IPV	1	0.008	0.20	X
8-IPV	2	0.008	0.20	AH-1	17-IPV	1	0.008	0.20	AH-1
9-IPV	2	0.008	0.20	OM-2	18-IPV	1	0.008	0.20	OM-2
1-ITV	2	0.004	0.10	X	10-ITV	2	0.004	0.10	X
2-ITV	2	0.004	0.10	AH-1	11-ITV	2	0.004	0.10	AH-1
3-ITV	2	0.004	0.10	OM-2	12-ITV	2	0.004	0.10	OM-2
4-ITV	2	0.006	0.15	X	13-ITV	2	0.006	0.15	X
5-ITV	2	0.006	0.15	AH-1	14-ITV	2	0.006	0.15	AH-1
6-ITV	2	0.006	0.15	OM-2	15-ITV	2	0.006	0.15	OM-2
7-ITV	2	0.008	0.20	X	16-ITV	2	0.008	0.20	X
8-ITV	2	0.008	0.20	AH-1	17-ITV	2	0.008	0.20	AH-1
9-ITV	2	0.008	0.20	OM-2	18-ITV	2	0.008	0.20	OM-2

**TABLA 4.J/ K. TIPO DE PROBETAS PARA EXPOSICION EN AGUA
SALINA
PARA INMERSION TOTAL / PARCIAL**

ENTIDAD COATZACOALCOS

APLICACION DE ALUMINIO ATOMIZADO					APLICACION DE ZINC ATOMIZADO				
No. IDENT	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO	No. IDENT	TIPO DE PREPARACION	ESPESOR DE LA CAPA		SELLADOR EMPLEADO
		(in)	(mm)				(in)	(mm)	
1-IPC	1	0.004	0.10	X	10-IPC	2	0.004	0.10	X
2-IPC	1	0.004	0.10	AH-1	11-IPC	2	0.004	0.10	AH-1
3-IPC	1	0.004	0.10	OM-2	12-IPC	2	0.004	0.10	OM-2
4-IPC	1	0.006	0.15	X	13-IPC	2	0.006	0.15	X
5-IPC	1	0.006	0.15	AH-1	14-IPC	2	0.006	0.15	AH-1
6-IPC	1	0.006	0.15	OM-2	15-IPC	2	0.006	0.15	OM-2
7-IPC	1	0.008	0.20	X	16-IPC	2	0.008	0.20	X
8-IPC	1	0.008	0.20	AH-1	17-IPC	2	0.008	0.20	AH-1
9-IPC	1	0.008	0.20	OM-2	18-IPC	2	0.008	0.20	OM-2
1-ITC	1	0.004	0.10	X	10-ITC	1	0.004	0.10	X
2-ITC	1	0.004	0.10	AH-1	11-ITC	1	0.004	0.10	AH-1
3-ITC	1	0.004	0.10	OM-2	12-ITC	1	0.004	0.10	OM-2
4-ITC	1	0.006	0.15	X	13-ITC	1	0.006	0.15	X
5-ITC	1	0.006	0.15	AH-1	14-ITC	1	0.006	0.15	AH-1
6-ITC	1	0.006	0.15	OM-2	15-ITC	1	0.006	0.15	OM-2
7-ITC	1	0.008	0.20	X	16-ITC	1	0.008	0.20	X
8-ITC	1	0.008	0.20	AH-1	17-ITC	1	0.008	0.20	AH-1
9-ITC	1	0.008	0.20	OM-2	18-ITC	1	0.008	0.20	OM-2

Nota.- El objetivo de este tipo de pruebas es con la intencion de realizar estudios sobre los comportamientos entre el zinc y el aluminio atomizado, tomando en cuenta el espesor el tipo de preparacion y el tipo de sellador o pintura de acabado utilizado

NOMENCLATURA:

I).- TIPO DE PREPARACION DE SUPERFICIE

- (1).- Preparación por medio de sand-blast (con arena sílica)
- (2).- Preparación por grind-blast (con óxido de aluminio)

II).- TIPO DE SELLADOR EMPLEADO

- (F).- Sellador fenólico
- (AH).- Pintura de alquitrán de hulla
- (PV).- Primario y sellador de vinil de aluminio
- (EP).- Pintura epóxica curada con poliaminas
- (OM).- Recubrimiento epóxico para zona de mareas y oleajes
- (SA).- Sellador de silicón de aluminio

III).- CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS

- (-1).- Especifica la aplicación de una sola capa de recubrimiento
- (-2).- Especifica la aplicación de doble capa de recubrimiento
- (IP).- Inmersión parcial
- (IT).- Inmersión total

PARTE II

TABULACIÓN DE LOS DATOS DE INSPECCIÓN

La siguiente tabla proporciona a detalle la contabilidad de los resultados obtenidos después de 8 años de inspección sobre todas las probetas de prueba que fueron expuestas siguiendo los objetivos de este estudio. Sin embargo, hay que considerar las variaciones de apreciación individuales sobre cada uno de los testigos como serán:

- 1).- La corrosión del metal base
- 2).- La corrosión de las capas de aspersión
- 3).- La disipación de las capas de sellado
- 4).- El manchado de las superficies de exposición

INSPECCIÓN.

La práctica standard para la evaluación de aluminio y zinc depositados por inmersión en caliente y otros recubrimientos metálicos en aceros tienden a manejarse por reportes que arrojan porcentajes de oxidación en diferentes áreas del metal base. Cuando este estudio fue adoptado, se trato de seguir la apariencia y condición de las capas mismas completamente y con un acceso al estado de deterioro de las capas. En conexión, las inspecciones nos permitieron llevar registros de las condiciones de los selladores, las capas rociadas y las características del metal base, así como algunas otras condiciones no predeterminadas. Los testigos fueron visualmente revisados y por lo tanto los resultados dependen de la interpretación del sustentante para cada caso. Para evitar problemas en la identificación y con la idea de unificar un criterio se genera un tabulador de caracterización. (ver tabla 6).

**TABLA 6. TERMINOLOGÍA USADA PARA LA DESCRIPCIÓN DE LAS
CONDICIONES DE LOS TESTIGOS.**

TÉRMINOS DE APARIENCIA Y CONDICIÓN

OXIDO ROJO	- Originado por el metal base. Usualmente bien definido y completamente diferente al manchado de óxido rojo.
OXIDO BLANCO	- Normalmente es el producto de corrosión del zinc o del aluminio. No necesariamente de color blanco, puede reflejarse como un manchado por contaminación.
DEPÓSITOS AJENOS	- Tales como la suciedad o contaminantes
MANCHAS	- Algunas decoloraciones diferentes a las manchas de óxido blanco y rojo.
MANCHAS ROJO ÓXIDO-	Originados por el metal base sin presencia de ampollamiento, fracaso de las capas o baja adhesión
AMPOLLAMIENTOS	- En las capas de selladores depositados sobre las capas metalizadas.
HOYOS	- En las capas aspersadas, resultado de la corrosión
NODOS	- Bien definido como crecimiento de puntos, como producto de corrosión
ESCAMAS	- Bajos segmentos de las capas de sellador, sobre las capas aspersadas.

DESCRIPCIÓN DE TÉRMINOS Y DEGRADACIONES

- Defectos largos sobre 3/8 in. (9.5 mm) de diámetro
- Defectos medianos, estos sobre 1/8 a 3/8 in (3.2-9.5 mm) de diámetro
- Defectos pequeños, menores a 1/8 in (3.2 mm) de diámetro
- Puntos de alfiler.
- Poca cantidad- menores a 6 x in2 (6.45 x cm2) de superficie
- Intermedios- de 6 a 20 x in2 (6.45 x cm2) de superficie
- Mucha cantidad- arriba de los 20 x in2 (6.45 x cm2) de superficie
- Extensión general- cubre toda o casi toda la superficie de la probeta
- Manchas- Cualesquier estampado irregular
- Aparición de color grisáceo
- Aparición de color oscuro

* Estos términos son generalmente utilizados para describir los tamaños de los nodos, hoyos, ampollamiento y manchas.

RESULTADOS DE PRUEBAS POR EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

QUERÉTARO, QUERÉTARO.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.

La atmósfera presente en este sitio fue considerada como de carácter pesado. Las probetas no selladas están completamente cubiertas de pequeños nodos de productos de corrosión. La examinación visual nos induce a pensar en que los nodos consisten de productos de corrosión del aluminio original, justo por debajo de la superficie anterior a la interfase aluminio-acero. Generándose la disyuntiva de considerar a estos depósitos como nodos o ampollas. Estos depósitos son reportados como manchas de color gris. Para el caso de las probetas selladas muestran depósitos de color gris-café por ambos lados, pero el aluminio rociado está intacto (véase tabla No. 7).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

La probeta con capa de zinc de 0.004 in no sellada muestra fallas, descartándose el ampollamiento de la capa, la cual tiene apariencia limpia y se puede apreciar que esta en mejores condiciones que su similar con aluminio, mostrándose una débil capa de óxido blanco sobre la superficie. Las probetas selladas muestran depósitos de óxido como manchas de color gris-café, las que no son tan densas comparadas con sus similares de aluminio, pero a nivel general se pueden considerar en buenas condiciones sin mostrar ataque en el metal base. (véase tabla No.8).

**PRUEBAS PARA EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA
CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO.
PROJETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.**

El ataque del medio corrosivo fue frenado con seguridad por estas capas de aluminio, en todos los casos, me refiero a los testigos sellados que no exhiben daño o reacción en el metal base, para la probeta de espesor de 0.004 in sin sellador, esta mostró la creación de nodos de corrosión a consecuencia de la infiltración del agente destacándose la formación de nodos en forma de punta de alfiler de óxido rojizo. Pero a nivel general arrojan buenos resultados (véase tabla No. 7).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

También en este caso y bajo estas condiciones de exposición a nivel general, las probetas selladas reflejaron una buena resistencia, mostrando aceptables condiciones, salvo aquellas degradaciones de color en los pigmentos originales. Sobre las superficies además aparecieron rastros de óxido blanco, con mayor cantidad en los dorsos.

En particular la probeta de menor espesor de capa, fue la que presenta óxido rojizo en forma de alfileres, indicando un ataque progresivo en el metal base, pero no hay evidencia de ampollamiento. (véase tabla No. 8).

PRUEBAS DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA
SALAMANCA, GUANAJUATO
PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO

Las muestras rociadas con aluminio no selladas muestran muy pocos nodos de corrosión sobre las superficies. Estos nodos son de color gris-oscuro a negros, atribuyéndose estos cambios de tonalidad a los agentes contaminantes retenidos. Por otro lado, aquellas probetas selladas se encuentran en perfectas condiciones, solo reflejándose degradaciones de color en la pintura epóxica (caleo). Siguen prevaleciendo los depósitos moteados de mediano tamaño en color gris. (véase tabla No. 7).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

La probetas con espesor de 0.004 in sin sellador refleja falla completa en la superficie, con ampollamiento y levantamiento de la capa de zinc exhibiendo fuertes depósitos de óxido férrico del metal base y existe la presencia de una ligera capa de óxido blanco.

Por otro lado, las probetas selladas se pueden considerar que están en buen estado quedando un ligero depósito brillante de manchas sobre la superficie, notándose mas agresivo el ataque sobre la capa de epóxico dando como resultado una gruesa capa de óxido blanco, pero en general se pueden considerar en buen estado. (véase tabla No. 8).

PRUEBAS DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

HUAUCHINANGO, PUEBLA.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.

En esta locación, las probetas no muestran rastros de corrosión en el metal base. Aquellas probetas no selladas muestran pequeños nodos en gran cantidad, como productos de corrosión a ambos lados, estos nodos son de color gris-oscuro o negras probablemente debido a la presencia de contaminantes de la atmósfera. Por lo que respecta a los testigos sellados con vinil exhiben depósitos débiles como manchas de color gris-oscuro. (véase tabla No. 7).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

Para la probeta de 0.004 in de capa de zinc, muestra red de óxido en el metal base y manchado también en forma de red sobre la superficie expuesta hacia arriba, lo que denota ataque directo al metal base. Los dorsos en todos los casos contienen óxido blanco.

Para la probeta protegida con sellador del tipo vinil se encuentra en buenas condiciones, por ambos lados. Es evidente que este sellador a recibido los embates del medio mostrando cambios de tonalidad apareciendo ahora cenizo y grisáceo, por lo que respecta a las demás probetas registran un ligero depósito de manchas tenues. (véase tabla No. 8).

CONTINUACION TABLA No. 7

PREPARACION DE SUPERFICIE DEL METAL BASE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SALAMANCA GUANAJUATO	ATMOSFERA INDUSTRIAL	EL METAL BASE NO FUE ATACADO PERO EN GENERAL LA PROBETA PRESENTA MUCHOS NODOS DE DEPOSITOS GRISES.	EL METAL BASE NO DEMUESTRA ATAQUE PERO EL SELLADOR MUESTRA UN NUMERO INTERMEDIO DE NODOS GRANDES VISIBLES.	EL METAL BASE NO FUE ATACADO NI LA PINTURA REFLEJA DAÑO, PERO SI ESTA AGRIETADA.	EL METAL BASE NO REFLEJA DAÑO ALGUNO ASI COMO TAMPOCO LA CAPA DE L SELLADOR	IGUAL A LA PROBETA 4	EL METAL BASE NO TIENE DAÑO, PERO EL ALUMINIO MUESTRA MUCHOS NODOS Y PICADURAS CON DEPOSITOS GRISES.	EL METAL BASE NO FUE DAÑADO, PERO EL SELLADOR MUESTRA UN LIGERO DEPOSITO GRIS	IGUAL A LA PROBETA 3	IGUAL A LA PROBETA 4	IGUAL A LA PROBETA 4	IGUAL A LA PROBETA 5	IGUAL A LA PROBETA 5	IGUAL A LA PROBETA 3	IGUAL A LA PROBETA 4	IGUAL A LA PROBETA 4
HUACHINANGO PUEBLA	ATMOSFERA RURAL	EL METAL BASE NO FUE ATACADO, EL ALUMINIO MUESTRA MUCHOS NODOS DE COLOR GRIS OSCURO Y ALGUNAS MANCHAS CAFES.	TANTO EL METALIZADO COMO EL METAL BASE ESTAN INTACTOS, PERO EL SELLADOR MUESTRA FISURAS Y DEPOSITOS DE COLOR CAFE EN GRAN PARTE DEL AREA	EL METAL BASE NO AFECTADO, LO MISMO QUE EL ALUMINIO, PERO EL SELLADOR FALLO EXISTEN FRACATURAS Y AMPOLLAMIENTO	IGUAL A LA PROBETA 2, PERO PERO CON MENOR NUMERO DE MANCHAS	IGUAL A PROBETA 2, LA PINTURA SE PERDIO	EL METAL BASE NO NO ESTAR AFECTADO PERO EL METALIZADO ENHIBE GRAN CANTIDAD DE ONDOS EN FORMA DE PUNTAS DE ALFILER	EL METAL BASE NO FUE ALCANZADO, NI EL APORTE, PERO LA PINTURA ENHIBE LIGERA CAPA DE ONEDO BLANCO Y ALGUNAS MANCHAS DE OTRO TIPO	IGUAL A LA PROBETA 3	IGUAL A LA PROBETA 3	IGUAL A LA PROBETA 4	IGUAL A LA PROBETA 1	IGUAL A LA PROBETA 2	IGUAL A LA PROBETA 3	IGUAL A LA PROBETA 4	IGUAL A LA PROBETA 4

