

Boletín 62

PROCESO DE GALVANIZADO EN CALIENTE

Boletín técnico N°62
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

PROCESO DE GALVANIZADO EN CALIENTE.

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADERO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. General.

El galvanizado o galvanización es el proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro.

Se denomina galvanización pues este proceso se desarrolló a partir del trabajo de Luigi Galvani, quien descubrió en sus experimentos que si se pone en contacto un metal con una pata cercenada de una rana, esta se contrae como si estuviese viva; posteriormente se dio cuenta de que cada metal presentaba un grado diferente de reacción en la pata de rana, lo que implica que cada metal tiene una carga eléctrica diferente.

Más tarde ordenó los metales según su carga y descubrió que puede recubrirse un metal con otro, siempre depositando un metal de carga mayor sobre otro de carga menor, y aprovechando esta cualidad de su descubrimiento se desarrolló más tarde el galvanizado, la galvanotecnia y posteriormente la galvanoplastia.

En presencia de humedad, el dióxido de azufre presente en la mayoría de las zonas de decantación atmosférica y el cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico) presente en la vecindad de plantas industriales, forman ácidos que atacan al metal en los puntos débiles de la película protectora, causando corrosión por picado.

2. Proceso de galvanizado

La Galvanización es un procedimiento mediante el cual se evita la oxidación del acero. En esencia, consiste en recubrir la lámina o pieza de acero,

cuya superficie ha sufrido un tratamiento químico de limpieza previamente, con una capa de zinc, que al contacto con el acero reacciona formando sobre ella un recubrimiento muy resistente que lo protege contra la oxidación.

El acero se oxida rápidamente cuando está expuesto a la acción de los fenómenos atmosféricos (lluvia, granizo, condensación, etc.) y aunque no se hagan presentes estos fenómenos, el oxígeno contenido en el aire es suficiente para oxidar al acero, cuando este no está protegido.

Una forma de proteger al acero es cubriendo su superficie con una barrera mecánica impermeable para evitar que los agentes oxidantes, como la humedad o el aire lleguen a ella.

3. Normas y estándares

Las normas que aplican a nivel internacional sobre las cuales adopta cada país en materia de galvanizado son las siguientes:

- ❑ ASTM A123
Especificación estándar para recubrimientos de zinc (galvanizado por inmersión en caliente) en productos de hierro y acero.
- ❑ ISO 1461
Estándar Internacional para recubrimientos de galvanizado por inmersión en caliente en productos de hierro y acero.
- ❑ ASTM A385
Practica estándar para proveer capas de zinc con alta calidad (inmersión en caliente).
- ❑ ASTM A780
Practica estándar para la reparación de las zonas dañadas y sin recubrimiento de capas de galvanizado por inmersión en caliente.

4. Utilización de la galvanización

Como norma general, la utilización de los recubrimientos a través de la galvanización para

proteger materiales o piezas de acero tiene múltiples aplicaciones entre ellas:

- En prácticamente todos los ambientes interiores razonablemente ventilados.
- En casi todos los ambientes exteriores.
- En contacto con agua fría.
- En contacto con agua caliente hasta unos 60°C.
- En contacto con muchos tipos de suelos
- En contacto con la mayoría de las maderas secas
- En contacto con la mayoría de los metales, excepto en condiciones de inmersión.
- Hasta temperaturas de trabajo de unos 200°C.
- Si el calentamiento es ocasional, hasta 275°C.

Tenga siempre presente que el recubrimiento galvanizado no deben utilizarse para piezas que no estén provistas de protección adicional de forma de proteger el acero que vaya a estar bajo las siguientes condiciones:

- En soluciones ácidas.
- En soluciones alcalinas fuertes.

4.1 Comportamiento de los recubrimientos galvanizados en soluciones ácidas.

Tenga especial atención con los medios ácidos, no se debe especificar el empleo de recubrimientos a través de la galvanización para la protección del acero en medios ácidos, debido a que no es adecuada.

El motivo se debe a que el zinc es atacado con extrema facilidad por los medios cuyo pH sea inferior a 5,5.

4.2 Comportamiento de los recubrimientos galvanizados en soluciones alcalinas.

Se ha comprobado que el zinc presenta un comportamiento mucho mejor a sustancias alcalinas que a productos ácidos. El acero galvanizado se comporta bien en medios moderadamente alcalinos.

El límite máximo de alcalinidad recomendable es el correspondiente a pH 12,5.

