

CAPÍTULO III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 FUNDAMENTOS DE CORROSIÓN

La corrosión se define como el deterioro de un material causado por un proceso electroquímico en el que el metal reacciona con el medio.

El metal se encuentra en la naturaleza en su forma combinada, que es, molecularmente, la más estable. Pero para extraerlo y transformarlo en un producto útil se le debe adicionar energía termoquímica y mecánica. Sin embargo, el metal libre es inestable debido a los altos niveles de energía que tiene por lo que busca llegar a un estado estable y reacciona con el medio formando un óxido o compuesto análogo al elemento original (Figura 3.1).

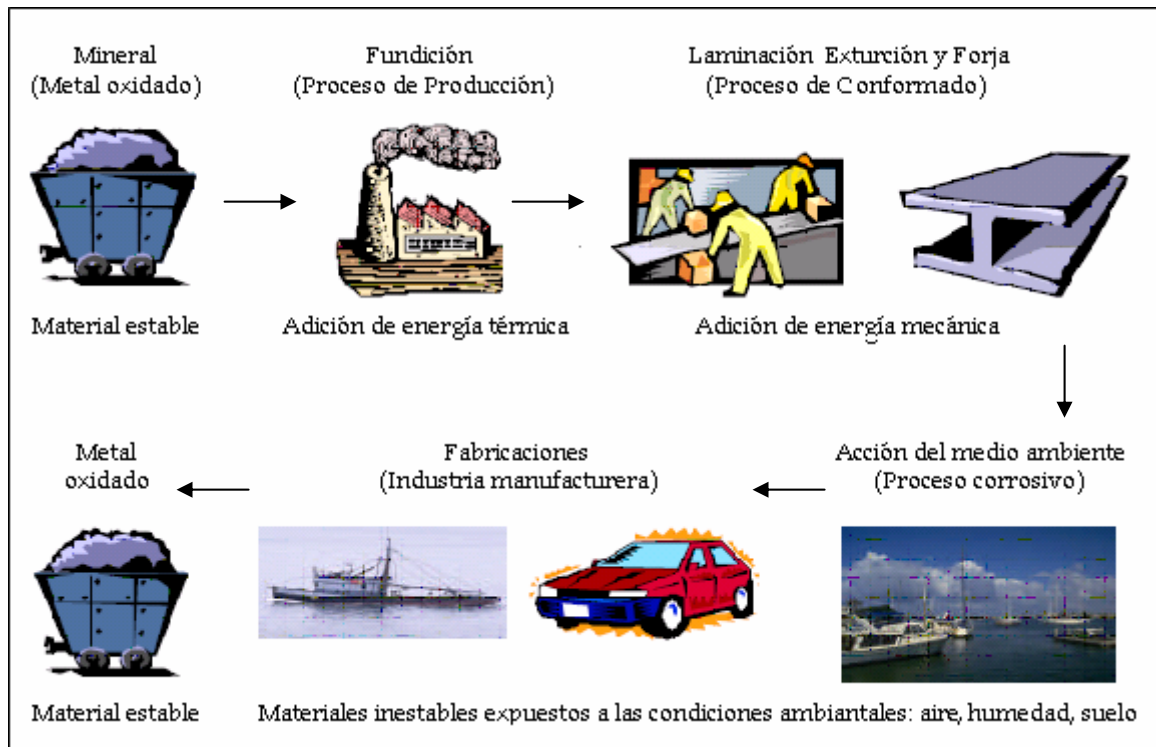


Figura 3.1 Corrosión del metal (Fuente: Rosario, 2004)

Por lo tanto, la corrosión es el proceso inverso a la metalurgia extractiva, entre mayor sea la energía requerida para extraer y procesar un mineral, mayor será la tendencia de este a corroerse (Rosario, 2004).

3.1.1 Mecanismo de reacción

La corrosión es un proceso electroquímico. Se trata de una corriente eléctrica que circula, a través de una solución conductora, entre las zonas anódicas y catódicas del metal. La oxidación es cuando un átomo, ión o molécula pierde electrones y por lo tanto adquiere una carga positiva. La reducción es el proceso inverso, es decir, la ganancia de electrones y por lo tanto la adquisición de una carga más negativa. Es en la zona anódica del metal en donde ocurre la corrosión y en la catódica la reducción.

En la figura 3.2 se muestra el mecanismo de reacción provocado por una gota de agua en contacto con una superficie de hierro. Como puede observarse los electrones producidos por la oxidación migran a través del metal a otra parte de la superficie que actúa como cátodo y es ahí donde se reduce el oxígeno con H^+ . El Fe^{2+} forma el óxido de hierro (III) hidratado: $4Fe^{2+}(ac) + O_2(g) + 4H_2O(l) + 2xH_2O(l) \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot xH_2O(s) + 8H^+(ac)$. (Brown, 1998).