CONTINUACION TABLA No. 8

PREPARACION DE SUPERFICIE DEL METAL BASE		1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1
SALAMANCA GUANAJUATO	ATMOSFERA INDUSTRIAL	FALLO DEL ZINC ASPERSADO. LA SUPERFICIE TIENE ENTRE EL 80-90% DE LA SUPERFICIE OXIDADA.	EL METAL BASE Y EL ZINC ESTAN INTACTOS PERO EL SELLADOR SE HA PERDIDO EN LAS ESQUINAS. PRESENCIA DE ONIDO BLANCO	FALLO EL ZINC EL 10 % DE LA SUPERFICIE ESTA OXIDADA. LA PINTURA SE PERDIO EN SU MAYORIA.	EL METAL BASE ESTA INTACTO. LA CAPA DE ZINC CON MANCHAS CAFES EN FORMA DE AGUA. AMPOLLAS EN LA PINTURA.	IGUAL A LA PROBETA 19	EL METAL BASE FUE ATACADO EN UN 25% DEL AREA TOTAL FALLO ROTUNDO DEL SELLADOR SE PERDIO EN UN 10 % DEL VOLUMEN TOTAL.	EL METAL BASE NO FUE ATACADO LO MISMO QUE EL APORTE. EL SELLADOR SE PERDIO EN UN 10 % DEL VOLUMEN TOTAL.	IGUAL A LA PROBETA 18	IGUAL A LA PROBETA 19	IGUAL A LA PROBETA 20	EL METAL BASE INTACTO. EL ZINC MUESTRA LIGERAS MANCHAS BLANCAS.	IGUAL A LA PROBETA 17	IGUAL A LA PROBETA 16	IGUAL A LA PROBETA 14	IGUAL A LA PROBETA 15
HUACHINANGO FUEBLA	ATMOSFERA RURAL	EL METAL BASE FUE ATACADO. EL 80% DE LA SUPERFICIE PRESENTA ONIDO	TANTO EL METALIZADO COMO EL METAL BASE ESTAN INTACTOS. LO MISMO PASA CON EL SELLADOR.	EL METAL BASE FUE AFECTADO. EL 50% DE LA PROBETA ESTA OXIDADA CON PERDIDA EN GRAN DE LA PINTURA.	IGUAL A LA PROBETA 18. PERO LA PINTURA ESTA CUBIERTA DE UNA LIGERA CAPA DE OXIDO BLANCO.	IGUAL A LA PROBETA 18. LA PINTURA MUESTRA MANCHAS CAFES	EL METAL BASE NO NO ESTA AFECTADO PERO EL METALIZADO EXHIBE GRAN CANTIDAD DE ONIDO DE COLOR BLANCO Y CAFES	EL METAL BASE NO FUE ALCANZADO NI EL APORTE. PERO LA PINTURA ENHIBE LIGERA CAPA DE ONIDO BLANCO EN FORMA DE PUNTOS	IGUAL A LA PROBETA 18	IGUAL A LA PROBETA 17	IGUAL A LA PROBETA 21	IGUAL A LA PROBETA 21	IGUAL A LA PROBETA 17	IGUAL A LA PROBETA 18	IGUAL A LA PROBETA 19	IGUAL A LA PROBETA 22

PROBETAS DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

ACAPULCO, GUERRERO.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.

Las probetas de aluminio selladas en este sitio muestran un manchado de color gris-amarillento sobre la superficie colocada hacia el cielo. Mientras que la otra cara está con menos manchado. Por lo que respecta a las probetas no selladas, estas muestran pocas ampollas sin reventar en la capa de aspersión. En general, las ampollas son pequeñas pero muy numerosas. Es probable que estas se originen por la producción de un producto de corrosión entre las capas (interfase aluminio-acero). (véase tabla No. 9). A excepción de algunas áreas que muestran manchas grises distribuidas sobre la superficie, el sellador de vinil de aluminio aparece en condiciones excelentes, en comparación con los otros selladores. No existe diferencia de condición apreciable como una función del método de preparación usada.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

Todas las probetas de zinc no selladas muestran una densa capa de óxido blanco sobre la superficie, así mismo aparece una severa y marcada red de óxido rojizo lo que refleja daño inminente sobre la base del material. Por lo que respecta a aquellas probetas selladas presentan también esa capa de óxido blanco y muchos nodos pequeños como producto de corrosión, se presenta pérdida parcial del sellador sobre las superficies. En el caso del epóxico se ha perdido por completo quedando las probetas como si no hubiesen sido selladas (véase tabla No. 10).

PRUEBAS DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

MATAMOROS, TAMAULIPAS.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO

Tanto las muestras de aluminio selladas o no selladas en este sitio se encuentran en buenas condiciones. El metal base no muestra corrosión y el metal aportado en forma general se encuentra intacto. Es importante destacar que este sitio no es considerado como un sitio de severo ataque salino, pero se encuentra presente este tipo de atmósfera. Las probetas no selladas en particular muestran un manchado débil de color amarillento, presumiéndose ser un polvo retenido, aunque las caras que dan hacia el suelo reflejan la presencia de un óxido brillante blanco y manchas de color gris. Aquellas con sellador de tipo vinil también reflejan este manchado grisáceo nada más que de tono más pálido, producto que no afecta en nada al sistema de protección y su estado nos indica buena condición, sin alteración. (véase tabla No. 9).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

En este caso las probetas en general se encuentran en buenas condiciones. La corrosión no ha ocurrido en el metal base y el zinc está intacto. En aquellos testigos donde no se aplicó el sellador, muestran generalmente la formación de un óxido blanco brillante y manchas grises a ambos lados de la probetas, pero no reflejan pérdida en peso del material de aporte. Para aquellas que fueron selladas, exhiben disipaciones o pérdida en un 20 % del área aplicada, reflejándose en forma de pequeñas ampollas. Siendo menos afectados los lados que dan hacia el suelo. En todos los casos es muy parecido (véase tabla No. 10).

PRUEBAS DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA.

TAMPICO, TAMAULIPAS.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.

Todas las probetas rociadas con aluminio se encuentran en excelentes condiciones a pesar de la presencia de otros agentes. Los reversos de las probetas de aluminio aspersado no selladas muestran una débil mancha verdosa de origen no determinado. Bajo el microscopio estas áreas manchadas muestran una cantidad pequeña de material cristalino similar a los productos de corrosión normales del aluminio en atmósfera marina. Las probetas selladas muestran manchas de color gris pálido, pero el sellador permanece intacto, solamente pierden su lustre original. (véase tabla No. 9).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

El zinc no sellado muestra un depósito con manchas de color azul-verdoso sobre la superficie, sobre toda la cara queda hacia el cielo. Y también está presente una mancha uniforme de color gris-oscuro. En las probetas selladas se ha perdido entre un 15-20 % del sellador aplicado sobre la superficie, mostrando la formación de nodos de óxido blanco y manchas verdosas. Solo se nota diferencia en aquellas selladas con silicón con una pérdida del mismo entre un 5-10 % en volumen del área protegida. (véase tabla No. 10).

CONTINUACION TABLA No. 9

TAMPICO TAMAULIPAS	ATMOSFERA SALINA	FALLO DE LA PROTECCION. LA SUPERFICIE TIENE MANCHAS DE OXIDO NEGRO A LO LARGO DEL 75 % DEL AREA TOTAL. BASE SELLADOR	EL METAL BASE Y ALUMINIO ESTAN INTACTOS. EL SELLADOR MUESTRA MANCHAS GRANDES DE COLOR GRIS Y CAFE. BLANCAS	IGUAL A LA PROBETA 2, PERO CON MANCHAS NEGRAS, CAFES Y GRISES.	EL METAL BASE ESTA INTACTO, PERO LA PINTURA SE MUESTRA CON AMPOLLAMIENTO EN VARIAS PARTES SIN REVENTAR.	EL METAL BASE NO FUE ATACADO, PERO SI SE NOTA UNA DECOLORACION LIGERA Y TENUE	IGUAL A LA PROBETA 2	IGUAL A LA PROBETA 2	IGUAL A LA PROBETA 4	IGUAL A LA PROBETA 1	IGUAL A LA PROBETA 2	IGUAL A LA PROBETA 3	IGUAL A LA PROBETA 4
-----------------------	---------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

RESULTADOS DE EXPOSICIÓN A INMERSIÓN PARCIAL.

PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ.

TESTIGOS ROCIADOS CON CAPA DE ALUMINIO.

Los testigos con aluminio no sellado en este sitio muestran poco ampollamiento originado en la interfase sustrato-capa. Los daños en las capas, son ampollamientos largos de $(5/16 \text{ in})$ (8.0 mm) de diámetro, en algunos casos. En otros casos donde la ampolla se quebró dejando expuesto el sustrato, el acero expuesto se encuentra relativamente libre de corrosión. Una ligera capa de óxido férrico es evidente, pero no medible bajo el acero. Debido probablemente a que el aluminio circundante contribuye a la protección del acero, no hay evidencia significativa de corrosión en el aluminio. La superficie raspada del aluminio arroja como resultado un lustre metálico claro. Todos los testigos sellados con vinil muestran una excelente condición incluyendo inclusive a aquellas capas con solo 0.004 in (0.10 mm) de espesor de aluminio. Pocos y pequeños ampollamientos están presentes en algunas probetas selladas, pero son considerablemente menores en comparación con las que aparecen en las capas no selladas. En aquellas áreas que están reventadas las capas, revelan productos de corrosión voluminosos típicos del aluminio y una capa delgada de óxido férrico esta presente en ese metal desnudo. Y no se denota una corrosión progresiva en las zonas circundantes por parte del aluminio cercano a esas áreas. No reflejándose una diferencia notoria en el desarrollo de las capas como una función en las variantes de preparación de la superficie y sus métodos de prueba. (véase tabla No. 11).

TESTIGOS ROCIADOS CON CAPAS DE ZINC.

Todas las probetas de zinc no selladas con espesores menores a las 0.008 in (0.20 mm) fallaron a este tipo de exposición. El acero exhibe un picado profundo con el consiguiente fallo de la capa y la apariencia indica la presencia de productos de corrosión residuales de zinc, aunque es evidente la generación de un campo magnético sobre el acero expuesto. Estos tampoco arrojan como evidencia algún indicio o diferencia entre los métodos de preparación. (véase tabla No. 12).

**RESULTADOS DE EXPOSICIÓN PARA INMERSIÓN PARCIAL
BAHÍA DE PAJARITOS, COATZACOALCOS, VERACRUZ.
PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.**

Estas probetas muestran daño mecánico que se extiende a lo largo de los bordes. Estas son afectadas por la velocidad del agua que se determinó en tres nudos, defecto sustancial en comparación con las probetas libres, pero a pesar de la evidencia se puede notar que no es progresiva la acción de la corrosión sobre estas áreas. Las probetas no selladas afloran ampollamiento. Algunos de estos ampollamientos se reventaron y exhiben manchas de óxido extendidas, y en muchos de los casos, el metal base tiene apariencia de no haber sido protegido. Los testigos sellados con un espesor de 0.004 in demuestran áreas con severo ataque y el sellador se perdió en su totalidad, residuos de productos de corrosión son evidentes. Las probetas selladas con vinil muestran buenas condiciones a excepción de una ligera capa de óxido blanco y en algunos de esos productos aparecen pocas y pequeñas áreas de manchas ajenas. Pero no existe evidencia de corrosión en el metal base. (véase tabla No. 11).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

Las probetas no selladas están cubiertas de una gruesa capa de óxido blanco. Solo en algunos casos, están presentes puntos de alfiler como resultado de la infiltración del agente, obviamente con la consecuente presencia de zonas manchadas de óxido rojizo. Esto ocurrió en las probetas con un espesor de 0.004 in de zinc. Por lo que respecta a las capas gruesas de zinc no selladas estas no demuestran evidencia alguna de manchas de color rojizo. Todas aquellas probetas selladas exhiben corrosión en la interfase base-metal. (véase tabla No. 12).

RESULTADOS DE EXPOSICIÓN A INMERSIÓN TOTAL.

PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.

Las piezas no selladas muestran una apariencia de desprendimiento ligeramente mayor que el mostrado en las piezas a inmersión parcial. Sin embargo, estas ampollas tienden a ser de tamaño pequeño y no hay evidencia de crecimiento aún cuando permanecen mucho tiempo bajo este tipo de exposición. El acero tiene una suave protección, en los casos de rompimiento de la capa protectora con exposición del acero al medio, estas muestran similares condiciones que los casos de exposición parcial. Por lo que respecta a las capas selladas siguen mostrando una excelente condición, exhibiendo solo unos pocos y pequeños brotes de manchado. (véase tabla No. 13).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

Las probetas con capas de zinc no selladas de 0.004 in y 0.006 in de espesor han fallado. Las muestras con capas de 0.008 y 0.010 in no presentan redes de óxido, pero casi la mayoría del espesor tiende a convertirse en productos de corrosión, estas muestran una adherencia mixta de óxido blanco en conjunto con suciedad. Las probetas selladas con capas de zinc de 0.004, 0.006 y 0.008 in muestran fallas considerables, mas no así las de 0.010 in de espesor de zinc, las que no exhiben la presencia de óxido. Todas aquellas probetas que tienen fallas están con picado profundo, reflejándose fuerte ataque del metal base. (véase tabla No. 14).

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE EXPOSICIÓN POR INMERSIÓN TOTAL.

BAHÍA DE PAJARITOS, COATZACOALCOS, VERACRUZ.

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ALUMINIO.

Todas las probetas no selladas exhiben una lenta progresión de manchas de color gris-oscuro, con evidencia de ampollamientos de las capas de aluminio (espesores de 0.004 in) (0.10 mm). En las de espesores de 0.006 in (0.15 mm), muestran ampollamiento aproximadamente en una área de 6-20 in². de medidas menores a 1/8 in (3.2 mm) de diámetro. Para aquellas de 0.010 in (0.25 mm), muestran vejigas en un tamaño de 20 in² de 1/8 in (3.2 mm) de diámetro. Pero estos problemas no prevalecen en las superficies de trabajo. El aluminio sellado a una capa muestra un lento ataque. Aquellas con doble capa de sellador tienen una excelente condición. Algunas tienen pocos ampollamientos, pero en las caras de mayor trabajo muestran una apariencia de ligeramente manchado, pero sin evidencia de rompimiento en las ampollas. Y tampoco en estos casos se puede determinar la relación o los efectos de la preparación de superficie empleada. (véase tabla No. 13).

PROBETAS PROTEGIDAS CON CAPAS DE ZINC.

Las capas no selladas con espesor de 0.004 in de zinc muestran una pesada capa de óxido en el metal base. Lo mismo pasa con las del mismo espesor pero selladas y protegidas con aluminio, estas muestran un completo deterioro con evidencia de ataque pronunciado en el metal base, presumiéndose la infiltración del agente a través de los bordes de las caras.

Ambas caras están cubiertas por óxido blanco. Las probetas con un espesor de 0.006 in sin sellador, exhiben óxido en el metal base y en los bordes, donde las superficies planas están cubiertas de pequeños nodos de óxido blanco. Las capas selladas con un espesor de 0.010 in de zinc muestran grandes áreas de óxido blanco pero sin evidencia de oxidación del metal base. Por lo tanto puede resaltarse que el sellador de alquitrán de hulla es dañado con severidad por el ambiente marino, lo que justifica no recomendar este sellador para condiciones de exposición con presencia de agua de mar. Pruebas adicionales de laboratorio sobre este sellador en capas de zinc expuestas a agua de mar artificial, reflejan fallas en el alquitrán como sellador para el zinc. Esto puede indicar que este es afectado por el ion cloro, justificándose que este tipo de sellador esta diseñado para brindar protección en atmósferas industriales donde existen bajos niveles de cloro presentes. (véase tabla No. 14).

TABLA 13. RESULTADOS DE INSPECCION A 8 AÑOS EN EXPOSICION A INMERSION TOTAL PARA CAPAS DE ALUMINIO ASPERSADO.