El problema, muchas veces, es conocer la alcalinidad real del medio en el que vaya a desempeñar el material galvanizado.

5. Resistencia a la corrosión de recubrimientos galvanizados.

Los recubrimientos de zinc protegen el acero sacrificándose a su favor, de tal manera que aunque se presentaran daños diversos como cortes, raspaduras, perforaciones, etc., estarán igualmente protegidos contra la oxidación, debido a la diferencia de potencial electroquímico que existe entre el zinc y el acero denominada protección catódica.

TABLA 1 Resistencia a la corrosión de los recubrimientos galvanizados					
Espesor del Recubrimiento		Número de años en promedio de duración hasta que aparece una oxidación de 5% sobre la superficie de acero según la atmosfera en que se encuentra			
Milésimas de pulgada	gr/m ²	Rural	Marina	Urbana	Industrial
0.0015 a 0.0031	269 a 557	17 - 35	12 - 20	10 - 15	4 - 8
0.0031 a 0.0047	557 a 844	35 - 50	20 - 35	15 - 25	8 - 12
0.0047 a 0.0078	884 a 1400	50 - 75	35 - 50	25 - 40	12 - 18

En la tabla 1 se puede apreciar el número de años en promedio de duración hasta que aparece una oxidación de 5% sobre la superficie de acero según la atmosfera en que se encuentra, de igual forma, el espesor de la capa de recubrimiento de galvanizado para obtener esos años de duración.

6. Métodos de galvanización

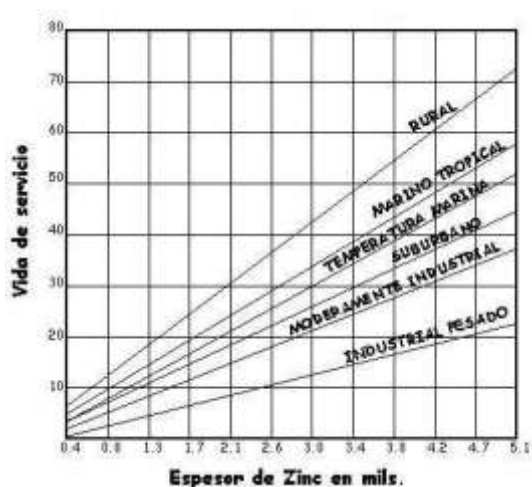
Existen dos métodos de galvanización la efectuada en caliente y la realizada en frío, es importante destacar que a su vez estos métodos se subdividen dependiendo de su aplicación, entre los cuales se encuentran los siguientes:

6.1 Galvanizado en caliente por inmersión.

Los recubrimientos obtenidos de esta manera proporcionan una protección eficaz y duradera a las piezas que usted fabrica, maneja o utiliza.

Estos recubrimientos poseen también una adherencia muy superior a la de las pinturas, porque se alean con el acero base.

El acero desprotegido tiene un promedio de vida de tan solo dos años, antes de que queden afectadas su funcionalidad o su integridad estructural.



Valores típicos de la vida útil de recubrimientos de galvanizado

Figura 1

Al contrario de lo anterior, el acero con los recubrimientos galvanizados obtenidos en las instalaciones de galvanización general duran como mínimo diez años sin necesidad de mantenimiento alguno, incluso en las peores condiciones atmosféricas. En la figura 1 se puede apreciar los valores típicos de la vida útil de recubrimientos de galvanizado.

Los otros sistemas de protección necesitan un mantenimiento regular, que puede resultar muy costoso en el caso de que las estructuras a mantener sean de difícil acceso y haya que instalar plataformas o engorrosos andamiajes para poder acceder a los sitios donde se requiere mantenimiento correctivo.

7. Técnicas de galvanización.

Dentro del proceso de galvanizado por inmersión existen las técnicas continuas y discontinuas, distinguiéndose entre ellas los siguientes tipos:

- ❑ Técnicas discontinuas:
 - Galvanizado de piezas (bandejas y accesorios)
 - Galvanizado de tubos
- ❑ Técnicas continuas:
 - Galvanizado de láminas (lámina pregalvanizada)
 - Galvanizado de alambres

7.1 Galvanizado en caliente por inmersión mediante Técnicas discontinuas.

Esta técnica de galvanizado es la más utilizada para los recubrimientos de bandejas portacables y de sus accesorios, por supuesto que también para otras aplicaciones.

La galvanización es un procedimiento de recubrimiento de metales ferrosos por inmersión en un baño de zinc fundido.