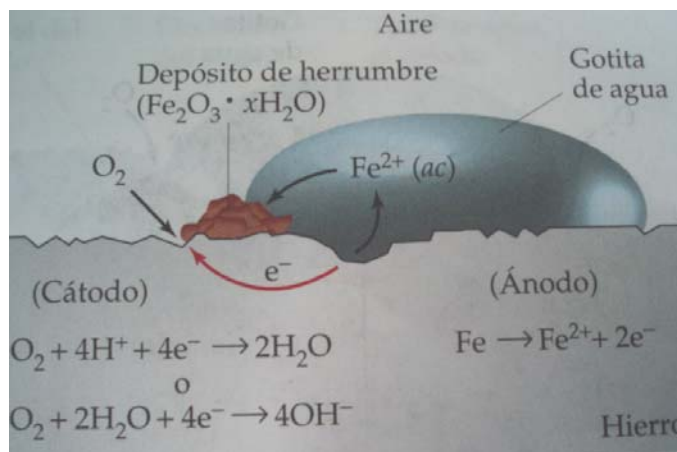


Figura 3.2 Corrosión de hierro en contacto con agua (Fuente: Brown, 1998)

3.1.2 Factores que afectan la corrosión

Los principales factores que influyen en la velocidad de corrosión son:

Temperatura. La corrosión tiende a aumentar con la temperatura por el efecto que tiene sobre la solubilidad del aire y por tanto del oxígeno; sin embargo, a altas temperaturas este efecto disminuye. Esto es sustentado por la ecuación de Arrhenius, la cual establece que la velocidad de reacción tiende a aumentar con la temperatura como se aprecia en la ecuación $k=Ae^{-E/RgT}$.

Además cuando disminuye en medios húmedos la humedad se condensa en la superficie de los materiales, esto acelera la corrosión de los metales. De igual forma, el cambio de la temperatura acelera el proceso si la diferencia es grande.

pH. Algunos materiales como el aluminio se disuelven rápidamente en soluciones ácidas o básicas, sin embargo, a los metales nobles no les afecta.

Aeración. Al presentarse un flujo continuo en el medio en el que se encuentra el metal, la cantidad de oxígeno en el medio es constante lo que causa una reacción de oxidación permanente.

Impurezas. Al exponer un metal a un medio corrosivo con contaminantes como el azufre alta salinidad u otros, la reacción ocurre más fácilmente que en condiciones normales. Las impurezas o contaminantes en el metal como el azufre en el acero, hacen más susceptible al metal a corroerse.

Humedad del ambiente. En presencia de humedad mayor al 80% la reacción de corrosión sucede con mayor facilidad, si es menor al 40% la velocidad de corrosión disminuye.

Historia mecánica y térmica del metal. Los componentes expuestos a esfuerzos cíclicos de flexión, torsión, compresión o la combinación de ellos, son más susceptibles a corroerse.

3.1.3 Clasificación de la corrosión

La corrosión ocurre de diversas formas y puede clasificarse de acuerdo a la naturaleza de la reacción y la apariencia del metal corroído.

3.1.3a Naturaleza de la sustancia.

En general, la corrosión puede dividirse en dos:

- Húmeda. Cuando un líquido o la humedad esta presente y hay presencia de una corriente eléctrica dentro del medio corrosivo.
- Seca. Cuando se lleva a cabo sin corriente eléctrica. Tal es el caso de la corrosión con gases a altas temperaturas. Algunos metales expuestos a gases oxidantes en condiciones de muy altas temperaturas, pueden reaccionar directamente con ellos sin la necesaria presencia de un electrolito. Generalmente esta clase de corrosión depende directamente de la temperatura.

Actúa al estar expuesto el metal al gas oxidante, se forma una pequeña capa sobre el metal, producto de la combinación entre el metal y el gas en esas condiciones de temperatura. Esta capa o “empañamiento” actúa como un electrolito “sólido”, el que permite que se produzca la corrosión de la pieza metálica mediante el movimiento iónico en la superficie (Textos científicos).

3.1.3b Apariencia del metal corroído

En la figura 3.3 se muestran los tipos de corrosión más comunes clasificados por su apariencia. En la corrosión localizada las zonas atacadas son pequeñas, en la localizada microscópica la pérdida de metal es mínima y tienden a causar fallas inesperadas. Este tipo de ataque es difícil de predecir.