IDENTIFICACION DE PROBETA		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PREPARACION DE SUPERFICIE DEL METAL BASE		2	2	2	2	2	2	2	2	2
ESPOSOR DE LA CAPA DE ALUMINIO		(µm)	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		(mm)	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15	0.20	0.20
TIPO DE SELLADOR EMPLEADO		NO	AH-1	OM-2	NO	AH-1	OM-2	NO	AH-1	OM-2
SITIO	TIPO MEDIO AMBIENTE									
VERACRUZ VER.	AGUA DE MAR	EL METAL BASE FUE ATACADO. MUESTRA MUCHA CANTIDAD DE OXIDO ROJIZO EN EL AREA. ORDEN DEL 30-50%.	BASE SIN EVIDENCIA DE ATAQUE. SOLO PRESENTA PEQUEÑOS NODOS DE OXIDO BLANCO.	TANTO EL METAL BASE COMO EL ATOMIZADO SE ENCUENTRAN INTACTOS, LO MISMO SUCEDE CON EL SELLADOR.	LA CAPA METALIZADA MUESTRA ALGUNOS AMPOLLAMIENTOS Y PUNTOS DE OXIDO ROJIZO, POSIBLEMENTE DAÑO MECANICO.	IGUAL A LA PROBETA 2	IGUAL A LA PROBETA 3	APARECEN SOBRE LA CAPA PEQUEÑOS AMPOLLAMIENTOS CON PUNTOS DE RUPTURA CON OXIDO ROJIZO Y SE DAÑO MECANICO.	EL SELLADOR MUESTRA NUMERO INTERMEDIO DE NODOS DE PRODUCTO BLANCO DE CORROSION PERDIDA LIGERA DEL SELLADOR.	IGUAL A LA PROBETA 2
PREPARACION DE SUPERFICIE DEL METAL BASE		1	1	1	1	1	1	1	1	1
COATZA-COALCOS VER.	AGUA DE MAR	EL METAL BASE FUE ATACADO EN SU GRAN MAYORIA DEL ORDEN DE 70 A 95% DEL AREA. FALLA ROTUNDA DE LAS CAPAS. ESTA EXHIBE DAÑO MECANICO.	EL METAL BASE NO FUE ATACADO EL METAL ROJIZADO SI FUE ATACADO. FORMACION DE OXIDO ROJIZO EN POCA CANTIDAD. SELLADOR DISIPADO.	TODOS LOS ELEMENTOS ESTAN INTACTOS.	OXIDO BLANCO GENERALIZADO POR AMBAS CARAS. PRESENTA OXIDO ROJIZO EN UN AREA DEL 30%. TAMBIEN PRESENTA PUNTO DE ALFILER.	EL METAL BASE ESTA INTACTO, EL ALUMINIO EXHIBE PEQUEÑOS NODOS ROTOS CON OXIDO BLANCO PRESENTE SIN PERDIDA DE SELLADOR.	IGUAL A LA PROBETA 5	IGUAL A LA PROBETA 4	EL SELLADOR MUESTRA AMPOLLAMIENTO LIBERO A AMBOS LADOS, SE	IGUAL A LA PROBETA 3

PRUEBAS Y NORMAS DE LABORATORIO

MÉTODO STANDARD DE PRUEBA PARA NEBLINA SALINA

DESIGNACIÓN ASTM (B117-85) (G85-85)

Este tipo de pruebas es aprobado por:

- Departamento de la Defensa de Estados Unidos
- Las oficinas de pruebas y métodos standard federales de los E.U.

INTRODUCCIÓN.

Para la realización de las pruebas de campo sobre las piezas se pueden recomendar las siguientes alternativas:

- 1.- Rocío con solución de ácido acético
- 2.- Pruebas cíclicas de baño con características de ambiente salino
- 3.- Pruebas cíclicas con agua de mar
- 4.- Pruebas cíclicas con atmósfera salina mas SO₂

DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

Standard ASTM: D-117, D-287, D-1141, D-165-1, D-609, D-1193 y E-70

SIGNIFICADO Y USO.

Este tipo de ensayos son aplicables a todos los materiales ferrosos y no ferrosos, así como, a todas las capas de orgánicos e inorgánicos depositados.

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Hacer una cuidadosa e inmediata examinación de los daños de la corrosión y de las extensiones de las pruebas, obviamente esta examinación se realizan sobre una superficie seca. No se olvide de anotar todas las fallas o características observadas para cubrir con los requerimientos de la norma.

REPORTE: INFORMACIÓN NECESARIA (D-1150).

- Fecha de inspección
- Fecha de inicio de exposición
- Número consecutivo de la prueba a realizar
- Numeración de la autorización del proveedor
- Tipo de sal y agua usada en la preparación de la solución salina
- Temperatura del medio y de exposición
- P.H. de la solución colectada
- Anotar cambios de coloración o formaciones ajenas a la protección
- Anotar las condiciones climatológicas inusuales
- Anotar los daños o golpes sufridos en la pieza
- Características del baño realizado, incluyendo presión y consumos
- Obtención de acervo fotográfico de apoyo para cada determinación
- Nombre y firma de quien realiza la inspección

**NORMAS PARA LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE OXIDACIÓN
EN UNA SUPERFICIE
DESIGNACIÓN DE NORMA ASTM (D610-85)**

INTRODUCCIÓN.

Este tipo de norma cumple con las características para la evaluación del grado de oxidación de superficies protegidas para la corrosión usando como parámetros, fotografías standard. Estos estándares visuales fueron desarrollados en cooperación con la Cia. Steel Structures Painting Council (S.S.P.C.).

SIGNIFICADO Y USO.

La cantidad de óxido que aparece debajo de las películas protectoras es un factor significativo en determinados sistemas de protección para ser reparadas o reemplazadas. Estas normas prevén medidas estandarizadas para la cuantificación de la cantidad de herrumbre presente.

PROCEDIMIENTO.

La comparación visual de las superficies con las fotografías standards para determina el porcentaje de área oxidada sobre la superficie se apoya en lo siguiente:

Nota 1.- La escala lineal numérica del grado de oxidación es una función exponencial de las áreas con cantidades ligeras de óxido presente y son clasificadas dentro de una escala semilogaritmica que dependiendo del grado de daño pueden caer en la escala diseñada para tal efecto.

Nota 2.- Las representaciones que se muestran en esta norma proporcionan ejemplos de los porcentajes de áreas atacadas y que pueden ser útiles en cuanto al grado de herrumbre formado se refiere.

CAPITULO V
ANALISIS ECONOMICO

La gran mayoría de los trabajos de investigación se fundamentan en establecer una problemática, los factores que la afectan y las posibles soluciones a tomarse en cuenta. Primeramente, deben detectarse las necesidades las cuales provienen de un problema existente y a las cuales no se les ha podido dar solución adecuada para evitarlas o detenerlas en su totalidad, para posteriormente pasarnos a buscar la información que permita contar con los criterios necesarios en busca de soluciones reales para la demanda insatisfecha.

Todo estudio de investigación que tenga como objetivo el de proporcionar datos confiables para solucionar algún problema, debe contar con un análisis económico que permita vislumbrar la factibilidad que posee el producto en estudio. Dicho análisis tendrá que proporcionar una visión panorámica del posible desarrollo del producto, el ahorro que se tendrá con su uso en comparación con otros de su misma especie, las limitaciones que se tendrán cuando este se encuentre funcionando en los equipos y estructuras industriales, las adecuaciones que habrán de desarrollarse para que el producto pueda mostrar todo su potencial, etc.

La aplicación por rociado no requiere de una alta tecnología, el propio equipo brinda una buena eficiencia con un adecuado manejo. Un operador experimentado puede realizar la aplicación en poco tiempo, pero hay que tener en cuenta que todo trabajo está en función de las características del mismo, por lo que las técnicas se diversificarán. En la mayoría de los casos el costo inicial de las aplicaciones por metalizado están por encima de los sistemas multi-capas de orgánicos, pero deben de tomarse en cuenta que estos sistemas a base de pinturas para que brinden una protección efectiva contra la corrosión tendrán que aplicarse nuevamente con cierta frecuencia.

Esto daría como resultado que a largo plazo el costo de dichos sistemas sean mucho mayores que los del metalizado, ya que estos brindan una protección contra la corrosión por más largo tiempo sin necesidad de nuevas aplicaciones. Factor donde realmente se aprecia el costo-beneficio de un sistema de prevención con respecto al otro. En comparación, el costo de mantenimiento de un sistema de protección con capas de pintura en buen estado frecuentemente va de 5 o más veces el costo original. Una capa metalizada protege contra la corrosión de cuatro diferentes maneras y son las siguientes:

- Provee protección galvánica
- Brinda electroquímicamente una mayor pasivación a la base del sustrato
- Provee un inhibidor contra la corrosión
- Crea una capa de barrera

PROCESOS QUE DETERMINAN EL COSTO.

Tipo de equipo a usar, tipo de material abrasivo, accesibilidad de la superficie, tamaño y forma del trabajo, condiciones de la superficie a trabajar, localización de la zona de trabajo, altura a desarrollarse, protecciones adicionales a las zonas periféricas, materiales de combustión para conseguir la flama, material de aportación a utilizar, accesorios adicionales a emplear, espesores de capa a desarrollar, reparaciones adicionales, tipo de sellador a emplear, tipo de pintura de acabado seleccionada, tiempos de entrega, condiciones climatológicas, etc. Las características de los productos, las técnicas y los años de desarrollo permiten ofrecer opciones certeras de como alabar tanto tiempos como costos para eficientar las aplicaciones, así como, evitar las constantes sustituciones de piezas dañadas.

Al respecto se mencionaran las ventajas que pueden ser obtenidas en el empleo de los equipos para metalizar y sus técnicas:

- Versatilidad y rapidez en la aplicación del material
- Facilidad de control en los espesores de las capas
- Facilidad de manejo de los materiales por depositar
- Maniobrabilidad de los equipos para su transportación
- Obtención de excelentes texturas de acabado
- Excelente adherencia de las capas aportadas
- Facilidad de superposición y compatibilidad de metales y aleaciones
- Por trabajar a bajas temperaturas, se elimina toda probabilidad de deformación de las piezas
- Flexibilidad para resistir el agrietamiento
- Soporta daños por operación y manejo
- Permite compatibilidad con otros procesos de protección
- Muestran baja absorción de humedad
- Exhiben alta resistencia eléctrica
- Presentan excelente resistencia a altas temperaturas

ANALISIS ECONOMICO:

BASE DE CALCULO:	1 m ² DE SUPERFICIE
ALURA CONSIDERADA	DE 0.0 A 3.0 m
MATERIAL SUBSTRATO	LAMINA DE ACERO AL CARBON
PROCESO	LIMPIEZA A METAL BLANCO A BASE DE CHORRO DE ARENA (SAND-BLAST)
MATERIAL ABRASIVO	ARENA SILICA CON TAMAÑO DE PARTICULA CON TAMIZ 20 A 30 CON UN 90% DE RETENIDOS.
DIAMETRO DE LA BOQUILLA:	4.763 mm (3/16 in)
CONSUMO APROX. DE ABRASIVO	226.3 kg/hr.
RELACION DE AVANCE POR DIA (8 hr)	60 m ² /día

CALCULOS:

RENDIMIENTO:

$$60 \text{ m}^2/\text{día} (1 \text{ día}/8\text{hr}) = 7.5 \text{ m}^2/\text{hr}$$

$$60\text{min}/\text{hr} (1\text{hr}/7.5 \text{ m}^2) = 8.0 \text{ min}/\text{m}^2$$

EFICIENCIA:

$$8.0 \text{ min}/\text{m}^2/0.85 = 9.41 \text{ min}/\text{m}^2$$

CONSUMO DE ARENA:

$$226.3 \text{ kg}/\text{hr} (1\text{hr}/60\text{min}) (9.41 \text{ min}/\text{m}^2) = 35.49 \text{ kg}/\text{m}^2$$

COSTO DE LA ARENA

Paridad del nuevo peso con respecto al dolar (\$ 6 \$/ dolar)

$$\$ 0.85/\text{kg} (35.49 \text{ kg}/\text{m}^2) = \$ 30.47/\text{m}^2$$

RENTA DEL COMPRESOR

$$\$ 7.500/\text{mes} (1 \text{ mes}/24 \text{ días}) (1 \text{ día}/8 \text{ hr}) (1 \text{ hr}/60 \text{ min}) (9.41 \text{ min}/\text{m}^2) = \$ 6.13/\text{m}^2$$

OTRO METODO

$$\$ 7.500/\text{mes} (1 \text{ mes}/24 \text{ días}) = \$ 312.50/\text{día}$$

$$\text{factor: } 9.41 \text{ min}/480 \text{ min} = 0.020$$

$$\text{por lo tanto: } \$ 312.50 (0.020) = \$ 6.25/\text{m}^2$$

COSUMO DE DIESEL

$$90 \text{ lts}/\text{día} (1 \text{ día}/8 \text{ hr}) (1 \text{ hr}/60 \text{ min}) (9.41 \text{ min}/\text{m}^2) = 1.76 \text{ lts}/\text{m}^2$$

RENTA DE LA OLEA DE SAND-BLAST

$$\$ 4.500/\text{mes} (1 \text{ mes}/24 \text{ días}) (1 \text{ día}/8 \text{ hr}) (1 \text{ hr}/60 \text{ min}) (9.41 \text{ min}/\text{m}^2) = \$ 3.68/\text{m}^2$$

OTRO METODO

$$\$ 4.500/\text{mes} (1 \text{ mes}/24 \text{ días}) = \$ 187.50/\text{día}$$

$$\text{factor: } 9.41 \text{ min}/480 \text{ min} = 0.020$$

$$\text{por lo tanto: } \$ 187.50 (0.020) = \$ 3.75/\text{m}^2$$

RENTA DE ANDAMIOS

$$\$ 1.800/\text{mes} (1 \text{ mes}/24 \text{ días}) (1 \text{ día}/8 \text{ hr}) (1 \text{ hr}/60 \text{ min}) (9.41 \text{ min}/\text{m}^2) = \$ 1.47/\text{m}^2$$

OTRO METODO

$$\$ 1.800/\text{mes} (1 \text{ mes}/24 \text{ días}) = \$ 75/\text{día}$$

$$\text{factor: } 9.41 \text{ min}/480 \text{ min} = 0.020$$

$$\text{por lo tanto: } \$ 75 (0.020) = \$ 1.50/\text{m}^2$$

DEPRECIACION DE LA LONA

$$\text{\$ } 900/\text{mes (1mes/24días) (1día/8hrs) (1hr/60min) (9.41min/m2) = \text{\$ } 0.74/\text{m}^2$$

OTRO ME TODO:

$$\text{factor: } 9.41 \text{ min}/11520 \text{ min} = 0.00082$$

$$\text{por lo tanto: } \text{\$ } 900.00 (0.00082) = \text{\$ } 0.74/\text{m}^2$$

DEPRECIACION DEL EQUIPO DE SEGURIDAD:

$$\text{\$ } 2,000/\text{mes (1mes/24días) (1día/8hrs) (1hr/60min) (9.41min/m2) = \text{\$ } 1.63/\text{m}^2$$

OTRO ME TODO:

$$\text{factor: } 9.41 \text{ min}/11520 \text{ min} = 0.00082$$

$$\text{por lo tanto: } \text{\$ } 2,000 (0.00082) = \text{\$ } 1.64/\text{m}^2$$

DEPRECIACION DE FILTROS Y CARTUCHOS:

$$\text{\$ } 2,000/\text{mes (1mes/24días) (1día/8hrs) (1hr/60min) (9.41 min/m2) = \text{\$ } 1.63/\text{m}^2$$