Para este procedimiento es necesario que la superficie de las piezas o bandejas a cubrir estén

cuidadosamente preparadas, con el fin de permitir la reacción del zinc y del acero.

Es por esto que antes de la inmersión en el baño de zinc, las piezas a galvanizar pasan primero, por tres etapas:

7.1.1 Desengrase.

Las piezas se someten a desengrase en soluciones alcalinas o un agente desengrasante eliminador de grasa, polvo, contaminantes orgánicos como la tierra, pinturas, y aceite de la superficie metálica.

Los Epóxicos, vinílicos, asfalto o escoria de soldadura deben ser eliminados con medios mecánicos antes de galvanizar, por esta razón Gedisa emplea el sistema de soldadura MIG con gas inerte para acabados libres de escoria.

Esta etapa tiene como objetivo eliminar todos los elementos extraños que podrían impedir la disolución de los óxidos de hierro presentes en la superficie de la pieza a tratar. Para ello, se sumerge el acero en una solución de carbonato de sodio, de soda y de detergentes calentados a una temperatura de entre 60 y 80°C.

Una vez desengrasadas, las piezas pasan a una cuba donde se les realiza el enjuague con agua para eliminar restos del producto desengrasante.

7.1.2 Decapado mediante baño ácido.

Las incrustaciones y el óxido normalmente se sacan de la superficie de acero, decapando en una solución diluida de ácido sulfúrico caliente o ácido hidroclórico a temperatura ambiente.

Se efectúa con la ayuda de ácido clorhídrico adicionado con un inhibidor y permite eliminar la calamina y algunos otros óxidos presentes en la superficie. Al finalizar esta etapa, se enjuagan de nuevo las piezas con agua para eliminar los restos de la etapa previa.

La preparación de la superficie, también puede lograrse con una limpieza mecánica.

7.1.3 Inmersión en sales de flux.

Es la etapa final en la preparación de la superficie en el proceso de galvanizado. Esta inmersión elimina los restos de óxidos y previene que otros óxidos se formen en la superficie del metal antes de ser galvanizado y facilita la unión del zinc a la superficie del hierro o acero.

Las piezas son sumergidas en una solución acuosa doble de cloruro de amonio y de zinc calentado a 60°C aproximadamente. Esta sal de cloruro de zinc y amonio protege la pieza de la oxidación después del decapado, además de permitirle al zinc deslizarse sobre el acero.

En el proceso de galvanizado seco, el acero es sumergido en una solución de cloruro de amonio y cloruro de zinc. El material es secado acuciosamente antes de sumergirlo en el zinc fundido.

En el proceso de galvanizado húmedo, se utiliza una capa de sales fundidas que flotan en la superficie del zinc, por donde pasan las piezas al tiempo que entran en el baño de zinc.

7.1.4 Galvanización.

Esta operación se realiza tras las etapas preparatorias, el acero es sumergido en una cuba con zinc fundido a temperatura comprendida entre 440 y 460°C.

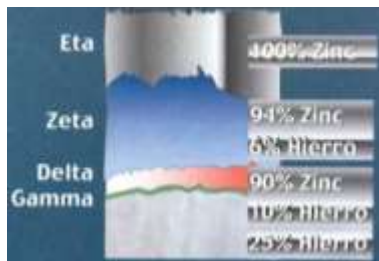
La duración de esta inmersión depende del volumen de la pieza a galvanizar y puede durar entre tres y quince minutos según se trate de un tornillo, una bandeja portacables o de una pieza de estructura pesada.

En esta etapa, el material está completamente sumergido en un baño de zinc fundido puro. La química del baño está especificada por la

American Society of Testing and Materials (ASTM), en la norma ASTM A123.

La temperatura del baño se mantiene en aproximadamente 450 grados celcius. Las piezas fabricadas se sumergen en el zinc el tiempo suficiente para alcanzar la temperatura del baño. Los artículos son lentamente retirados y el exceso de zinc se saca estilando, por vibración y/o centrifugado.

El revestimiento aplicado de esta manera proporciona al acero una protección tanto física, aislándolo del medio exterior, como electroquímica, en el caso en que este fuese agredido o perdiera su capa exterior. En la figura 2 se puede apreciar el perfil del enlace metalúrgico producido en recubrimientos galvanizados en caliente por inmersión.