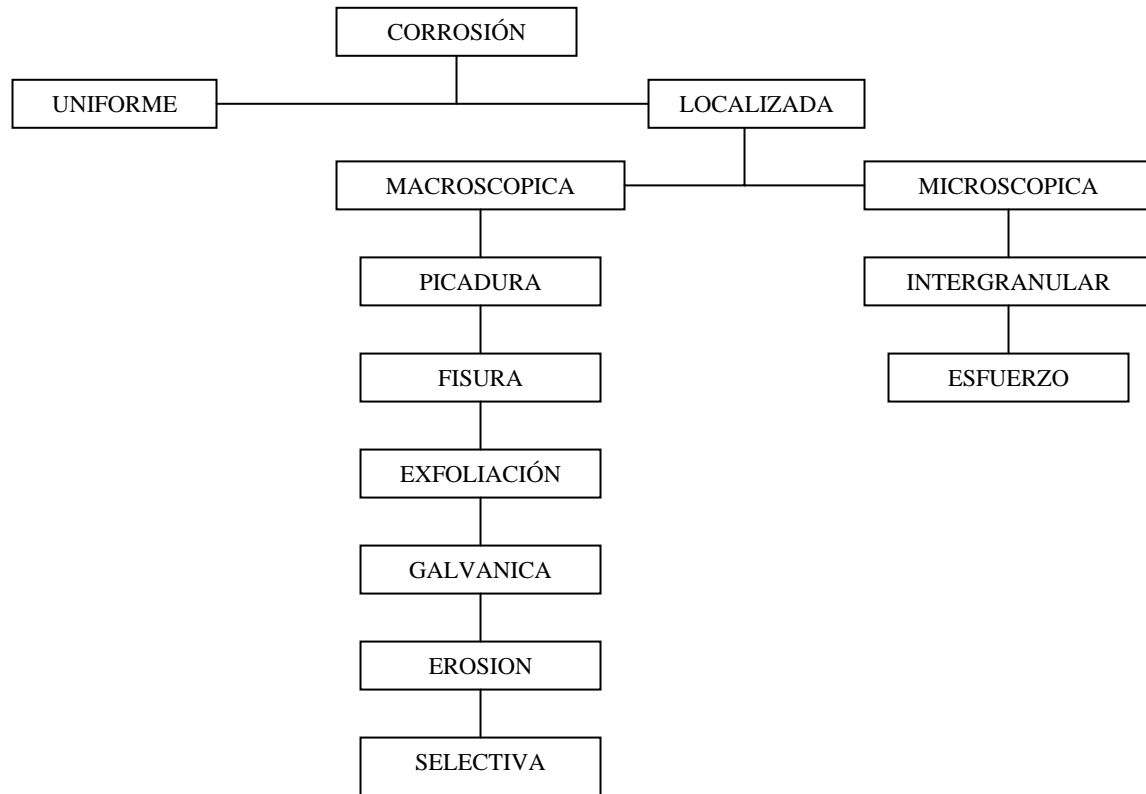


Figura 3.3 Clasificación de la corrosión basada en la apariencia

- Corrosión uniforme

El ataque se produce cuando los puntos anódicos y catódicos cambian constantemente de posición, lo que provoca un adelgazamiento progresivo y uniforme en la superficie expuesta hasta su destrucción total.

- Corrosión localizada macroscópica

Corrosión por picadura. Perforaciones de tamaños y profundidades variables, pueden estar aisladas o tan cercanas unas de otras que aparentan superficies rugosas. Es causada cuando las áreas catódicas son mayores a las anódicas, y entre mayor sea la diferencia más rápida será la corrosión. Se inicia cuando hay impurezas. Consta de dos etapas: primero es el daño de columna y posteriormente la propagación, en el que el daño aumenta.

Corrosión por hendiduras o fisuras. Se inicia cuando en la unión de los materiales (metales iguales, diferentes o con un elemento no metálico) se deposita una solución, como el polvo o un corrosivo, que actúa como escudo y crea un ambiente corrosivo debajo de él. Este tipo de daño es común en pernos, tuercas, soldaduras o recubrimientos con mala adherencia.

Corrosión por exfoliación o laminar. El daño se origina bajo la superficie del metal, creando capas que se van botando en forma de hojas. Se inicia en los granos de los bordes del maquinado, hoyos o perforaciones.

Corrosión galvánica. Cuando dos metales diferentes están en contacto, uno activo y el otro noble, por un medio electrolítico hay flujo de electrones entre ellos. El metal menos resistente a la corrosión pasa a ser ánodo mientras que el más resistente se vuelve el cátodo. En este caso el cátodo se corroe muy poco, pero el ánodo aumenta su corrosión, comparado con los metales aislados entre sí. La velocidad de corrosión es proporcional al área de contacto.

Corrosión por erosión, desgaste y cavitación. Estos tipos de corrosión ocurren cuando hay movimiento entre un fluido y el metal o un metal y otro metal. La combinación del fluido corrosivo y la velocidad del flujo favorecen la corrosión por erosión (Figura 3.4).

Asimismo, la corrosión por desgaste es favorecida por el rozamiento entre los metales en donde el recubrimiento es removido por el rozamiento y el metal activo expuesto al ambiente corrosivo. El daño de estos tipos de corrosión ocurren en tiempos cortos (semanas) y son inesperados, ya que las pruebas se realizan en condiciones estáticas que no reflejan las condiciones de erosión del flujo.

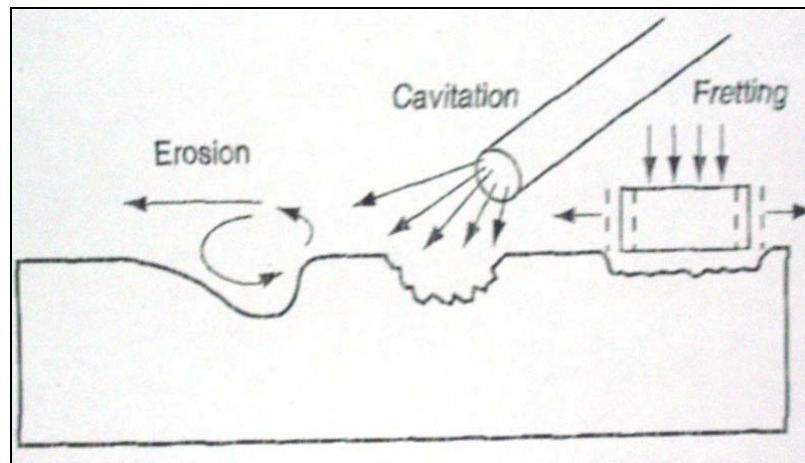


Figura 3.4 Corrosión por erosión, cavitación y desgaste (Cabrera, 2006)

Corrosión selectiva. Se presenta en aleaciones y el metal más activo es el que se corroe dejando al metal en forma de esponja. Comienza con pequeñas picaduras, por lo que el material queda poroso antes de producirse alguna fuga.