<u>BASE DE CALCULO:</u>	1 m ² DE SUPERFICIE
ALTURA CONSIDERADA:	DE 0.0 A 3.0 m
MATERIAL SUSTRATO:	LAMINA DE ACERO AL CARBON
PROCESO:	LIMPIEZA A METAL BLANCO A BASE DE CHORRO GRANALLA (GRIND-BLAST)
MATERIAL ABRASIVO:	GRANALLA DE ONDO DE ALUMINIO CON TAMAÑO DE PARTICULA SAE-G20
DIAMETRO DE LA BOQUILLA:	7.94 mm (5/16 in)
CONSUMO APROXIMADO DE ABRASIVO:	340.2 kg/hr
RENDIMIENTO:	30 m ² /día

CALCULOS:

RENDIMIENTO:

$$30\text{m}^2/\text{día} (1\text{día}/8\text{hrs}) = 3.75 \text{ m}^2/\text{hr}$$

$$\text{por lo tanto: } 60\text{min}/3.75\text{m}^2 = 16\text{min}/\text{m}^2/0.85 = 18.8 \text{ min}/\text{m}^2$$

CONSUMO DE GRANALLA:

$$340.20\text{kg}/\text{hr} (1\text{hr}/60\text{min}) (18.8\text{min}/\text{m}^2) = 106.60 \text{ kg}/\text{m}^2$$

COSTO DE LA GRANALLA:

$$106.60\text{kg}/\text{m}^2 (\$ 5.71/\text{kg}) = \$ 608.70/\text{m}^2$$

Nota - Se puede considerar que este tipo de material se puede reciclar hasta 10 veces tomando muy en cuenta la no contaminación del mismo.

$$\text{por lo tanto: } 106.60/\text{m}^2/10 = 10.66\text{kg}/\text{m}^2 (\$ 5.71/\text{kg}) = \$ 60.86$$

RENTA DEL COMPRESOR

$$\text{\$ } 2,000/\text{mes (1mes/24días) (1día/8hrs) (1hr/60min) (18.8min/m2)} = \text{\$ } 3.26/\text{m2}$$

OTRO METODO:

$$\text{factor: } 18.8\text{min}/480\text{min} = 0.039$$

$$\text{por lo tanto: } \text{\$ } 2,000/\text{mes (1mes/24días)} = \text{\$ } 83.33/\text{día (0.039)} = \text{\$ } 3.24/\text{m2}$$

DEPRECIACION DE LA PISTOLA GRANALLADORA.

$$\text{\$ } 800.00/\text{mes (1mes/24días) (1día/8hrs) (1hr/60min) (18.8min/m2)} = \text{\$ } 1.31/\text{m2}$$

OTRO METODO:

$$\text{factor: } 18.8\text{min}/11520\text{min} = 0.0016$$

$$\text{por lo tanto: } \text{\$ } 800.00 (0.0016) = \text{\$ } 1.28/\text{m2}$$

RENTA DE ANDAMIOS:

$$\text{\$ } 1,800/\text{mes (1mes/24días) (1día/8hrs) (1hr/60min) (18.8min/m2)} = \text{\$ } 2.94/\text{m2}$$

OTRO METODO:

$$\text{factor: } 18.8\text{min}/480\text{min} = 0.039$$

$$\text{por lo tanto: } \text{\$ } 1,800/\text{mes (1mes/24días)} = \text{\$ } 75.00/\text{día (0.039)} = \text{\$ } 2.94/\text{m2}$$

DEPRECIACION DE LA LONA:

$$\text{\$ } 900/\text{mes (1mes/24días) (1día/8hrs) (1hr/60min) (18.8min/m2)} = \text{\$ } 1.47/\text{m2}$$

OTRO METODO:

$$\text{factor: } 18.8\text{min}/480\text{min} = 0.039$$

$$\text{por lo tanto: } \text{\$ } 900/\text{mes (1mes/24días)} = \text{\$ } 37.50/\text{día (0.039)} = \text{\$ } 1.47/\text{m2}$$

BASE DE CALCULO:

1 m² DE SUPERFICIE

ALTURA CONSIDERADA:

DE 0.0 A 3.0 m

MATERIAL DE SUSTRATO:

LAMINA DE ALCERO AL CARBON

PROCESO:

METALIZADO CON ALAMBRE DE ALUMINIO

ESPESOR:

0.15 mm (0.006 in)

DIAMETRO DEL ALAMBRE:

3.18 mm (1/8 in)

DATOS OBTENIDOS DE LA TABLA DEL FABRICANTE:

CONSUMO DE METAL:

12lb/hr

CONSUMO DE OXIGENO:

83 ft³/hr

CONSUMO DE ACETILENO:

40 ft³/hr

VELOCIDAD DE DEPOSITO:

120 in³/hr

CALCULOS:

VOLUMEN:

$$1 \text{ m}^2 (1550 \text{ in}^2/\text{m}^2) (0.006 \text{ in}) = 9.3 \text{ in}^3$$

TIEMPO DE APLICACION:

$$9.3 \text{ in}^3 / 120 \text{ in}^3/\text{hr} = 0.08 \text{ hr}/\text{m}^2$$

CONSUMO DE ALAMBRE:

$$12 \text{ lb}/\text{hr} (0.454 \text{ kg}/\text{lb}) (0.08 \text{ hr}/\text{m}^2) = 0.436 \text{ kg}$$

EFICIENCIA:

$$0.436 \text{ kg} / 0.85 = 0.513 \text{ kg/m}^2$$

$$0.513 \text{ kg/m}^2 (\$ 40.00/\text{kg}) = \$ 20.52$$

CONSUMO DE OXIGENO:

$$83 \text{ ft}^3/\text{hr} (0.08 \text{ hr}) (0.0283 \text{ m}^3/\text{ft}^3) = 0.188 \text{ m}^3$$

EFICIENCIA:

$$0.188 \text{ m}^3 / 0.85 = 0.221 \text{ m}^3$$

$$0.221 \text{ m}^3/\text{m}^2 (\$ 14.33/\text{m}^3) = \$ 3.17$$

CONSUMO DE ACETILENO:

$$40 \text{ ft}^3/\text{hr} (0.008 \text{ hr}) (0.0283 \text{ m}^3/\text{ft}^3) (1.18 \text{ kg/m}^3) = 0.107 \text{ kg}$$

EFICIENCIA:

$$0.107 / 0.85 = 0.125 \text{ kg}$$

$$0.125 \text{ kg/m}^2 (\$ 48.07/\text{kg}) = \$ 6.00$$

BASE DE CALCULO:

1 m² DE SUPERFICIE

ALTURA CONSIDERADA

DE 0.0 A 3.0 m

MATERIAL SUSTRATO:

LAMINA DE ACERO AL CARBON

PROCESO:

MEJALIZADO CON ALAMBRE DE ZINC

ESPESOR:

0.15 mm (0.006 in)

DIAMETRO DEL ALAMBRE:

3.18 mm (1/8 in)

DATOS OBTENIDOS DE LA TABLA DEL FABRICANTE:

CONSUMO DE METAL:

45 lb/hr

CONSUMO DE OXIGENO:

86 ft³/hr

CONSUMO DE ACETILENO:

40 ft³/hr

VELOCIDAD DE DEPOSITO:

130 in³/hr

CALCULOS:

VOLUMEN:

$$1 \text{ m}^2 (1550 \text{ in}^2/\text{m}^2) (0.006 \text{ in}) = 9.3 \text{ in}^3$$

TIEMPO DE APLICACION:

$$9.3 \text{ in}^3 / 130 \text{ in}^3/\text{hr} = 0.07 \text{ hr}/\text{m}^2$$

CONSUMO DE ALAMBRE

$$52 \text{ lb/hr} (0.454 \text{ kg/lb}) (0.07 \text{ hr}) = 1.01 \text{ kg}$$

EFICIENCIA

$$1.43 \text{ kg}/0.85 = 1.18 \text{ kg/m}^2$$

$$1.18 \text{ kg/m}^2 (\$ 35.00/\text{kg}) = \$ 41.70$$

CONSUMO DE OXIGENO

$$86 \text{ ft}^3/\text{hr} (0.07 \text{ hr}) (0.0283 \text{ m}^3/\text{ft}^3) = 0.17 \text{ m}^3$$

EFICIENCIA

$$0.17 \text{ m}^3/0.85 = 0.20 \text{ m}^3$$

$$0.20 \text{ m}^3/\text{m}^2 (\$ 14.33/\text{m}^3) = \$ 2.87$$

CONSUMO DE ACETILENO

$$40 \text{ ft}^3/\text{hr} (0.07 \text{ hr}) (0.0283 \text{ m}^3/\text{ft}^3) (1.18 \text{ kg/m}^3) = 0.094 \text{ kg}$$

EFICIENCIA

$$0.094 \text{ kg}/0.85 = 0.110 \text{ kg}$$

$$0.110 \text{ kg/m}^2 (\$ 48.07/\text{kg}) = \$ 5.29$$

BASE DE CALCULO: 1 m² DE SUPERFICIE

ALTEURA CONSIDERADA: DE 0.0 A 3.0 m

MATERIAL SUSTRATO: LAMINA DE ACERO AL CARBON

PROCESO: PINTURA ESPECIFICACION RA-26 Y RP-6 (EPONICA CATALIZADA)

ESPESOR: 0.15 mm (0.006 in)

EQUIPO A USAR: AIRLESS

DATOS DEL FABRICANTE:

PRIMARIO EPOXICO

ESPESOR DE PELICULA SECA: 0.0015 in

RENDIMIENTO A 1.5 mils: 7.0 m²/lt

RELACION DE MEZCLA: 1 : 0.3

No. DE CAPAS NECESARIAS: 1

CALCULOS:

CONSUMO DE PRIMARIO:

$$1\text{m}^2 (110/7\text{m}^2) = 0.143 \text{ lts}$$

eficiencia: $0.143 / 0.85 = 0.160$ lts de primario ya preparado.

de los cuales se necesitan: $0.160 (0.80) = 0.128$ lts de parte A

y se necesitan de adelgazador: $0.160 (0.20) = 0.032$ lts de parte B

ACABADO EPOXICO

Nº DE CAPAS NECESARIAS	2
ESPESOR DE PELICULA DE CAPA	0.005 m (por capa)
RENDIMIENTO A 5 mils	4.5 m ² /lt
RELACION DE MEZCLA	2 : 1

ADELGAZAMIENTO DEL 30 AL 40% EN VOLUMEN

CALCULOS:

CONSUMO DE PINTURA:

1 m² (1 lt/4.30 m²) = 0.233 lts
por la eficiencia: 0.233 lts/0.85 = 0.274 lts
de los cuales 0.109 lts corresponden al reductor
0.056 lts corresponden al catalizador
0.109 lts corresponden a la resina

POR LO TANTO EL COSTO SERA:

Pintura de acabado	= 0.109 (\$ 47.43) = \$ 5.17
Catalizador	= 0.56 (\$ 61.77) = \$ 34.59
Reductor	= 0.109 (\$ 24.58) = \$ 2.68
Primario epoxico	= 0.128 (\$ 50.41) = \$ 6.45
Adelgazador	= 0.032 (\$ 20.54) = \$ 0.66
Total	= \$ 49.55

<u>BASE DE CALCULO:</u>	1 m ² DE SUPERFICIE
AL TURA CONSIDERADA	DE 0-0 A 3.0 m
MATERIAL SUSTRATO:	LAMINA DE ACERO AL CARBON
PROCESO:	PINTURA ESPECIFICACION RE-32 (PINTURA MAREA-OLEAJE)
ESPESOR:	0.100 m (2.54 mm)
EQUIPO A USAR:	ESPATULA
DATOS DEL FABRICANTE:	
RENDIMIENTO A 0.100 in:	2.5 lts/m ²
POST-LIFE (FUERA DEL AGUA)	2.3 HORAS
CURADO INICIAL (20 °C)	4 HORAS
CURADO DURO (20 °C)	24 HORAS
CURADO TOTAL (20 °c)	7 DIAS

CALCULOS.

CONSUMO DE PINTURA A 0.050 in DE ESPESOR: 1.25 lts/m²

EFICIENCIA: $1.25 \text{ lts} / 0.85 \approx 1.47 \text{ lts/m}^2$

CAPITULO VI.
CONCLUSIONES

DISCUSIÓN.

La corrosión atmosférica de los recubrimientos metálicos es un proceso complejo que envuelve numerosas reacciones, entre los factores que pueden modificar estas reacciones se pueden citar: la forma natural del material, su espesor y el medio de exposición. Los componentes principales de la atmósfera que reaccionan con el aluminio y/o el zinc generalmente se suponen son los gases de SO₂, NO_x y el H₂S cuando se habla de atmósfera industrial y se pueden destacar los cloratos, el CO₂ y el H₂O en ambientes salinos. La identificación de los productos de la corrosión pueden dar información sobre las posibles reacciones presentes, pero nos enfrentamos a dificultades para su identificación tales como:

- 1)- La solubilidad de los productos
- 2).- La interferencia del sustrato cuando se intenta una análisis de la superficie del recubrimiento.
- 3).- Y la dificultad de remoción en volúmenes suficientes del producto corrosivo, como una cantidad representativa para el análisis de la mayoría de ellos.

De los productos más comúnmente identificados con auxilio de técnicas como: la difracción de rayos X, el microscopio de electrón analítico y el analizador de sonda electrón. Usualmente revelan la relación microestructural entre capas, especialmente cuando están presentes multifases corroídas de las aleaciones de los recubrimientos, claro está que el uso de las técnicas múltiples dificulta la interpretación. Y una de las fuertes limitantes de esta técnica es de que estos productos tienen que ser cristalinos. En otros casos se puede recurrir a el auxilio de los análisis por vía húmeda para su identificación. Este tipo de análisis confirma la predominación de los sulfatos y la falta de cloratos, nitratos y fosfatos.

Evidentemente los productos de zinc son más solubles que los residuos compuestos por el aluminio. En resumen, los productos principales en los recubrimientos sobre acero de aluminio son los sulfuros hidratados amorfos de aluminio para todas las exposiciones, principalmente en la industrial y marina, sumamos a estas últimas los hidróxidos de aluminio. El principal producto de la corrosión en los recubrimientos de zinc son el hidrozincato, el ZnO y el ZnSO₄. El tiempo de exposición juega un factor importante ya que se ha detectado disminución en la concentración de zinc en los sulfatos y un incremento de Al(OH)₃ relativo en el Al₂(OH)₆.H₂O como lo sugieren algunos autores.

Los recubrimientos de zinc por ejemplo, presentan contenidos de (FeOOH), confirmando el fracaso de dicha protección. El Fe₃O₄ puede también ser formado sobre las superficies de cada una de las muestras pero solo en aquellas en contacto con atmósferas industriales, pero no puede ser incluido como productos de corrosión, ya que este no es estable, mejor pensemos en que es más probable que se disuelva.

Por un motivo este trabajo de tesis no lleva como objetivo la identificación de los productos de corrosión, lo que se pensaría dejar como tema para futuros estudios de investigación. Ahora solo me centraré en reflejar las conclusiones con base a los datos registrados de los comportamientos bajo exposición ambiental y siendo objetivo en recomendar los espesores más óptimos de los sistemas de aspersión con la firme intención de aportar la experiencia acumulada durante estos años de investigación, fortalecido por el contacto directo de aplicaciones reales de campo. Y que después de analizar los datos recopilados de las probetas en condiciones de operación, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1).- Capas rociadas con Aluminio de 0.006- 0.008 in. (0.15-0.20 mm) de espesor, con sellador y sin sellador, ofrecen una completa protección contra la corrosión en agua salada, en atmósfera industrial y también en severo ambiente marino

2).- Las capas de zinc no selladas, requieren 0.012 in. (0.30 mm.) como espesor mínimo para ofrecer una completa protección en contacto con agua de mar para este espacio de tiempo. En ambiente severo marino y de atmósfera industrial, 0.010 in. (0.25 mm.) de zinc no sellado o de 0.004-0.006 in. (0.10-0.15 mm) de zinc sellado son recomendables para extender la vida de las piezas protegidas.