Perfil de un enlace metalúrgico en recubrimientos galvanizados en caliente por inmersión

Figura 2

Las reacciones químicas que se producen con la formación y estructura del tratamiento de galvanizado continúan luego que las piezas han sido retiradas del baño. Los artículos son enfriados ya sea en agua o aire frío después de haber sido retirados del baño.

7.1.5 Inspección.

Las piezas una vez galvanizadas son sometidas a inspección a fin de verificar que los espesores cumplan las especificaciones de recubrimiento requerido.

Se pueden efectuar una variedad de ensayos simples, tantos físicos como de laboratorio para determinar espesores, uniformidad en el recubrimiento, adherencia del recubrimiento, y apariencia.

El método más importante para la inspección de piezas galvanizadas es el visual. Los productos son galvanizados de acuerdo a los estándares aceptados y aprobados por la norma ASTM 123 97-A.

Estos estándares cubren todos los detalles, desde espesores mínimos necesarios para el recubrimiento de acuerdo a distintas categorías de materiales galvanizados hasta la composición del metal zinc utilizado en el proceso.

7.2 Técnicas continuas para el galvanizado de láminas.

Los principales factores que influyen en el proceso de galvanizado de láminas son: preparación de la superficie, control de la temperatura durante el recubrimiento, composición del baño y tratamientos posteriores.

Existen varios tipos de procesos, pero el más utilizado es el denominado proceso Sendzimir.

7.2.1 El procedimiento de Sendzimir.

Este procedimiento fue desarrollado en el transcurso de los años 30. En el mismo la limpieza de la superficie se lleva a cabo por oxidación con llama de los lubricantes, seguido de una reducción a unos 850-950°C en un horno en atmósfera de amoníaco.

La oxidación de la superficie mediante tratamiento térmico permite la eliminación de la materia orgánica combustible de la superficie. Además, provee de una superficie con el mismo grado de oxidación, independientemente de variaciones en la limpieza de la superficie.

Durante la posterior reducción, los productos de reacción son gaseosos y la calidad de esta operación depende de dos factores, la temperatura del horno y la composición de la atmósfera reductora.

Posteriormente se enfría la chapa y, sin volver a entrar en contacto con el aire, se introduce en el baño de zinc bajo atmósfera gaseosa protectora a una temperatura de unos 5000C.

Las chapas provenientes de bobinas se desenrollan progresivamente, se desengrasan y se precalientan (600 à 650°C).

Posteriormente se calientan a una temperatura que puede variar entre 750 y 850°C y se enfrían en una atmósfera protectora (N2, H2).

A continuación se sumergen en un baño de zinc cuya temperatura se sitúa entre 450 y 500°C durante un tiempo muy corto, de aproximadamente tres segundos.

Cuando se sacan de este baño, son secadas por láminas de aire con el fin de ajustar el espesor del depósito de zinc.

7.2.2 Galvanizado en continuo por inmersión en caliente.

El pregalvanizado, conocido también como galvanizado laminado o laminado galvanizado por inmersión, se produce en un tren de laminación rodante pasando las bobinas de acero a través de zinc fundido contenido en una cuba.

Estas bobinas posteriormente son cortadas en secciones a las medidas comerciales. Para mayor información del proceso ver técnicas continuas para galvanizado de láminas más adelante.

En la fabricación de cerramientos y accesorios las áreas que normalmente no se recubrieron durante el proceso de fabricación, como cortes y

soldaduras, son protegidas por el zinc a su alrededor que opera como ánodo de sacrificio.

Durante la soldadura, una pequeña área es afectada directamente por el calor, quedando también desprovista de revestimiento, pero el mismo proceso anterior de autoprotección ocurre.

Es el proceso de recubrimiento de láminas de acero que consiste en recubrir el contenido de una bobina de acero que a través de un proceso industrial se desenrollada haciéndola pasar dentro de un baño de zinc fundido a una temperatura del orden de 460°C y posteriormente es mecanizada para terminar bien sea en atados de láminas o en bobinas de laminas de acero pregalvanizadas.

Toda esta operación en forma continúa garantizando la uniformidad del recubrimiento. Este proceso consta de las siguientes secciones:

1. Sección de Entrada
2. Sección de Proceso
3. Sección de Salida

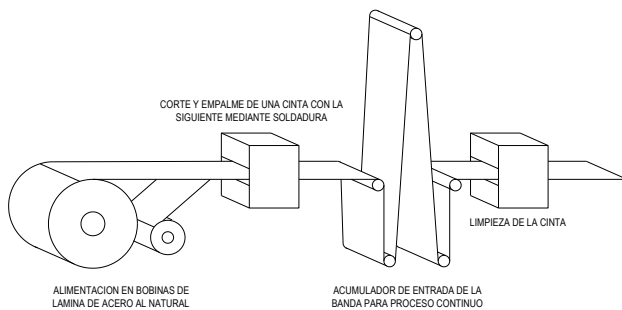
A continuación emplearemos un diagrama para cada sección y comentaremos sobre los procesos que se efectúan en cada etapa.