- Corrosión localizada macroscópica

Corrosión intergranular. Las interfases de granos son muy reactivas y se produce corrosión localizada, sin que esta aparezca en los granos. La aleación se desintegra o pierde rigidez. Este tipo de ataque puede ser causado por impureza en los contornos de los granos.

Corrosión por esfuerzo. Existen dos tipos: por tensión y por fatiga. En ambos casos, el daño puede ser intergranular (entre los granos) o transgranular (rompiendo los granos). Es generada por operaciones cíclicas de esfuerzos de tensión y compresión.

3.2 CONTROL DE LA CORROSIÓN

Los materiales corroídos no solo le dan mal aspecto, sino que también las propiedades mecánicas de los mismos se ven afectadas y eventualmente pierden la capacidad de realizar la función para la que fueron fabricados.

Los problemas causados por la corrosión son frecuentes y generan pérdidas económicas. Los costos relacionados con la corrosión se clasifican en:

- *Costos directos.* Son los costos de prevención, mantenimiento, reparación y de reemplazo del equipo así como los de protección contra la corrosión.
- *Costos indirectos.* Estos provocan mayores pérdidas económicas, dentro de esta clasificación están los paros de planta, las pérdidas de productos, disminución de la eficiencia del equipo, contaminación (alimenticios, farmacéuticos, agua), seguridad, sobrediseño, apariencia (Cabrera, 2006).

3.2.1 Tipos de protecciones

El control de la corrosión es importante para reducir los costos y sobre todo para la seguridad de las personas. Para lograrlo se debe hacer el mecanismo de la celda de corrosión lo más ineficiente posible. Existen varias formas de lograrlo: aislando el material del medio, cambiando el sentido de la corriente en la pila o modificando el medio corrosivo.

3.2.1a Protección catódica

El principio de funcionamiento de la protección catódica es el cambio del sentido de la corriente en la corrosión. Este método se divide en dos:

- Protección catódica con ánodos de sacrificio. La estructura a proteger se conecta a un metal más activo, que pasa a ser el ánodo en la celda de corrosión (Figura3.5). Descargan suficiente corriente para proteger la estructura.

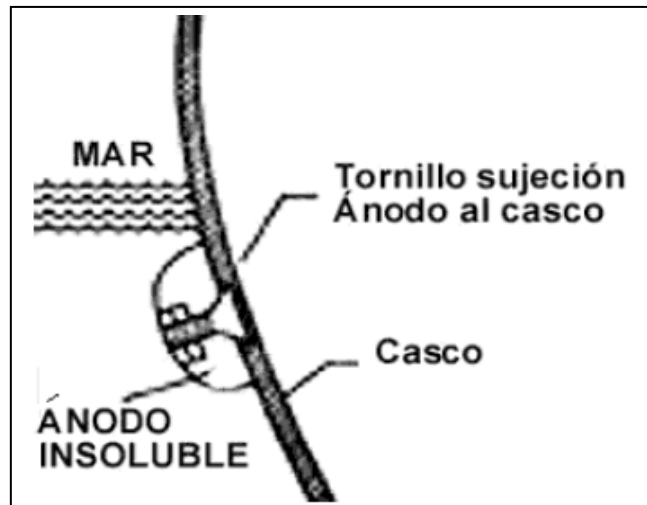


Figura 3.5 Protección catódica con ánodo de sacrificio (Fuente: Ávila, 1996)

Los metales más empleados como ánodos de sacrificio son el zinc, el magnesio y el aluminio. Como el diferencial de potencial entre el cátodo y el ánodo es bajo, este tipo de protección se emplea para pequeñas estructuras y en aquellas que requieran protección temporal. Tal es el caso de pozos o tanques de almacenamiento de agua, y en estructuras enterradas o inmersas en el mar (Ávila, 1996).

- Protección catódica con corriente impresa. Se hace pasar una corriente, proveniente de una fuente externa, sobre toda la superficie de la estructura. Se puede emplear una fuente de corriente generadora continua regulable, o rectificadores que son alimentados con corriente alterna y generan corriente eléctrica continua de bajo voltaje.

La terminal positiva de la fuente es conectada a una cama anódica y la negativa a la estructura a proteger, la corriente fluye desde el electrodo hasta la estructura a través del electrolito (figura 3.6).

Los ánodos empleados en la protección catódica con corriente impresa son el grafito, ferrosilicio y la chatarra de hierro; dependiendo de la estructura a proteger. Es empleada en barcos, plataformas, puentes, instalaciones de agua de mar y tuberías enterradas entre otras (Ávila, 1996).