3).- En atmósferas de ambiente marino severo, la aplicación de una capa de primario más una o dos capas de epóxico para oleajes y mareas mantienen la apariencia y extienden la vida de las capas de zinc casi al 100%. lo mismo sucede con el Aluminio. Los sistemas sellados primeramente, protegen la apariencia porque, ambos sistemas demuestran al metal base sin óxido después de la última inspección realizada.

4).- Capas delgadas de aluminio, indican un mal comportamiento porque, estas tienen una mayor tendencia a desarrollar picaduras y ampollamientos, por lo tanto permiten suponer una débil extensión en la vida de la pieza. El epóxico oleaje-marca parece ofrecer un mejor comportamiento porque aseguran una mayor obturación y evita la penetración del agente corrosivo hasta el metal base, brindando mayor seguridad. No descartemos el empleo de silicón de aluminio que también ofrece similares características como sellador.

5)- Donde las capas de aluminio muestran daños tales como las muescas o raspaduras, la corrosión no se muestra progresiva, lo que permite sugerir una ocurrencia de protección galvánica generada por un campo magnético

6)- La protección ante la corrosión ofrecida por las capas de zinc y aluminio no se ve afectada por el método de preparación en superficie seleccionado. Específicamente este, sirven para darle mayor adhesión a la capa de aportación. Para partes largas o grandes o para capas con espesores que exceden las 0.006 in (0.15 mm.) es recomendable usar abrasivo de cuarzo (arena sílica) y para áreas pequeñas el óxido de aluminio, porque no hay que perder de vista el factor económico.

7)- El uso de las capas aspersadas de aluminio y zinc son recomendadas para extender la vida de estructuras tanto de hierro como de aceros y de algunas aleaciones, incluyendo los propios aceros inoxidables.

8)- En el caso de exposiciones industriales y rurales, los acabados epóxicos y vinílicos cumplen satisfactoriamente los embates del medio, e involucrando el factor económico podemos pensar en espesores de 0.004 in (0.10 mm) de zinc o de aluminio y una o dos capas de sellador.

GLOSARIO

G L O S A R I O

ABRASION .- Proceso de frotar, esmerilar o gastar por fricción.

ABRASIVO .- Sustancia utilizada para esmerilar, bruñir, lapear, supemar, pulir o limpiar por medio de chorro a presión o para terminados por tratamiento en cilindros giratorios.

ACABADO .- Operación mediante la cual se termina el trabajo de un elemento de pieza metálica. /Recubrimiento que esta en contacto con el medio ambiente y su función es promover la impermeabilidad del sistema.

ACCESORIO .- Instrumento a aparato que no es parte integral de una máquina ó que sirve para una actividad en particular.

ACCION LOCAL .- Corrosión causada por celdas locales en la superficie de un metal.

ACEITE .- Producto de origen mineral, animal ó vegetal, fluido a temperatura ordinaria y constituido, en primer termino por hidrocarburos pesados y en los otros dos por una mezcla de glicerinas. Necesario retirar de la superficie a metalizar.

ACEITE SECANTE .- Un aceite que cambia de líquido a sólido por reacción lenta con el oxígeno del aire.

ACERADO.- Parecido al acero, que contiene acero; recubierto de acero.

ACERO.- Aleación de base hierro, maleable en algún intervalo de la temperatura a que fue inicialmente fundida; contiene manganeso, generalmente carbono y a menudo otros elementos de aleación. En acero al carbono y aceros de baja aleación, el máximo contenido de carbono es del 2.0% aproximadamente; en aceros de alta aleación, del 2.5 % aproximadamente. La línea de separación entre aceros de baja aleación y aceros de alta aleación, se considera generalmente en el orden del 5% de elementos metálicos de aleación.

ACERO ALEADO.- Acero con grandes cantidades de elementos de aleación (distintos del carbono y de las cantidades comúnmente aceptadas de manganeso, silicio, azufre y fósforo), agregados para efectuar cambios en las propiedades mecánicas ó físicas.

ACERO AUSTENITICO.- Acero aleado cuya estructura es normalmente austenítica a temperatura ambiente.

ACERO INOXIDABLE.- Acero especial resistente a los diferentes agentes corrosivos a temperatura ambiente o moderada. (300 °C)

ACERO LAMINADO.- Acero con un contenido moderado de carbono o ligeramente aleado, que permite obtener chapa, ralles o perfiles.

ACERO TREFILADO.- Acero menos rico en carbono que el acero moldeado, que se hace pasar por la hilera para obtener hilos para cable.

ACETILENO.- Hidrocarburo no saturado gaseoso con triple enlace C_2H_2 , que se obtiene por la acción del agua sobre el carburo cálcico.

ACETONA.- Líquido incoloro $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$, de olor agradable, volátil, flamable, con una función cetona, utilizado como disolvente.

ACUMULADOR.- Un almacenador de corriente continua, al cargarse, transforma la energía eléctrica en energía química y viceversa.

ACIDEZ.- Caracter ácido de una sustancia.

ACIDO.- Que tiene sabor parecido al del vinagre o al del limón. Compuesto hidrogenado que en solución acuosa produce iones H^+ y que actúa sobre las bases y sobre numerosos metales formando sales por sustitución del hidrogeno por el metal. Todo cuerpo, molécula o ión capaz de ceder un protón H^+ .

ACTIVO.- La condición de la superficie metálica cuando están ausentes las capas protectoras o de pasividad.

ADHERENCIA.- Acción y efecto de adherir o adherirse, pegarse.

ADHESION.- Fijación de un cuerpo a otro como consecuencia de las fuerzas moleculares (o átomos) de las diferentes fases, unión física. Contrasta con la cohesión.

ADITIVO.- Dícese de la sustancia que se agrega a otras para darles cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

AGRESIVO.- Adjetivo que implica agresión, provocación o ataque.

AGRIETAMIENTO.- Acción y efecto de agrietarse, rotura en un revestimiento, que atraviesa su espesor total.

AGRIETAMIENTO BAJO TENSION POR SULFURO.- Fragilidad resultante de la corrosión bajo tensión de un metal en un ambiente que contiene sulfuro, hidrogeno y agua.

AGUJEROS EN LA SUPERFICIE.- Formación de pequeñas y agudas cavidades en la superficie de un metal por erosión, electrodeposición o por corrosión.

AIRE COMPRIMIDO.- Aire cuyo volumen se ha reducido por medio de un aumento de presión, con el objeto de utilizar el movimiento que se produce al permitir su expansión.

AISLANTE.- Cuerpo no conductor del calor o de la electricidad.

AISLAMIENTO ELECTRICO.- La condición de estar separado eléctricamente de otro metal o del ambiente.

AISLAMIENTO TERMICO.- La condición de estar separado térmicamente de otros materiales o del medio.

ALAMBRE.- Hilo tirado de cualquier metal.

ALARGAMIENTO.- Propiedad que presentan los metales y sus aleaciones de alargarse cuando se les somete a efectos de tracción.

ALCALIMETRIA.- Determinación del título de una solución básica o alcalina.

ALCALINO.- Relativo a los álcalis. Metales alcalinos, metales monovalentes que combinados con el oxígeno dan álcalis. (Litio, Sodio, Potasio, Rubidio, Cesio y Francio).

ALEACION.- Sustancia con propiedades metálicas y compuesta por dos ó más elementos químicos de los cuales por lo menos uno es un metal elemental.

ALEACION BINARIA.- Aleación que contiene dos elementos componentes.

ALEACION, ELEMENTO DE : Elemento agregado a un metal para efectuar cambios en las propiedades y que permanece dentro del metal.

ALEAR.- Mezclar dos o más metales fundiéndolos.

ALOTROPIA.- Fenómeno reversible mediante el cual ciertos metales pueden existir en más de una estructura cristalina, si no es reversible el fenómeno se llama "polimorfismo".

ALUMINIZADO.- Formación de una recubierta de aluminio o de aleación de aluminio sobre un metal por sumersión en un baño caliente.

AMALGAMA.- Mezcla de elementos heterogéneos.

AMBIENTE.- El medio o condiciones (físicas, químicas, mecánicas), en las cuales existe un material.

AMORFO.- Que no tiene estructura cristalina, no cristalino.

AMPERIMETRO.- Aparato para medir la intensidad de una corriente eléctrica.

AMPERIO.- Unidad básica legal de intensidad de corriente.

AMPOLLA.- Orificio en una pieza fundida o soldadura producida por gas atrapado durante la solidificación o por efecto de la filtración del agente corrosivo.

AMPOLLAMIENTO POR HIDROGENO.- Formación de vacíos superficiales producidos por absorción de hidrógeno en una aleación, de baja resistencia.

ANCLAJE.- Elemento para asegurar la fijación de una obra o de un elemento de construcción sometido a un esfuerzo de tracción o a un empuje.

ANAEROBICO.- Libre de aire u oxígeno sin combinar

ANHIDRIDO.- Cuerpo químico que produce un ácido al combinarse con el agua.

ANION.- Ión cargado negativamente o radical (en la electrólisis se orienta hacia el ánodo), que es atraído hacia el ánodo a causa de la influencia de un gradiente de potencial.

ANIONICO.- Relativo a los aniones, emulsión aniónica, emulsión estable en un medio básico alcalino.

ANODICO.- Relativo al ánodo.

ANODIZADO.- Formación de una cubierta de conversión sobre la superficie de un metal por oxidación anódica; se aplica más frecuentemente al aluminio.

ANODO.- Electrodo de entrada de corriente en un voltámetro o electrodo que recoge el fluido eléctrico en un tubo de descarga.

ANODO GALVANICO.- Un metal activo que provee protección superficial a otro metal, cuando se acoplan los dos en un electrólito. El metal protegido es más noble en la serie galvánica que el material del ánodo.

ANOLITO.- El electrólito de una celda electrolítica, adyacente al ánodo.

ANTICRUSTANTE.- Se refiere a la prevención del crecimiento o adherencia de organismos marinos sobre una superficie de metal sumergido (a través de los efectos de la acción química).

ARCO ELECTRICO.- Equipo que dispersa metal fundido, para atomizarlo se auxilia de aire y corriente eléctrica.

ASTILLAMIENTO.- La fragmentación o separación de una superficie o de un revestimiento.

ATAQUE EN FILO DE CUCHILLO.- El que sufre un metal en virtud de la acción química o electrolítica preferencial a fin de revelar detalles estructurales.

ATAQUE PROFUNDO.- Severo ataque químico de una superficie metálica, a fin de revelar rasgos burdos, como segregaciones, fisuras, porosidad o flujo de grano.

ATAQUE DE CAVITACIÓN.- Erosión-corrosión localizada provocada por una turbulencia de un fluido. Puede acelerarse por burbujas atrapadas en el líquido.

ATAQUE POR DEPOSITOS.- Corrosión que ocurre debajo o alrededor de un depósito discontinuo, sobre una superficie metálica.

ATOMIZADO O ROCIADO TERMICO.- Aplicación de un revestimiento metálico o no metálico en forma líquida o semi-líquida auxiliada de calor, para formar un recubrimiento (el metal protector puede ser rociado en forma de alambre o polvo).

AUSTENITA.- Solución sólida de uno o más elementos en hierro cúbico centrado en las caras.

AUTODIFUSION.- Movimiento espontaneo de un átomo a un nuevo sitio en un cristal de su propia especie.

AUTOGENO.- Soldadura autógena, soldadura de dos piezas del mismo metal por fusión, con o sin aporte de un metal de igual composición.

BAINITA.- Producto de descomposición de la austenita que consiste en un agregado de ferrita y carburo. En general, se forma a temperaturas inferiores a aquellas en que se forma perlita muy fina y superiores a aquellas en que la martensita se empieza a formar al enfriar. Su apariencia es plumosa si se forma en la parte superior del intervalo de temperatura y acicular, pareciendo martensita revenida si se forma en la parte inferior.

BAR.- Unidad de presión (10.E.5 N/m²).

BATERIA.- Conjunto de pilas galvánicas o de acumuladores para elevar la intensidad de la corriente y/o la tensión.

BIMETALICO.- Aplicación formada por dos metales.

BIPARTIDO.- Dicese de toda pieza que esta dividida en dos segmentos.

BIPOLAR.- Que tiene dos polos.

BISEL.- Borde cortado oblicuamente, en vez de formar arista en ángulo recto.

BITUMINOSOS.- Que contiene betún o alquitrán, o que lo produce por destilación.

BLANDO.- Que cede fácilmente a la presión.

BRUÑIR.- Pulir la superficie de los metales para darles un aspecto brillante.

CAJA.- Pieza sobre la que se apoyan los cojinetes en un laminador. / Area de preparación para una pieza, donde se elimina el material dañado.

CALENTAMIENTO SELECTIVO.- Calentar solo ciertas porciones de un objeto de manera que tenga las propiedades deseadas después de enfriar.

CALOR, FRACTURA POR.- Patrón de fisuras paralelas superficiales que se forman por rápido calentamiento y enfriamiento alternado de la superficie extrema del metal.

CALORIA.- Unidad de trabajo, energía y cantidad de calor (4.1868 julios).

CÁMPO ELECTRICO.- Dominio en el espacio en el que actúan fuerzas eléctricas sobre las cargas eléctricas.

CARBORUNDO O CARBORUNDUM.- Carburo de silicio artificial, utilizado como abrasivo.

CARBURIZAR.- Introducir carburo en una aleación sólida ferrosa manteniéndola por arriba de AC_1 en contacto con un material carbonoso adecuado, el cual puede ser sólido, un líquido o un gas. La aleación carburizada se endurece generalmente por temple.

CARBURO.- Compuesto de carbono con uno o más elementos metálicos.

CARGA.- La cantidad de electricidad positiva o negativa contenida en un cuerpo, es siempre un múltiplo entero de la carga eléctrica elemental.

CATALIZAR.- Actuar como catalizador en una reacción, provocar alguien o algo una reacción mediante su intervención o por su sola presencia.

CATION.- Ión con carga positiva que en la electrólisis se dirige al cátodo.

CATODICA PROTECCION.- Protección parcial o completa de un metal contra la corrosión por medio de un cátodo, utilizando ya sea corriente galvánica o aplicada.

CATODO.- Electrodo en el que los electrones entran (la corriente sale) en un sistema de operación, como una batería, una celda electrolítica, un tubo de rayos X o un tubo al vacío.

CAVITACION, DAÑO POR.- Desgaste de un metal a causa de la formación y colapso de huecos en un líquido.

CEDENCIA , RESISTENCIA A LA.- Esfuerzo en el que un material exhibe una desviación específica, de la proporcionalidad existente entre el esfuerzo y la deformación. Una compensación del 0.2% se utiliza para muchos metales.

CELDA DE CONCENTRACION (IONICA).- Una celda galvánica constituida cuando dos piezas del mismo metal se conectan eléctricamente en soluciones de diferente concentración iónica.

CELDA GALVANICA.- Dos metales disímiles en contacto eléctrico en presencia de un electrolito acuoso.

CEMENTITA.- Compuesto de hierro y carbono conocido químicamente como carburo de hierro, se caracteriza por una estructura cristalina ortorrómbica.

CELDA DE CONCENTRACION DE OXIGENO.- Celda galvánica formada cuando dos piezas del mismo metal se conectan eléctricamente, pero en soluciones de distinta concentración de oxígeno.