7.2.2a Sección de entrada.

Utilizando el diagrama de la figura 3 podemos comentar sobre las etapas que constituyen a esta sección, las cuales son:

- Desenrollado de las bobinas
- Corte del inicio y final de las bobinas
- Empalme mediante soldadura del final de una cinta con el inicio de la siguiente.
- Acumulación de cinta para un proceso continuo.

- Limpieza de la cinta.



Sección de entrada en proceso de galvanización continuo
Figura 3

En esta sección nos dedicaremos a comentar solo de la etapa de limpieza por ser la más relevante.

El acero para poder ser galvanizado, requiere que su superficie presente una absoluta ausencia de cualquier elemento contaminante, tales como grasas u oxidación.

Es por este motivo que la sección de entrada concluye con la etapa de limpieza. En esta etapa, la cinta pasa a un baño que contiene un líquido especial de desengrase, a la vez que se le aplica un flujo de corriente eléctrica que elimina desechos.

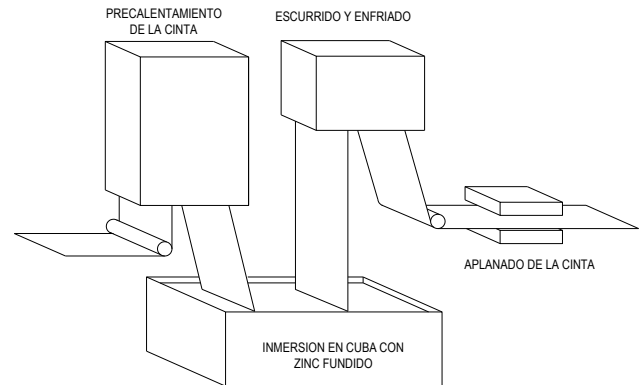
La cinta es cepillada y posteriormente enjuagada para eliminar residuos de los productos químicos de limpieza.

7.2.2b Sección de proceso.

Utilizando el diagrama de la figura 4 podemos comentar sobre las etapas que constituyen a esta sección, las cuales son:

- Pre calentamiento de la cinta.
- Dar a la cinta las propiedades metalúrgicas.
- Recubrir la cinta con zinc. (Galvanizar)

- Enfriar la cinta a temperatura
- Aplanado o nivelado de la cinta



Sección de proceso de galvanización continuo
Figura 4

Ahora veremos con más detalle esta sección, por ser allí donde se produce la transformación de la lámina rollada en frío cruda en lámina galvanizada. Comenzaremos con la etapa de pre calentamiento.

En esta etapa la cinta es sometida a un proceso térmico, en donde el material alcanza temperaturas de recocido que van desde 700 hasta 830° centígrados y el objetivo es precisamente el de restaurar la estructura interna, perdida durante el proceso de laminación en frío, como también el de elevar la lámina a la temperatura de galvanización.

Todo este proceso se lleva a cabo en un horno sellado y con una atmósfera rica en nitrógeno e hidrógeno, para evitar la contaminación que el oxígeno del aire pueda causar a la superficie de la cinta.

Cuando llegamos a la etapa de la inmersión en cuba, alcanzamos por fin la etapa más importante de la línea, ya que aquí es donde se lleva a cabo lo que es propiamente la galvanización.

Consiste en un depósito de acero especial, lleno de zinc fundido, el cual tiene una temperatura de 450 a 475° C y cuya composición química es la descrita en la tabla siguiente:

Al paso de la cinta por el interior de la cuba, ésta se recubre del metal fundido por ambas caras, produciéndose así la galvanización.

A corta distancia del nivel del baño de zinc, donde sale la lámina cubierta de zinc aún en estado líquido se encuentran ubicadas a ambos lados de la cinta unas boquillas que soplan aire a presión, constituyendo una cuchilla de aire que barre el zinc excedente, regulando el espesor del recubrimiento de manera perfectamente uniforme sobre toda la superficie de la lámina.