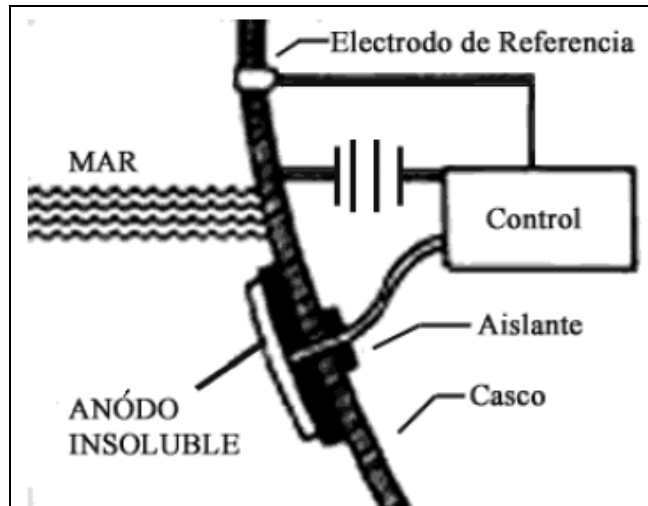


Figura 3.6 Protección catódica con corriente impresa (Fuente: Ávila, 1996)

3.2.1b Inhibidores

Los inhibidores son sustancias que modifican el medio corrosivo para polarizar uno de los electrodos, por lo que se disminuye la corrosión. Este método se clasifica en dos y si se utilizan ambos se obtiene una mejor protección (Ávila, 1996).

- Inhibidores anódicos. Forman un compuesto insoluble en el ánodo para pasivar el metal. Se utilizan para evitar la disolución del metal provocada por defectos en el recubrimiento aislante. Deben aplicarse en cantidades suficientes, de lo contrario se producirán picaduras. Ejemplos de estos inhibidores son: carbonato, silicato y barato de sodio, hidróxido sódico, nitrito y benzoato de sodio entre otros (Ávila, 1996).
- Inhibidores catódicos. Son sustancias como el bicarbonato de calcio, sulfato de zinc, y sulfato de magnesio que crean una capa de materia orgánica resistente a la corriente eléctrica, se forma sobre toda la superficie metálica (Ávila, 1996).

3.2.1.c Aislamiento del material

Al aislar el metal se evita que reaccione con el medio y por lo tanto que se corroa, existen diferentes tipos de recubrimientos y se pueden clasificar en cuatro tipos: inorgánicos, metálicos, no metálicos inorgánicos y no metálicos orgánicos

- Recubrimientos inorgánicos. Anodizado. Son las protecciones que vuelven anódicos el material a recubrir para producir una capa de óxido en la superficie. Se aplica al aluminio y sus aleaciones. Fosfatado. Cuando se protege una superficie de acero con una solución diluida de fosfato de hierro, zinc o magnesio en ácido fosfórico diluido. (Cabrera, 2006).
- Recubrimientos metálicos. Se aplica una película ininterrumpida de otro metal que cubre la pieza a proteger, pueden usarse metales como zinc, cobre o cromo. Existen diferentes métodos para la aplicación de la capa, a partir de los presentados a continuación se derivan otros, tal es el caso de la aplicación por atomizado.

Metalizado electrolítico. La lámina se transporta en forma continua a través del tanque de galvanización y electroquímicamente se le aplica un recubrimiento de zinc. En el tanque de galvanización se recubre por medio de corriente eléctrica. La electrogalvanización se lleva a cabo a temperatura ambiente y alta velocidad, por lo que aún después de galvanizar, los productos retienen virtualmente todas las propiedades básicas del metal base, conservando así excelentes características mecánicas para trabajarla. Electrodeposición de metales como zinc, níquel, cobre, cadmio, cromo.

Inmersión en caliente. El proceso consiste básicamente en sumergir el acero a recubrir, en una cuba con el zinc fundido. Se utilizan diferentes tipos de aleaciones de zinc con otros metales. El recubrimiento debe ser lo suficientemente grueso para proteger al metal y cubrirlo completamente. De igual forma debe poseer la suficiente resistencia a choques térmicos o roces.

- Recubrimientos no metálicos inorgánicos. Dentro de esta clasificación se encuentran los recubrimientos de silicato y cementación. En este último se convierte la superficie externa en una aleación resistente a la corrosión, se logra calentando la superficie metálica con polvo de zinc, aluminio o cromo (Ávila, 1996).

Las pinturas al silicato son recubrimientos inorgánicos de estructura mineral altamente resistente a la luz y a la degradación por la acción de la intemperie, presentando a la vez una alta permeabilidad al vapor de agua, ya que no forma película y el recubrimiento es altamente poroso. Por su alta resistencia a los agentes atmosféricos, a la suciedad y al amarillamiento, la superficie pintada mantiene durante mucho tiempo un aspecto (THALI, Japh).

- Recubrimientos no metálicos orgánicos. Este grupo está formado por las pinturas, esmaltes, barnices, lacas. Las pinturas son fabricadas a partir de pigmentos, aglutinantes, solventes y otros aditivos. A continuación se da una brevemente descripción de cada sustancia.

Aglutinantes. Dan cuerpo, dureza y durabilidad a la pintura, además de proteger al metal. Se pueden emplear en forma sólida, disueltos o dispersos en solventes orgánicos volátiles, en soluciones acuosas o emulsionados en agua. Puede ser: 1) Minerales: Cal apagada, yeso y cemento; 2) Orgánicos: Ceras, insolubles en agua y alcoholes y solubles en éter, bencina y trementina (parafinas que proceden de la destilación del petróleo, colas animales o vegetales, gomas, caucho proveniente del látex, colodión); 3) Grasos: Aceite de lino, de soja, de nuez; 4) Resinosos: Copal, goma laca y betún de Judea.

Resinas. Sustancia líquida y pegajosa que se endurece con el aire y se convierte en sólido amorfo y brillante. Pueden ser de origen vegetal o sintéticas, de estas últimas algunas de las más utilizadas son las resinas epóxicas, vinílicas, de silicona, acrílicas, fenólicas y poliuretano.