CENTRADO.- Determinación de la posición del centro geométrico, de gravedad, etc., de una figura, pieza o aparato.

CENTRO.- Punto respecto del cual todos los puntos de una figura geométrica son simétricos.

CENTRO DE MASA.- Un punto en el que se supone concentrada toda la masa de un cuerpo.

CERAMICA DE METAL.- Cuerpo que consta de partículas cerámicas enlazadas con un metal.

CERMETO.- Material formado por una mezcla de productos cerámicos y óxidos metálicos

CIANURACION.- Introducir carbono y nitrógeno dentro de una aleación sólida ferrosa, por inmersión en un baño a base de cianuro alcalino fundido.

CINC O ZINC.- Metal (Zn), con un número atómico 30, de masa atómica 65.37 Umas a color blanco azulado.

CIZALLAMIENTO.- Tipo de deformación en que los planos de una pieza se desplazan unas respecto a otras paralelamente así mismo.

CLIMA.- Conjunto de los fenómenos meteorológicos (temperatura, presión, vientos y precipitaciones) que caracterizan el estado medio de la atmósfera y su evolución en un lugar determinado.

CLORHIDRICO.- Acido clorhídrico, solución acuosa del cloruro de hidrógeno HCl, gas incoloro de olor fuerte y sofocante (producido por la acción del ácido sulfúrico sobre la sal marina.).

COEFICIENTE DE DILATACION.- Expresa la proporción en que se dilata la longitud o el volumen de un cuerpo al aumentar un grado su temperatura.

COHESION.- Acción y efecto de reunirse o adherirse las cosas entre sí o la materia de que están formados.

COHESIVA, RESISTENCIA.- Esfuerzo correspondiente a las fuerzas entre átomos.

COLORANTE TERMICO.- Sustancia colorante que por encima de una determinada temperatura cambia de color, se utilizan en la medición de la temperatura de las piezas o equipos.

COMBURENTE.- Dicese de un cuerpo que por combinación con otro, produce la combustión de este último (el oxígeno es comburente pero no combustible).

COMBUSTIBLE.- Que puede arder, o que arde con facilidad; el acetileno es combustible.

COMPRESOR.- Aparato que sirve para comprimir un fluido a una presión dada (compresor eléctrico o compresor diesel).

COMPRESION.- Disminución del volumen de una sustancia bajo los efectos de la presión con el consiguiente aumento de la densidad.

CONDICIONES DE EXPOSICION.- Se refiere al medio ambiente del lugar donde se localiza la instalación por proteger.

CONDUCTOR.- Dicese del cuerpo capaz de transmitir calor o electricidad.

CONDUCCION ELECTRONICA.- Por electrones en los metales y en conductores, por oposición a la conducción, por defecto electrónico y a la conducción iónica.

CONDUCCION TERMICA.- La cantidad de calor que fluye por segunda a través de un cubo de un centímetro de arista entre cuyas superficies frontales se ha establecido una diferencia de temperatura en un grado centígrado.

CONEXION.- Unión de circuitos, aparatos o máquinas.

CONICIDAD.- Calidad de cónico, forma cónica.

CONSTRICCION.- Encogimiento, reducción del diámetro de una porción de cubierta cilíndrica o tubo, causada por enfriamiento de capas delgadas.

CONTRACCION.- Acción o efecto de contraer o contraerse.

CORINDON.- Alúmina cristalizada, la más dura después del diamante, que se utiliza como abrasivo.

CORRIENTE.- Fluido que corre por un cable ó conducción.

CORRIENTE ALTERNA.- Corriente eléctrica que circula alternadamente en uno y otro sentido; y cuya intensidad en una función periódica del tiempo de valor medio nulo.

CORRIENTE CONTINUA.- Corriente eléctrica que tiene siempre el mismo sentido.

CORRIENTE INDUCIDA.- Corriente que se origina en una masa metálica conductora que se desliza en el seno de un campo magnético.

CORRIENTES DE FOUCAULT.- Corrientes inducidas en masas metálicas sometidas a campos magnéticos variables.

CORRIENTE TRIFASICA.- Sistema de tres corrientes alternadas de igual frecuencia desplazada cada una con respecto a las demás en un tercio del período y que son producidas en un generador de corriente trifásica, pueden conducirse a larga distancia.

CORROSION.- Deterioración de un metal mediante reacción química o electroquímica con su ambiente.

CORROSION ACUOSA.- La solución de un metal en un electrolito en presencia de oxígeno o un metal diferente.

CORROSION ANODICA.- Desintegración de un metal que actúa como ánodo.

CORROSION ELECTROQUIMICA.- Corrosión que ocurre cuando la corriente fluye entre áreas catódicas y anódicas en superficies metálicas.

CORROSION, ESFUERZO DE.- Presencia de fisuras que resultan de los efectos combinados de la corrosión y del esfuerzo interno .

CORROSION POR FATIGA.- Efecto de la aplicación de esfuerzos repetidos o fluctuantes en un ambiente corrosivo, caracterizado por una vida menor que la que se obtendría como resultado de esfuerzos repetidos o fluctuantes solos o del ambiente corrosivo solo.

CORROSION POR FRAGILIZACION.- Pérdida severa de ductilidad de un metal resultante del ataque corrosivo, generalmente intergranular y a menudo no apreciable a simple vista .

CORROSION GALVANICA.- Corrosión asociada con la corriente de una celda galvánica que consta de dos conductores no semejantes en un electrolito o de dos conductores semejantes en electrolitos no semejantes.

CORROSION INTERDENDRITICA.- Ataque corrosivo que progresa de preferencia a lo largo de trayectorias interdendríticas. Este tipo de ataque resulta de diferencias locales en composición, tales como segregaciones dendríticas; comúnmente encontradas en las piezas fundidas de composición aleada.

CORROSION INTERGRANULAR.- Corrosión que ocurre de preferencia en las fronteras de grano.

CORROSION POR GRIETA. - Tipo de corrosión por concentración de celda, corrosión de un metal que es causada por la concentración de sales disueltas, iones de metal, oxígeno o otros gases y similares, en grietas o cavidades lejanas del flujo principal de fluido, con la resultante de una formación de celdas diferenciales que causan finalmente la aparición de pequeños agujeros superficiales profundos.

CORROSION POR ROZAMIENTO. - Acción que causa daño de la superficie, especialmente en un medio corrosivo, cuando hay movimiento relativo entre superficies sólidas en contacto bajo presión.

CORROSION SUPERFICIAL. - Formación de partículas aisladas de productos de corrosión debajo de la superficie del material. Esta resulta de la reacción preferencial de ciertos constituyentes de aleación mediante difusión hacia adentro de oxígeno, nitrógeno y azufre.

CORTE. - Tipo de fuerza que causa o tiende a causar que dos piezas contiguas del mismo cuerpo se deslizen una en relación con la otra en una dirección paralela a su plano de contacto.

CORTE, ANGULO DE. - Angulo que hace el plano de corte, en el corte de metales, con la superficie de la pieza.

CORTE, FRACTURA DE. - Fractura en la que un cristal (o masa policristalina) se ha separado por deslizamiento o rasgamiento bajo la acción de esfuerzos de corte.

CORTE, RESISTENCIA DE.- Esfuerzo requerido para producir fractura en el plano de sección transversal, cuyas condiciones de carga son tales que las direcciones de fuerza y de resistencia resultan paralelas y opuestas aunque sus trayectorias no sean paralelas para una cantidad mínima específica.

CROMADO.- Operación consistente en revestir una superficie metálica con un baño de cromo electrolítico.

CROMO.- Cuerpo simple (Cr), número atómico 24, de masa atómica 51.96 umas, metálico, blanco duro e inoxidable.

CROMO DURO.- Incrementa la resistencia al desgaste de superficies metálicas que resbalan contra otras, se aplica en forma directa al metal base y suele ser más grueso que un depósito decorativo.

CULOMBIO.- Unidad de medida de cantidad de electricidad y de carga eléctrica (c), que equivale a la cantidad de electricidad que transporta en un segundo, una corriente de un amperio.

DEFECTO.- Condición que daña la utilidad de un objeto o de una pieza.

DEFORMACION.- Medida del cambio en la forma o tamaño de un cuerpo, referido a su forma o tamaño original. La deformación lineal es el cambio por unidad de longitud de una dimensión lineal, en tanto que la deformación convencional es la deformación lineal requerida al cambio de la longitud original calibrada.

DEFORMACION ELASTICA.- Cambio de dimensiones que acompaña al esfuerzo en el intervalo elástico; las dimensiones originales se restauran al suprimir el esfuerzo.

DEFORMACION POR ENDURECIMIENTO.- Incremento en dureza y resistencia causado por deformación plástica a temperaturas inferiores que las del intervalo de recristalización.

DEFORMACION PLASTICA PERMANENTE.- Deformación plástica que permanece al suprimir el esfuerzo que produce la deformación.

DENSIDAD APARENTE.- (Metalurgia de polvos). Peso de un volumen unitario de polvo, determinado por un método específico de aplicar una carga y generalmente expresado en gramos por centímetro cúbico .

DESCARGA DE ARCO.- Descarga eléctrica de gran intensidad que surge de la descarga de chispa.

DESOXIDAR.- Limpiar metal del óxido que lo mancha.

DIESEL O MOTOR DIESEL.- Motor de combustión interna, que consume aceites pesados y que funciona por auto encendido del combustible inyectado por aire fuertemente comprimido.

DIFUSION.- Movimiento espontáneo de átomos y moléculas a nuevos sitios dentro de un material.

DILATACION.- Aumento del volumen o de la longitud de un cuerpo por elevación de la temperatura, sin cambios en la naturaleza del cuerpo.

DIMENSION.- Cada una de las magnitudes necesarias para la evaluación de las figuras planas y de los sólidos (longitud, ancho, altura o profundidad).

DISIPACION.- La transferencia de energía elevada capacidad de aprovechamiento en energía de menor capacidad de aprovechamiento.

DISOLUCION.- Absorción de un gas o de un sólido por un líquido que forma con el una solución.

DISOLVENTE.- Líquido que tiene la propiedad de disolver ciertas sustancias.

DISPERSION.- Sólido, líquido o gas que contiene otro cuerpo uniformemente repartido en su masa.

DUCTILIDAD.- Capacidad de un material para deformarse plásticamente sin fracturarse, medida por la elongación o reducción de área en una prueba tensil.

DUREZA.- Resistencia del metal a la deformación plástica generalmente por indentación; sin embargo, el término puede referirse también a rigidez o temple o a la resistencia al rayado, la abrasión o al corte. La dureza a la indentación puede medirse por varias pruebas como Brinell, Rockwell, Knoop o Vickers.

EBULLICION.- El paso isotermo de un líquido al estado gaseoso (vapor).

ELASTICIDAD.- Propiedad de un material en virtud de la cual tiende a recuperar su tamaño y forma originales después de la deformación.

ELCOMETRO.- Instrumento que permite realizar lecturas de espesores de capas por acción de ondas magnéticas. (medidores magnéticos).

ELECTRICIDAD.- Nombre que se da a una de las formas de energía, que manifiesta su acción por fenómenos mecánicos, caloríficos, luminosos, químicos, etc.

ELECTROAFINIDAD.- Cualidad que presenta un elemento químico para transformarse en ión.

ELECTRODEPOSITACION.- Electrodepositar metal (puede ser una aleación) en una forma adherente sobre un objeto que sirve como cátodo.

ELECTRODO.- Extremo de cada uno de los conductores fijados a los polos de un generador eléctrico. (El que comunica con el polo positivo es el ánodo y el otro es el cátodo).

ELECTROEROSION.- Formación de pequeños cráteres en la superficie de un conductor sometido a una sucesión extremadamente rápida de descargas eléctricas de corta duración.

ELECTROGALVANIZADO.- Electrodeposición de zinc en hierro o acero.

ELECTROLISIS.- Descomposición química de determinadas sustancias fundidas o en solución mediante el paso de una corriente eléctrica.

ELECTROLITO.- Compuesto químico que, fundido y disuelto, puede descomponerse por electrólisis.

ELECTRONEGATIVO.- Dícese de un elemento o de un radical que en la electrólisis, se dirige al ánodo (los halógenos, el oxígeno y los metaloides).

ELECTROPOSITIVO.- Dícese de un elemento o de un radical que en la electrólisis, se dirige al cátodo (los metales, el hidrógeno).

ELEMENTOS SEMICONDUCTORES.- Componentes de los montajes electrónicos que a consecuencia de sus propiedades de semiconductores provoca, producen, rectifican, regulan y controlan las corrientes eléctricas.

ENCOGIMIENTO POR SOLIDIFICACION.- Disminuir el volumen de un metal durante la solidificación o el enfriamiento.

ENDOTERMICO.- Dicese de una transformación que absorbe calor.

ENDURECIMIENTO POR FLAMA.- Endurecimiento por temple en que el calor es aplicado directamente por una flama.

ENERGIA.- La capacidad que tiene un sistema de realizar trabajo.

ENERGIA DE ACTIVACION.- Energía necesaria para iniciar una reacción metalúrgica; por ejemplo, flujo plástico, difusión, reacción química.

ENFRIAMIENTO, TENSIONES POR.- Tensiones residuales de la distribución no uniforme de temperaturas durante el anfriamiento.

ENLACE.- Es la capa intermedia capas de adherirse al primario y al acabado, cuando entre estos existen problemas de incompatibilidad o de adherencia.

EROSION.- Destrucción de metales o de otros materiales por la acción abrasiva de fluidos en movimiento, generalmente acelerada por la presencia de partículas sólidas o materiales en suspensión. Cuando la corrosión ocurre simultáneamente, a menudo se utiliza el término erosión-corrosión.

ESCAMA.- Formación de una capa de óxido de hierro sobre la superficie del acero.

ESCLEROMETRO.- Instrumento que sirve para medir la dureza de los sólidos, según el esfuerzo que se necesita para rayarlos.

ESFUERZO.- Fuerza por unidad de área, a menudo pensada como la fuerza que actúa en una pequeña área dentro de un plano. Puede dividirse en componentes, normales y paralelos al plano, llamados esfuerzo normal y esfuerzo cortante respectivamente.

ESTIRAMIENTO, CAPACIDAD DE.- Medida de la capacidad de trabajo de un metal sujeto a un proceso de estiramiento. Término que se utiliza para indicar la capacidad de un metal para ser estirado severamente.

ESTIRAMIENTO DE ALAMBRE.- Reducción de la sección transversal del alambre pesándolo a través de un troquel.

EVAPORACION.- Transformación de un líquido en vapor, sin que se produzca ebullición.

EXCENTRICO.- Situado fuera del centro.

EXOTERMICO.- Dicese de una transformación que desprende calor.

EXPANSION.- Dilatación de los gases, o tambien aumento de volumen de las sustancias líquidas o sólidas. Lo opuesto a compresión.

EXTENSOMETRO.- Instrumento que sirve para medir las deformaciones producidas en un cuerpo por efecto de tensiones mecánicas.

FARADAY.- Cantidad de electricidad, igual a 96,400 culombios, que disocia un equivalente gramo de un electrolítico.

FARADIO.- Unidad de capacidad electrica. ($1F=1c/v$).

FASE.- Porción físicamente homogénea y distinta de un sistema de un material.

FATIGA.- Deterioro interno de un material sometido a esfuerzos repetidos superiores al límite de resistencia e inferiores al límite de elasticidad.

FISURA POR CALOR.- Fractura formada en un metal durante la solidificación debida a la contracción obstruida.

FISURA DE ENCOGIMIENTO.- Fisuras por calor asociadas con las cavidades de encogimiento.