Posteriormente la lámina pasa por la unidad de floreado, que consiste sencillamente en ventiladores de aire que solidifican el zinc. Se determina el tamaño de la flor con la velocidad de solidificación.

Por último, debido a los procesos térmicos por los que ha pasado la cinta, complementados por el de recubrimiento, es necesario hacer algunos procesos complementarios para que el producto cumpla con las demandas requeridas.

Estas demandas tienen que ver con características mecánicas, condición de la superficie y forma de la cinta. Para esto, la línea cuenta con un molino templador y un tenso nivelador cuyo proceso ofrece:

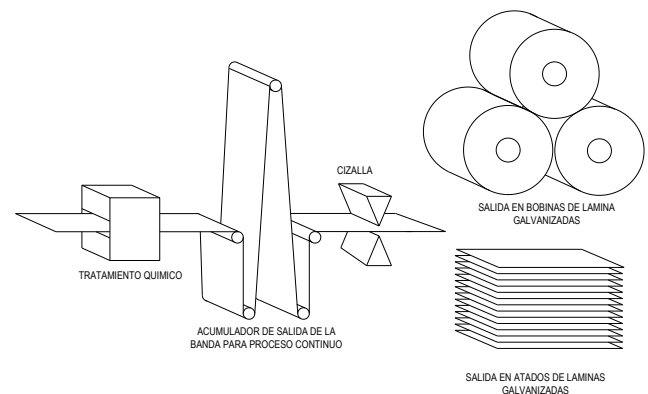
- Aumentar la resistencia del material
- Disminuir el envejecimiento
- Aumentar la dureza
- Corregir la forma de la cinta
- Proporciona planeza y elongación a la cinta.

Ing. Gregor Rojas

7.2.2c Sección de salida.

Utilizando el diagrama de la figura 5 podemos comentar sobre las etapas que constituyen a esta sección, las cuales son:

- Tratamiento químico
- Acumular la cinta para un proceso continuo
- Enrollar y cortar
- Flejar, marcar e inspeccionar



Sección de salida en proceso de galvanización continuo

Figura 5

La sección de salida se inicia con la etapa tratamiento químico, en donde se aplica un revestimiento a base de una solución de cromatos de zinc.

La aplicación de este producto, tiene por objeto el proteger a la lámina galvanizada contra la humedad, inhibiéndola así de la aparición del óxido blanco.

Finalmente se enrolla o se corta para formar los atados de láminas según sea el requerimiento, pasando a las etapas de controles de salida para su comercialización.

7.2.3 Galvanizado en caliente por termorociado

Es otra técnica menos frecuente que se efectúa mediante la proyección térmica del zinc fundido a través de una pistola especial. Esta técnica es denominada matoplastia o la sherardización.

El Termorociado es el proceso de rociar metal fundido sobre una superficie para formar un relleno. Metal puro o aleaciones son fundidos por medio de una flama de oxiacetileno y atomizados por un chorro de aire a presión.

Para el galvanizado por esta técnica este rociado de metal emplea zinc el cual al fundirse va formando una capa sobre la superficie previamente preparada para plasmar un relleno metálico sólido. En la figura 6 se puede observar a un operador realizando el proceso de termorociado de zinc sobre una pieza.

Debido a que el rociado se realiza por medio de un chorro de aire comprimido, el objeto rociado no se calienta demasiado. Es por esto que el termorociado se conoce como un proceso "en frío" para galvanizar una pieza.



Proceso de termorociado
Figura 6

Este método fue inventado a principios de siglo por Sherard Cowper Cowles y se basa en el principio de calentamiento de las piezas en el interior de una caja cerrada que da vueltas lentamente a una temperatura entre 380 y 450°C

en presencia de polvo de zinc y de un material inerte.

La sherardización, como la galvanización, permite obtener un revestimiento anticorrosivo de tipo aleación hierro-zinc.

Es importante destacar que contrariamente a la galvanización en caliente por inmersión descrita anteriormente, la sherardización está constituida solamente por capas delta y gama que se observo en la figura 2.

7.2.4 Galvanizado en frío.

Dentro del proceso de galvanizado en frío existen las técnicas electrolíticas y la de aplicación de recubrimientos a brocha o por sistemas aspersion distinguiéndose las siguientes:

1. Galvanización por electrólisis o galvanoplastia
2. Galvanización por medio de pinturas con pigmentos a base de polvo de zinc.
3. Metalización.

En este boletín técnico no describiremos estos métodos de galvanizado en frío.