Disolventes. Es el medio dispersante de la disolución y normalmente establece el estado físico de la solución. Generalmente es volátil y su función es fluidificar. Ejemplos de este son: 1) agua: se emplea en pinturas llamadas “al agua”, debe estar exenta de sulfuros que podrían perjudicar los pigmentos; 2) alcohol: es el disolvente típico de las resinas, bajo tres tipos: metílico, etílico y amílico; 3) aguarrás (esencia de trementina): se obtiene por destilación por vapor de la resina del pino, el residuo es la colofonia que tiene propiedades disolventes, plastificantes y secantes; 4) acetona (propanona): disuelve resinas, grasas, gomas, etc; 5) benceno (bencina): Incoloro. Si es puro es insoluble en agua, es buen disolvente para aceites y grasas; 6) White spirit: se obtiene por destilación de una fracción pequeña del petróleo.

Pigmentos. Componente en polvo insoluble que da color reflejando la luz para dar un efecto blanco, o absorbiendo ciertas longitudes de onda de la luz para dar un efecto de color; los más empleados son polvos de zinc, aluminio, sulfato de bario, etc.

Aditivos. Sustancia empleada en pequeñas cantidades para realizar funciones que no cumplen el resto de los compuestos. Un ejemplo de aditivos son los secantes. Los secantes son empleados en porciones pequeñas y se añaden para catalizar o acelerar la oxidación y polimeración de los aceites vegetales, disminuyendo el tiempo de secado. El más importante es el LITARGIRIO (Monóxido de Plomo). Si se añade a los aceites y se hierve la mezcla, se obtiene un líquido denso que seca con rapidez. Existen otros secativos como óxidos de Cobre, Hierro, etc.

Las pinturas deben tener buena resistencia a la intemperie y a la corrosión, buena adherencia a la superficie a proteger, ser neutro respecto al soporte y estabilidad de color.

3.2.2 Electropintado por inmersión

El electropintado por inmersión consiste en la aplicación de un flujo de corriente continua a través de un electrodo, lo que provoca la polarización y deposición de la de la pintura en la pieza a proteger. Las ventajas de este método de aplicación son:

-
- Aplicación uniforme de la pintura, incluso en cavidades.
 - Ninguna formación de gota.
 - Alta resistencia a la corrosión
 - Difícilmente hay pérdida de pintura en el proceso.
 - Control del proceso
 - El proceso puede ser operado automáticamente y en serie.

De acuerdo a la polaridad que se da a la pieza, el electropintado puede ser anódico o catódico. En el electropintado anódico se conecta el metal a recubrir a la terminal positiva (ánodo), este método es el más antiguo de los dos y actualmente no se usa ya que brinda menor resistencia a la corrosión.

Electropintado catódico por inmersión (KTL)

En este caso la pieza es conectada al polo negativo (cátodo). Este tipo de aplicación ha sido muy aceptada debido a la alta protección contra la corrosión que ofrece. Emplea agua como medio de dilución. El proceso de aplicación es el siguiente:

- *Pretratamiento*. El objetivo de esta etapa es el desengrase y remoción de impurezas, para asegurar la adherencia de la pintura. La limpieza se realiza por inmersión y luego por aspersion, empleando un limpiador alcalino a baja temperatura (50-60°C). Los restos de la solución son eliminados con agua potable.
- *Acondicionador de superficies*. Elimina la formación de capas gruesas obtenidas algunas veces en superficies de acero o galvanizadas.
- *Fosfatado*. Convierte la superficie metálica en una no metálica. La pieza se sumerge en ácido fosforito con sales, lo que forma en la superficie metálica cristales de fosfato de zinc y hierro. Funciona como aislante mediante por lo que aumenta la adherencia del recubrimiento plástico así como su resistencia y durabilidad. La capa formada provee una alta resistencia a la corrosión, además mejora la adhesión y la durabilidad de la pintura. También elimina lodos finos y restos de acondicionador.

- *Enjuague por inmersión.* Las piezas deben enjuagarse con agua potable para eliminar los lodos finos del fosfato.
- *Pasivado por inmersión.* Sella totalmente la superficie depositándose en los espacios que no fueron cubiertos por el fosfato, incrementando así la resistencia a la corrosión.
- *Enjuague por inmersión.* Su función es evitar posible arrastre de materiales.
- *Primer catódico.* En esta etapa se realiza el electropintado en donde la pieza se conecta a la terminal negativa (cátodo) mientras que el ánodo lo forman celdas de diálisis. Es una protección anticorrosiva. La película depositada es regular en toda la superficie de la pieza.
- *Enjuague por inmersión.* Elimina la pintura que no se depositó.
- *Curado.* Finalmente la pieza entra a un horno para el curado y después es enfriada con aire a temperatura ambiente.

En la Figura 3.7 se muestra en un diagrama de bloques con la secuencia de aplicación de la pintura KTL.