FISURAS POR ESFUERZO DE CORROSION.- Falla por fisura por la acción combinada de corrosión y esfuerzo, ya sea externa (aplicado) o interno (residual). La fisuración puede ser intergranular o transgranular, dependiendo del metal y del medio corrosivo.

FLUENCIA.- Deformación lenta que experimenta un material sometido a una carga permanente.

FLUIDOS.- Movimiento de líquidos y gases.

FOSFATADOS.- Procedimiento termoquímico de protección de las aleaciones metálicas por la formación de fosfatos metálicos complejos.

FRACTURA, ENSAYO DE.- Ruptura de una muestra y examen de la superficie fracturada a simple vista o con un microscopio de baja resolución para determinar, por ejemplo, la composición, el tamaño de grano, la profundidad de la porción exterior, la solidez o la presencia de defectos.

FRAGILIDAD.- Calidad de un material que da lugar a la propagación de fisuras sin deformación plástica apreciable.

FRAGILIZACION.- Tratamiento térmico que aumenta la fragilidad de un metal o una aleación por precipitación de un constituyente entre los cristales.

FRICCION, DAÑO DE LA SUPERFICIE POR.- Desarrollo de una condición sobre la superficie de rozamiento de una o ambas piezas, resistencia que ofrecen dos superficies en contacto al movimiento relativo de una de ellas con respecto a la otra.

FUSION.- Paso de un cuerpo sólido al estado líquido por la acción del calor.

FUSION CONGRUENTE.- Fusión isotérmica en la cual tanto la fase sólida como la líquida tienen la misma composición durante toda la transformación.

GALVANIZAR.- Dar un baño de zinc a otro metal para preservarlo de la oxidación. Aplicar una capa de metal sobre otro por procedimiento galvánico o por aspersión térmica.

GALVANOMETRO.- Instrumento que sirve para medir la intensidad de las corrientes eléctricas débiles mediante las desviaciones que se imprimen a una aguja inmantada o un cuadro conductor colocado en el aire-hierro de un imán.

GALVANOSCOPIO.- Aparato que sirve para señalar o detectar el paso una corriente eléctrica, sin afectar la medida de su intensidad.

GALVANOSTEGIA.- Conjunto de procedimientos electroquímicos para el cromado, plateado, etc.

GALVANOTECNIA.- Procedimiento para obtener recubrimientos metálicos sobre objetos por electrólisis.

GRADO DE OXIDACION.- Carga que tendría un átomo en una molécula si esta estuviera formada solo por iones.

GRANALLA.- Metal o metaloide reducido a granos pequeños de plomo, de acero o de óxido de aluminio.

GRANALLAR.- Acción de limpiar o proporcionar rugosidad en una superficie lisa de un cuerpo para facilitar un trabajo ulterior.

GRANO.- Cristal individual en un metal o aleación policristalina.

GRANO, TAMAÑO DE.- Para metales, medida de las áreas o volúmenes de granos en un metal policristalino, generalmente expresada como promedio cuando los tamaños individuales son bastante uniformes. Los tamaños de grano se reportan en términos del diámetro promedio, o como un número de tamaño de grano derivado de las mediciones de área.

GRANULOMETRIA.- Clasificación de un producto pulverulento según el porcentaje de granos de distintos grosores que contiene.

HELIO.- Cuerpo simple gaseoso (He) No. 2, de masa atómica 4.0026 y densidad 138.

HEMIOXIDO.- Oxido cuya molécula posee un átomo de oxígeno por cada dos átomos del elemento a que esta unido.

HERRUMBRE.- Orín del hierro.

HIDROGENO.- Cuerpo simple, (H₂) No. 1, de masa atómica 1.008 grs. gaseoso.

HIDROXIDO.- Combinación de agua y de un óxido metálico.

HUMEDAD.- El contenido que una sustancia tiene de agua no ligada químicamente, sobre todo si se trata del aire en relación con su contenido de vapor de agua.

INCLUSIONES.- Materiales no metálicos en una matriz sólida metálica.

INHIBIDORES.- Compuestos adicionales a un electrolito que recubren el ánodo o cátodo y detienen la corrosión.

INOXIDABLE.- Dícese de los metales o de las aleaciones notables por su resistencia a la oxidación.

INSPECCIONES DESTRUCTIVAS.- Inspección mediante métodos que destruyen la pieza para determinar sus fallas, transformaciones y posibles causas.

- a).- Metalografía, determina causa y tipo de fallas, condiciones de la pieza en servicio, proporciona información acerca de los tratamientos térmicos del material.
- b).- Dureza, los resultados pueden usarse para estimar propiedades mecánicas.
- c).- Tensión, permite realizar cálculos y diseños de materiales.
- d).- Doble, da un índice de ductilidad de los materiales y determina la sanidad de soldaduras.
- e).- Impacto, proporciona la cantidad de energía necesaria para romper un material y ofrece comportamientos del material bajo esfuerzos dinámicos.
- f).- Compresión, los resultados pueden utilizarse en el diseño y nos indican comportamientos de los materiales.

INSPECCIONES NO DESTRUCTIVAS.- Inspección mediante métodos que no destruyen la pieza para determinar su conveniencia de uso.

- a).- Corrientes parásitas, evaluación de características metalúrgicas dimensionales y discontinuadas en materiales conductores.
- b).- Rayos X, detecta imperfecciones y defectos internos, fallas de soldaduras, fisuras, porosidad, inclusiones, falta de fusión, variaciones en espesores.

- c).- Rayos gamma, detecta imperfecciones internas, fisuras, huecos, inclusiones, defectos de soldadura, mide variaciones en espesores.
- d).- Partículas magnéticas, detección y evaluación de discontinuidades en proceso y servicio en materiales magnéticos.
- e).- Líquidos penetrante.- detección y evaluación de discontinuidades superficiales en todo tipo de materiales no rugosos, porosidad e imperfecciones sub-superficiales.
- f).- Ultrasonido, evaluación de dimensiones, características y discontinuidades internas, falsas uniones, porosidad, medición de espesores.

INTERCAMBIADOR IONICO.- Sustancia sólida, natural o sintética, capaz de intercambiar sus iones con los de los contenidos en una solución.

INTERFASE.- Frontera convencional entre dos sistemas o dos unidades.

ION.- Átomo o grupo de átomos, que han ganado o perdido uno o más electrones y que de este modo llevan una carga eléctrica. Los iones positivos o cationes son deficientes en electrones exteriores, en tanto que los iones negativos o aniones tiene exceso de electrones exteriores.

IONIZACION.- Transformación de átomos o de moléculas neutras en iones.

LAMINACION.- Acción de someter un producto a una deformación por compresión entre dos cilindros para modificar de una parte, su constitución interna y de otra, su forma, alargandolo a fin de darle unas dimensiones más próximas a las de su forma final de utilización.

LIMITE PROPORCIONAL.- Esfuerzo máximo al que la deformación permanece directamente proporcional al esfuerzo.

MACLA, MECANICA.- Macla formada en un metal durante la deformación plástica por un corte simple de la red.

MACRO-ATAQUE QUIMICO.- Ataque químico de una superficie metálica para centuar los defectos burdos y defectos estructurales para observación a simple vista o a ampliaciones que no excedan 10 diámetros.

MACROESTRUCTURA.- Estructura de metales revelada por examen de la superficie atacada químicamente de una muestra pulida a una ampliación que no exceda 10 diámetros.

MACROSCOPICO.- Visible a ampliaciones de uno a diez diámetros.

MALEABILIDAD.- Características de los metales que permite una deformación plástica en compresión sin ruptura.

MANOMETRO.- Instrumento que sirve para medir la presión de un fluido o gas.

METAESTABLE.- Estado de pseudo-equilibrio que tiene una energía libre mayor que la del estado verdadero de equilibrio, pero no cambia espontáneamente.

METAL.- Cuerpo simple dotado de un brillo particular, en general buen conductor del calor y de la electricidad y que posee además la propiedad de dar como mínimo un óxido básico al combinarse con el oxígeno.

METALES DISIMILES.- Dos metales que químicamente son desiguales por composición, estado de esfuerzos o condición superficial.

METALIZADO.- Formación de una cubierta metálica mediante el rociado atomizado con un metal fundido, los diferentes procesos son por:

- Pistolas de combustión
- Pistolas por arco eléctrico
- Pistolas por detonación
- Pistolas de plasma
- Pistolas V.H.O.F.

METALOGRAFIA.- Ciencia que estudia la constitución y estructura de metales y aleaciones reveladas ya sea a simple vista o por tales herramientas, como ampliaciones de baja resolución, microscopio de electrones y técnicas de difracción o rayos X.

METALOPLASTICA.- Que tiene las características de un metal y de una materia plástica.

MEZCLA OOR, DOSIFICADOR.- Elemento que combina en proporciones determinadas dos o varias señales de idéntica naturaleza física.

MICROCLIMA.- Conjunto de condiciones atmosféricas particulares, de un espacio homogéneo de poca extensión, en la superficie del suelo.

MICRODUREZA.- Dureza determinada al usar un microscopio para medir la diagonal de la impresión dejada por un indentador Knoop o Vickers. La dureza es igual a la carga dividida entre el área de la impresión.

MICROESTRUCTURA.- Estructura de metales pulidos y atacados químicamente, revelada por un microscopio a una ampliación mayor de diez diámetros.

MICROMETRO.- Instrumento que permite medir con gran precisión longitudes o ángulos muy pequeños.

MOHO.- Producto de corrosión que consta de óxidos hidratados de hierro. Se aplica solo a aleaciones ferrosas.

MONOXIDO.- Óxido que contiene un solo átomo de oxígeno en su molécula.

NEUTRON.- Partícula elemental nuclear con una masa aproximadamente igual que la de un átomo de hidrógeno y eléctricamente neutra.

NORMA.- Regla que fija las características de un objeto fabricado, así como las condiciones técnicas de elaboración.

NORMALIZACION.- Unificación de las medidas y calidades de los productos industriales o manufacturados, para simplificar la fabricación y reducción de costos del mismo.

NUCLEO.- Partícula estructuralmente estable, capaz de iniciar la recristalización de una fase o el crecimiento de una nueva fase que posee una interfase con la matriz padre.

OHMIMETRICO.- Aparato que sirve para medir la resistencia eléctrica de un conductor.

OHMIO.- Unidad de medida de resistencia eléctrica, equivalente a la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un hilo conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 voltio, aplicada entre estos dos puntos, produce en este conductor una corriente de 1 amperio.

OXIACETILENICO.- Relativo a la mezcla de oxígeno y de acetileno.

OXIDACION.- Combinación con el oxígeno y más generalmente, reacción en la que un átomo o un ión pierde electrones; estado de lo que está oxidado.

OXIDACION-ANODICA.- Procedimiento de revestimiento electrolítico de las piezas de metal mediante la formación de capas protectoras del metal base.

OXIDANTE.- Que oxida o que puede oxidarse.

OXIDO.- Compuesto que resulta de la combinación de un cuerpo con el oxígeno.

OXIDO-REDUCCION.- Oxidación de un cuerpo combinado con la reducción de otro cuerpo.

OXIGENO.- Metaloide (O_2), elemento No. 8, de masa atómica 16.

PASIVACION.- Modificación de la superficie de los metales por la que estos se hacen menos sensibles a los agentes químicos.

PASIVADO.- La formación de una capa de átomos o moléculas sobre la superficie del ánodo de manera que este se encuentra aislado eficientemente del electrolito y la corrosión se detiene o se atenúa.

PASIVO.- Dícese de ciertos metales oxidables que adquieren la propiedad de no ser atacados por los ácidos oxigenados.

PERDIGONES, CHORRO DE: Trabajo en frío de la superficie de un metal mediante el choque de perdigones.

PERITAJE.- Antigua denominación de los actuales estudios de ingeniería técnica.

PERMEABLE.- Dicese del cuerpo que puede ser atravesado por fluidos, radiaciones o líneas de fuerzas de un campo magnético.

PICADURA DE CORROSION.- Un ataque local y rápido originando por la formación de regiones anódicas pequeñas en la rotura de las capas pasivas o depósitos de corrosión.

PICNOMETRO.- Pequeño recipiente para determinar la densidad de un sólido o de un líquido.

PIEL.- Delgada capa exterior de metal, no formada por enlace (como el electro-depósito), que difiere en composición, estructura o alguna otra característica, de una masa principal del metal.

PIEZO-ELECTRICIDAD.- Aparición de cargas eléctricas en la superficie de ciertos cuerpos cuando se someten a una contracción (efecto directo) o inversamente, variación de las dimensiones de estos cuerpos cuando se aplica un tensión eléctrica (efecto inverso).

PIROMETRO.- Dispositivo para medir temperaturas superiores al rango de los termómetros para líquidos. Principio de medida, comparación de la radiación del objeto incandescente a medir con la radiación conocida (calor) de un objeto de comparación, o también por contacto directo metal-metal.

PIROMETRO OPTICO.- Instrumento para medir la temperatura de un material calentado comparando la intensidad de luz emitida con una intensidad conocida del filamento incandescente de una lámpara.

PLASMA.- Equipo que produce gas fuertemente ionizado, el gas desintegrado en iones y electrones en el que la recombinación, la disociación y la ionización se encuentran en un equilibrio dinámico.

PLASTICIDAD.- Capacidad de un metal para deformarse no elásticamente sin ruptura.

POLARIDAD.- Cualidad que permite distinguir entre sí cada uno de los polos de un imán o de un generador eléctrico.

POLARIMETRO.- Aparato que sirve para medir la rotación del plano de polarización de la luz.

POLARIZACION CATODICA.- La acumulación de los productos de la reacción sobre la superficie catódica en tal proporción que el cátodo queda aislado del electrolito y la corrosión se atenúa o detiene.

POLIVALENTE.- Que puede tener varias valencias.

POLO.- Como polos positivos o negativos, los bornes de un manantial de potencial eléctrico.

POROSIDAD.- Finos orificios, pequeñas cavidades dentro de un metal.

POTENCIOMETRO.- Aparato de medida que sirve para comparar una diferencia de potencial con la fuerza electromotriz de una pila patrón.

PRECALENTAMIENTO.- Calentamiento previo a un tratamiento térmico o mecánico.

PRECISION.- Calidad de preciso, exactitud o aplicación detallada de algo aparato de precisión, instrumento de medida destinado a usos que requieren una gran exactitud (micrómetros).

PRESION.- La relación entre la fuerza que actúa perpendicularmente a una superficie y la extensión de esa superficie.

PRIMARIO.- Es el recubrimiento cuyas funciones principales son la obtención de una buena adherencia con el sustrato metálico, inhibir la corrosión y presenta una superficie áspera y compatible para que las capas de enlace o acabado logren una buena adherencia.

PROPIEDADES MECANICAS.- Propiedades de un material que revelan su comportamiento elástico o inelástico cuando se aplica una fuerza, indicando de este modo su adaptabilidad para las aplicaciones mecánicas; por ejemplo, módulo de elasticidad, resistencia tensil, elongación, dureza y límite de fatiga.

PROTECCION GALVANICA.- La de un metal por conexión del mismo a un ánodo de sacrificio o por impresión de un voltaje D-C o de una capa de material aspersada que lo hace catódico.

RAYOS DELTA.- Electrones secundarios de escasa energía que aparecen por ionización.

RAYOS GAMMA.- Radiación electromagnética de la longitud de onda muy corta, aparece en los procesos naturales y artificiales de desintegración radiactiva.

RAYOS X.- Radiación electromagnética de onda corta, muy energética y de gran poder de penetración que se produce al ser frenados bruscamente.

REACTANCIA.- Tipo de resistencia que aparece en las redes de corriente alterna por inductancias o capacitancias puras.

RECRISTALIZACION.- Nueva cristalización que tiene lugar en un metal o una aleación en estado sólido, durante el proceso de recocido.

RECTIFICACION DE DOBLE VIA.- Rectificador de corriente continua.

RECTIFICADOR DE CORRIENTE ALTERNA.- Aparato para la transformación de corriente alterna.

RECTIFICADOR DE CORRIENTE CONTINUA.- Aparato para la transformación de corriente alterna de una o más fases en corriente continua.

RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO.- Es una dispersión relativa de un pigmento finamente dividido que se usa para prevenir la corrosión de un metal por aislamiento del medio ambiente.

REDUCCION.- Oxidación.

REGLAS DE KIRCHOFF.- Leyes de distribución de la corriente y la tensión en las redes de conducción eléctrica ramificadas.

REGULADOR.- Aparato capaz de mantener o de hacer variar según ciertas leyes precisas en elemento de funcionamiento de una máquina, corriente, tensión de frecuencia, presión, velocidad, potencia.

REOSTATO.- Resistencia eléctrica regulable construida con materiales altamente independientes de la temperatura.

RESISTENCIA ELECTRICA.- Propiedad de los materiales de oponerse al paso de la corriente eléctrica.

PULVERIZACION.- Acción y efecto de pulverizar.

PULVERIZADOR.- Instrumento que sirve para proyectar un líquido en finísimas gotas.

PUNTOS DE FUSION.- Temperatura a la que un metal puro, compuesto o eutéctico cambia de sólido a líquido; temperatura a la que el líquido y el sólido están en equilibrio.

RESISTENCIA OHMICA.- Una magnitud típica de las conducciones y circuitos eléctricos.

REVESTIMIENTO METALICO.- Metal compuesto que contiene dos o tres capas que han sido enlazadas conjuntamente. El enlazamiento pudo haber sido logrado por colimación, soldadura, fundición, gruesa depositación química o gruesa electrodeposición.

REVESTIMIENTO POR INMERSION.- Acción de depositar una cubierta metálica sobre un metal inmerso en una solución líquida, sin ayuda de ninguna corriente eléctrica externa.

SEMICONDUCTORES.- Semiconductores electrónicos: En general, sustancias cristalinas que poseen una conductividad electrónica variable con la temperatura y que en el cero absoluto son aislantes.

SERIE DE FUERZAS ELECTROMOTRICES.- Un agrupamiento de elementos metálicos en conformidad con el voltaje del potencial electroquímico que ellos presentan en una solución normal de iones.

SERIE GALVANICA.- Un agrupamiento de los elementos metálicos y aleaciones en conformidad con sus potenciales electroquímicos en el agua de mar.

SINTERIZACION.- Cuerpo con forma determinada construido por polvos de metal y producidos al sintetizar con o sin compacto previo.

SISTEMA.- Es la elección óptima del método de preparación de superficie y la combinación compatible de un recubrimiento primario y un acabado o un especial; considerando si es necesario un enlace.

SISTEMA ESPECIAL.- Es el recubrimiento que se usa como acabado en instalaciones metálicas en condiciones de servicio tales como alta temperatura, inmersión continua en agua dulce y salada, zona de marea y oleate salpicadura de derivados de petróleo e interiores de gaseoductos.

SOBRECALENTAMIENTO.- Calentar un metal o aleación a tan alta temperatura que sus propiedades se dañen. Cuando las propiedades originales no pueden restaurarse mediante tratamiento térmico ulterior por trabajo mecánico, una combinación de trabajo y tratamiento térmico, este se conoce como quemadura.

SOBREENVEJECIMIENTO.- Envejecimiento bajo condiciones de tiempo y temperaturas mayores que las requeridas para obtener cambio máximo en cierta propiedad de manera que la propiedad se altera en la dirección del calor inicial.

SOLIDIFICACION.- Paso de una sustancia del estado líquido al sólido por cambios físicos o químicos.

SUSTRATO.- Capa de metal subyacente a una recubierta independientemente de si la capa es base metal.

SUPERALEACION.- Aleación desarrollada para servicio a muy alta temperatura en la que se encuentran esfuerzos relativamente altos (tensiles, térmicos, vibratorios y de choque) y frecuentemente se requiere resistencia a la oxidación.

SUPERFICIE ENDURECIDA.- Es una aleación ferrosa, la porción exterior que se ha hecho más dura que la anterior, o núcleo por endurecimiento de la superficie. Los procesos típicos utilizados para endurecer superficies son carburización, cianuración, carbonitruración, nitruración, endurecimiento por inducción, endurecimiento por flama y aspersion térmica.

TAMAÑO DE PARTICULA.- Control de la dimensión lineal de una partícula individual, conforme a lo determinado por el análisis con cribas u otros instrumentos apropiados.

TEMPERATURA.- Variable del estado que caracteriza el estado térmico de los cuerpos; es proporcional a la energía cinética media de las moléculas.

TENSION.- La magnitud de dimensiones fuerza/sección transversal capaz de producir una deformación elástica.

TERMICO.- Relativo al calor.

TERMISTOR.- Resistencia eléctrica contituida por un semiconductor, depende de la temperatura y con coeficiente de temperatura negativa; es decir, que su conductividad aumenta al aumentar la temperatura.

TERMODINAMICA.- La teoría de los cambios de estado causados por el suministro y sustracción de energía térmica, así como de los equilibrios de los sistemas dentro de cantidades definidas de materia.

TERMOELECTRICIDAD.- La aparición de una tensión eléctrica entre dos metales distintos.

TERMOPAR.- Dispositivo para medir temperaturas, consta de dos materiales diferentes, que producen una fuerza electromotriz aproximadamente proporcional a la diferencia de temperatura entre sus extremos de unión caliente y frío.

TRIBOELECTRICIDAD.- Electricidad por frotamiento.

UNION DE METALES POR INMERSION.- Union de metales por inmersión en una sal o baño de metal fundido. Donde se emplea un baño de metal, este puede utilizarse como metal llenador.

VAPOR.- El estado de una sustancia gaseosa en las proximidades del estado líquido, especialmente en agua.

VARISTOR.- Una resistencia eléctrica de material semiconductor que depende de la tensión (el valor de la resistencia cae al aumentar la tensión).

VATIMETRO.- Aparato para la medida de la potencia eléctrica, casi siempre con dispositivo electrodinámico de medida.

VISCOSIDAD.- Fenómeno en el compartimiento de líquidos y gases debido al rozamiento interno entre sus moléculas. Al aumentar la temperatura, la viscosidad disminuye en los líquidos y crece en los gases.

VOLTAMETRO.- Aparato para medir la cantidad de carga eléctrica transportada de la cantidad de sustancia separada en una electrólisis.

VOLTIMETRO.- Aparato para la medida de la tensión eléctrica; se conecta en paralelo con el consumidor.

VOLTIO.- Unidad de tensión eléctrica (diferencia de potencial) $1V = 1 w/a$.

CONDICIONES DE EXPOSICION.-

AMBIENTE SECO : Es el que predomina en zonas climatológicas cuya humedad relativa es menor del 60%, como las de Reynosa, Salamanca, Monterrey, Cadereyta, Monclova, Camargo, Tula, etc.

AMBIENTE HUMEDO : Es el que predomina en zonas climatológicas como las de México, Huauchinago, Ciudad Pemex, etc., cuya humedad relativa es del 60% o mayor.

AMBIENTE HUMEDO Y SALINO : Es el que predomina en zonas climatológicas cuya humedad relativa es mayor del 60% y con brisa marina, tales como Tampico, Ciudad Madero, Tuxpan, Coatzacoalcos, Dos bocas, Campeche, Acapulco, Manzanillo, Mazatlán, Guaymas, La Paz, Rosarito, etc.

AMBIENTE HUMEDO CON O SIN SALINIDAD Y GASES DERIVADOS DEL AZUFRE : Es la que predomina en las refinerías de Ciudad Madero, Minatitlán, Poza Rica, Complejo Cactus Chis., Cangrejera, Ver., Tabasco II y algunos campos de las zonas Norte y Sur.

AMBIENTE MARINO : Es el que predomina en instalaciones sobre la superficie del mar, tales como la parte aérea de plataformas marinas, equipo y tanques de almacenamiento.

EXPOSICION DE AGUA SALADA : Son las condiciones existentes en interiores de tanques de lastre y embarcaciones de regeneración de zeolitas de ciclo sódico y recipientes, estructuras e instalaciones expuestas a este medio.

EXPOSICION AL AGUA CRUDA Y TRATADA : Son las condiciones existentes en interiores de tanques y recipientes para agua cruda y tratada.

EXPOSICION AL AGUA POTABLE : Son las condiciones existentes en interiores de tanques y recipientes para agua potable.

ZONAS PROPICIAS AL DESARROLLO DE ORGANISMOS : Son las condiciones existentes en la parte siempre sumergida de embarcaciones (bajo la línea mínima de carga o flotación), en torres de enfriamiento, cambiadores de calor y presas de asentamiento.

ZONA DE MARES Y OLEAJES : Son las condiciones existentes en la zona de variación de mareas y oleajes en buquetanques, estructuras de muelles, diques, plataformas marinas de perforación e instalaciones con altas condensaciones.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA
SYDNEY H. AVNER
SEGUNDA EDICION, 1979.
- METALOGRAFIA (TOMO II)
A.P. CULIAEV
PRIMERA EDICION, 1978.
- TECNOLOGIA DE LOS METALES
A. MALISHEV, G. NIKOLAIEV
QUINTA EDICION, 1979.
- UNIFICACION DE SISTEMAS NUMERICOS PARA METALES Y ALEACIONES
SOCIEDAD DE INGENIEROS AUTOMOTRICES (S.A.E.)
TERCERA EDICION, 1984.
- METALOGRAFIA, ESTRUCTURAS Y DIAGRAMAS DE FASE (TOMO VIII)
SOCIEDAD AMERICANA DE METALES (A.S.M.)
OCTAVA EDICION, 1973.
- MATERIALES, PARTES Y COMPONENTES (TOMO I)
SOCIEDAD DE INGENIEROS AUTOMOTRICES (S.A.E.)
TERCERA EDICION, 1974.
- MANUAL DEL INGENIERO MECANICO (TOMOS I Y II)
THEODORE BAUMEISTER
OCTAVA EDICION, 1989.
- THE JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING
J.J. FRIEL. CORRAK VOL. 42 (No.7) pags. 376-439.
JULIO.1986.
- ENSAYOS DE CORROSION
URMO S.A. DE EDICIONES
F.A. CHAMPION, 1970.
- AMERICAN WELDING SOCIETY
THERMAL SPRAY
R.E. MAHOOD, CHAIRMAN, 1980.
- THERMAL SPRAY-GUN
INSTRUCCION MANUAL.
METCO INC. WESTBURY, I.I. N.Y.

- METALLIZING SPRAY-GUN
INSTRUCCION MANUAL.
METCO INC, WESTBURY, L.I., N.Y.

- DIAMOND JET SYSTEM
INSTRUCCION MANUAL
METCO INC WESTBURY, L.I., N.Y.

- PLASMA-GUN
INSTRUCCION MANUAL
ALAMO SUPPLY COMPANY, INC. .
A MENDOZA. SEPTEMBER, 1979.

- HANDBOOK OF COATING RECOMENDATIONS
METCO INC. WESTBURY, N.Y., 11590, 1985.

- CORROSION ENGINEERING
M.G. FONTANA
SEGUNDA EDICION, 1978

- THEORY OF CORROSION AND PROTECTION OF METALS
N.D. TOMASHOV
TRANS, MAC. MILLAN, 1966.

- PETROLEOS MEXICANOS
NORMAS DE CONSTRUCCION DE OBRAS
SEGUNDA EDICION, 1991.

- MANUAL DE FORMULAS TECNICAS
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.
KURT GIECK, 18a. EDICION, 1981.

- MAS ALLA DE LA HERRUMBRE
FONDO DE CULTURA ECONOMICA S.A. DE C.V.
DR. JOAN GENESCA/ DR. JAVIER AVILA
PRIMERA EDICION. 1986.

- MAS ALLA DE LA HERRUMBRE III
FONDO DE CULTURA ECONOMICA S.A. DE C.V.
DR. JOAN GENESCA
PRIMERA EDICION, 1994.

APENDICE

PROPIEDADES FISICAS DE LOS METALES ROCIADOS

PROPIEDAD	ALUMINIO	ZINC
DENSIDAD O PESO ESPECIFICO (gr/cm ³)	2.41	6.36
DUREZA (R.H.)	72	46
CONTRACCION (in)	0.0068	0.010
RESISTENCIA TOTAL A LA TRACCION (kg/cm ²)	1371	914
DEFORMACION AL MAXIMO ALARGAMIENTO LINEAL (%)	0.23	1.43
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm ²)	281-352	422-492
COHESION ENTRE PARTICULAS (kg/cm ²)	72.5-198.9	150.6-316.4
PUNTO DE FUSION (°C)	660	419.74
PESO DEL ALAMBRE (1/8 in) (gr/m)	20.98	55.96
METROS DE ALAMBRE POR KILOGRAMO (1/8 in) (m/kg)	47.66	17.87
MASA ATOMICA (umas)	26.98	65.37
COEFICIENTE TERMICO DE RESISTENCIA A 20 °C (°C ⁻¹ , K ⁻¹)	0.0039	0.0037
DIFERENCIA DE POTENCIAL. (REFERIDO A ELECTRODOS DE HIDROGENO) (VOLTS)	-1.66	-0.76
CONDUCTIVIDAD TERMICA (w/m k)	209.3	105.8
CALOR ESPECIFICO (kj/kg k)	0.904	0.38
CONSTANTE DE RADICACION A 20 °C ((10 ⁻⁸) w/m ² . k ⁴)	0.23	0.28

PROBABLES PRODUCTOS DE CORROSION (SOLIDOS)

EXPOSICION A ATMOSFERAS INDUSTRIALES Y RURALES	
ALUMINIO ASPERSADO	ZINC ASPERSADO
SULFATO HIDRATADO DE ALUMINIO $4Al_2O_3 \cdot H_2O$	$Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$ ZnO ZnSO ₄ FeOOH

EXPOSICION A ATMOSFERA MARINA	
ALUMINIO ASPERSADO	ZINC ASPERSADO
SULFATO HIDRATADO DE ALUMINIO $4Al_2O_3 \cdot H_2O$ Al(OH) ₃	$Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$ FeOOH ZnO $Zn_5(OH)_8Cl_2$ ZnSO ₄

diam. de la boc. [mm.]	caudal de aire - dm ³ a varias presiones en kg/cm ²							tamaño recomenda- do de la manguera (mm.)	consumo aproximado de abrasivo (kg/hr)		
	2.812	3.515	4.218	4.921	5.624	6.327	7.030		arena	acero	Al ₂ O ₃
4.763	778.7	928.8	1061.9	1217.6	1345.1	1486.6	1639.6	19.05-25.40	226.8	567.0	340.2
6.350	1387.5	1648.0	1897.2	2152.1	2406.9	2661.8	2916.7	25.40-31.75	408.2	1020.6	612.3
7.938	2171.9	2568.4	2973.3	3369.7	3776.2	4134.3	4559.0	31.75-38.10	589.7	1474.2	884.5
9.525	3114.9	3681.2	4275.9	4842.2	5408.5	5974.9	6569.5	31.75-38.10	771.1	1927.8	1156.7
11.113	4247.6	5040.4	5833.3	6597.9	7362.4	8098.7	8919.9	38.10-44.45	997.9	2494.7	1496.8

La formula $(\frac{p+40}{660})^3 \cdot l_v$ proporciona la potencia aproximada en HP necesaria

(p=lectura del manometro en libras)

(l_v=caudal en kg/cm²)

DATOS PERTENECIENTES A LA MAQUINA DE SOPLADO