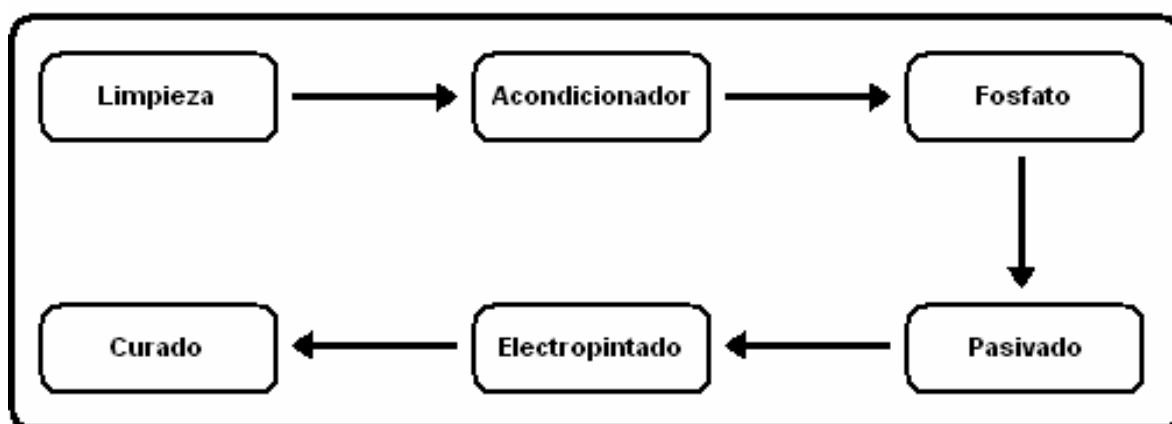


Figura 3.7 Proceso de aplicación de KTL

Dentro del equipo requerido para la aplicación de la pintura están tinajas de acero al carbón y de acero inoxidable, estas contienen las soluciones en las que se sumergen las piezas. De igual forma, se requiere equipo de filtración para la recuperación de los sólidos de la pintura. Las soluciones requieren estar en agitación constante para el adecuado flujo de pintura hacia el metal a proteger.

3.3 PRUEBAS A RECUBRIMIENTOS

Los recubrimientos deben ser poco sensibles al ambiente en el que estarán expuestos por lo que deben cumplir con ciertas características como la adherencia. Existen pruebas que aseguran que los recubrimientos cumplen con las especificaciones, y estas están dentro de los parámetros establecidos dependiendo del material y su uso.

3.2.1 Pruebas para la medición del espesor del recubrimiento

3.2.1a Inducción electromagnética

Es empleado para medir protecciones no magnéticas sobre sustratos ferromagnéticos como zinc, cromo, cobre o pintura en acero. El método consiste en que la excitación de una corriente de baja frecuencia genera una frecuencia magnética baja.

La densidad del flujo magnético depende de la distancia entre la muestra a medir y el sustrato ferromagnético. A través de un sensor en el instrumento, la señal de medición es transformada a espesor de capa basándose en las características de la sonda y en un modelo matemático convencional.

3.2.1b Microscopio

Otro método para obtener el grosor del recubrimiento, es empleando un microscopio. La medición se realiza cortando una muestra de la pieza a evaluar de forma transversal, de tal modo que queden tanto los recubrimientos como la lámina expuestos. La muestra se coloca bajo el microscopio, por lo que se pueden observar las capas de protección como se muestra en la Figura 3.8.

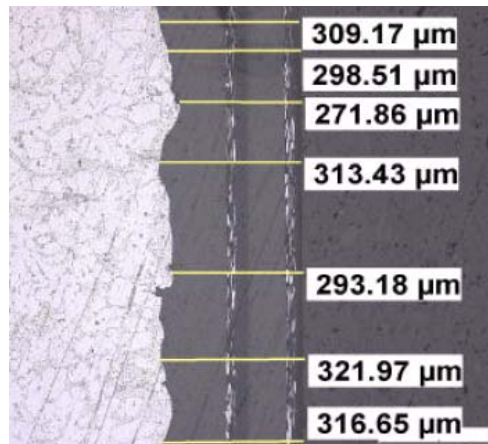


Figura 3.8 Medición del espesor de capa con microscopio

3.2.2 Pruebas de adherencia

3.2.2.a Corte de rejilla

Otro método para obtener el grosor del recubrimiento, es empleando un microscopio. La medición se realiza cortando una muestra de la pieza a evaluar de forma transversal, de tal modo que queden tanto los recubrimientos como la lámina expuestos. La muestra se coloca bajo el microscopio, por lo que se pueden observar las capas de protección como se muestra en la Figura 3.9.

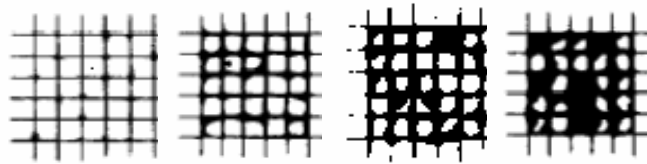


Figura 3.9 Evaluación de adherencia mediante corte de rejillas (Fuente: DIN EN ISO 2409)

3.2.2.b Resistencia al impacto de piedras

Para esta prueba se emplea un gravelometro (figura 3.10), el equipo lanza granalla a la muestra a evaluar. Dependiendo de las especificaciones de las normas, puede variar el diámetro de la granalla, la presión de lanzamiento, el tiempo de duración de la prueba, el número de repeticiones.



Figura 3.10 Gravelometro (Fuente: Direct Industry, 2007)

La prueba se realiza de la siguiente manera:

Primero se pesa la cantidad de granalla a emplear cuidando que cumpla con el diámetro especificado, luego se pone en la boquilla del equipo como se muestra en la figura 3.11.



Figura 3.11 Alimentación de granalla en gravelometro (Fuente: Direct Industry, 2007)

Posteriormente se fijan las condiciones de operación en el equipo: presión y tiempo de duración. Se realiza la prueba y se repite el número de veces indicado en la norma. Finalmente se evalúa la muestra mediante una comparación visual del daño obtenido y estándares. La figura 3.12 muestra un ejemplo de una lámina de acero sometida a 10 segundos de prueba con $\frac{1}{2}$ Kg. de granalla con 4 – 5 mm de diámetro y presión de 2 bar repetida dos veces.



Figura 3.12 Lámina sometida a prueba de resistencia al impacto de piedras

3.2.3 Prueba de resistencia a la corrosión

Estos ensayos están diseñados para probar la calidad de la protección superficial. Los ensayos consisten en poner el material en el medio corrosivo a estudiar y, después de estar expuestos un determinado tiempo, los daños generados son evaluados. Las pruebas de corrosión aceleradas se clasifican en:

3.2.3a Pruebas con un reactivo específico de ataque.

Usa concentraciones superiores a las del ambiente, dentro de este tipo de pruebas se tiene a la cámara de niebla salina y sus derivadas, algunas son:

- :: Niebla salina “normal”
- :: Niebla salina + ácido acético
- :: Niebla salina + ácido acético + ClCu_4
- :: Humedad

El procedimiento de prueba requiere seguir ciertas especificaciones. Cada tipo de prueba cumple con alguna norma en la que se indican condiciones de operación. Tal es el caso de la composición de la solución a usar, la temperatura a la que debe estar el interior del equipo, preparación y colocación de las muestras así como el aire comprimido. En la figura 3.13 se muestra la imagen de una muestra después de estar expuesta a 240 horas de niebla salina.

3.2.3.b Pruebas cíclicas.

Se imponen uno o más factores de corrosión, como humedad, temperatura y lluvia entre otras. De igual forma se deben cumplir con ciertas especificaciones con este tipo de equipos, pertenece a esta clasificación la prueba de tres fases o prueba combinada.

De acuerdo a las normas que las piezas deban cumplir, el ambiente corrosivo cambia después de determinado tiempo de exposición. Por ejemplo, para este estudio un ciclo comprende de: niebla salina, clima normal y humedad condensada. De igual forma, en ciertas especificaciones los ciclos son homogéneos y en otros no.

3.2.3.c Pruebas de exposición natural.

Se realizan en condiciones reales por lo que únicamente se emplea en estudios prolongados ya que para controlar la calidad del recubrimiento en una línea de producción es necesario obtener los resultados lo más rápido posible, sin que sean erróneos.

Las pruebas de corrosión aceleradas tienen la finalidad de evaluar el proceso de pintado y por ende comprobar la adherencia de la protección superficial del material. De igual forma, simula ambientes extremos a los que las piezas estarán expuestas. Si se realizaran las pruebas en tiempo normal, un lote de piezas tardaría años en ser aprobada lo cual para fines industriales es impráctico y costoso.

3.2.3.d Ensayos electroquímicos

La celda electrolítica puede forzar al sistema a que un sustrato actúe como ánodo o cátodo. Por lo tanto, como se muestra en la figura 3.13, al conectar la muestra a probar como ánodo, un metal como cobre al cátodo y aplicar una corriente, se acelera el flujo de electrones y por lo tanto la velocidad de reacción.

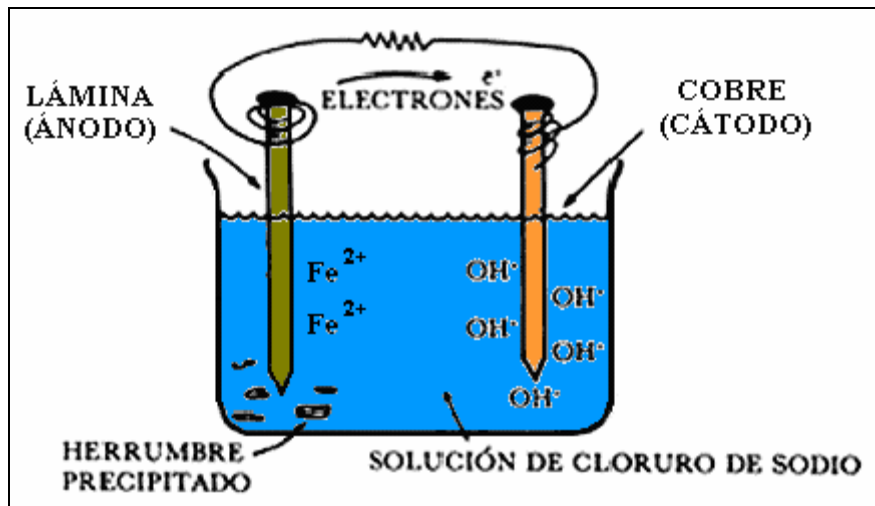


Figura 3.13 Celda electrolítica

El sistema se completa con el electrolito, este es una solución por la cual fluyen los iones. Puede emplearse una solución de cloruro de sodio y agua desionizada. El circuito se activa con una fuente generadora de corriente y modifica la intensidad del voltaje o amperaje evitando la pasivación del metal.