

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

7²
Ejemplar



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA
DE GALVANIZADO POR INMERSION
EN CALIENTE"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
CON ESPECIALIZACION EN EL AREA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

JORGE GONZALEZ GUTIERREZ

GUADALAJARA, JAL. 1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

I	INTRODUCCION	1
II	QUE ES LA GALVANIZACION EN CALIENTE?	3
III	MATERIALES USADOS EN EL PROCESO	9
IV	EL PROCESO DE LA GALVANIZACION EN CALIENTE	14
V	PREPARACION DE LAS SUPERFICIES	18
VI	DISEÑO Y FABRICACION DE LA PAILA DE GALVANIZADO	23
VII	DISEÑO DEL HORNO	27
VIII	INICIO DE OPERACIONES	34
IX	RECOMENDACIONES	43
X	CONCLUSIONES	53

I.- INTRODUCCION

Dados los constantes incrementos en las diferentes materias primas y muy especialmente en el acero y sus derivados, - la fabricación de artículos tales como cubetas, tinajas, botes de basura y algunos otros recipientes en lámina galvanizada, se ha hecho prácticamente inabordable.

El proceso de fabricación de estos artículos genera - hasta un 46% de desperdicio, mismo que aumenta notablemente el costo de fabricación.

Estos desperdicios además, no son fácilmente comerciables, ya que la chatarra de lámina galvanizada es rechazada por los fundidores debido a que el zinc es un elemento indeseable - en la fabricación y composición del acero.

A fin de disminuir estos altos costos de fabricación, se pensó en la instalación de una pequeña planta de Galvanizado por Inmersión en caliente, la cual haría más abordable el producto y además mejorarla enormemente su calidad.

Después de un estudio sobre la abordableidad de esta instalación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- Las piezas se fabricarían en lámina negra, ya que

su costo es mucho más bajo que el de la lámina galvanizada.

2.- La pieza se galvaniza ya ensamblada por lo que el desperdicio de zinc (materia prima) es prácticamente nulo.

3.- La chatarra de lámina negra es fácilmente comerciable con los fundidores.

4.- El galvanizado por Inmersión en caliente da a la pieza una mayor rigidez con la cual mejora su resistencia, disminuyendo las deformaciones por el uso.

5.- Al sumergirse las piezas en el metal fundido, éste tapa cualquier orificio pequeño que hubiera quedado en el ensamble de las piezas, evitando así fugas en el recipiente.

6.- La protección ofrecida contra la corrosión es mayor debido a que también la capa de zinc depositada es mayor.

II.- QUE ES LA GALVANIZACION POR INNERSION EN CALIENTE?

La galvanización por Inmersión en caliente es un -- procedimiento mediante el cual se evita la oxidación del hie- rro y el acero. En esencia consiste en sumergir un artículo - de superficie químicamente limpia en un baño de zinc fundido- que reacciona con el fierro y forma un recubrimiento.

Dado que el zinc fundido no puede atacar al metal-- a través de la grasa o cascarilla, es necesario que antes de- su inmersión en el baño de zinc, el artículo de hierro o ace- ro a recubrir sea sometido a un proceso de limpieza, tal como desengrase, chorreado con granalla o un decapado ácido. A con- tinuación el material se recubre con un fundente para activar su superficie a fin de permitir que el zinc reaccione con --- ella durante la inmersión. Cuando la pieza se extrae, el exce- so de zinc se escurre y vuelve al baño. El artículo ya cubier- to de zinc, puede enfriarse sumergiéndolo en agua o simplemen- te dejándolo que se enfríe al aire.

Los dos procedimientos que se emplean, difieren en- el modo de aplicar la capa de fundente. Cuando se galvaniza - por vía húmeda, las piezas a tratar, una vez decapadas y en- juagadas, se sumergen en el baño de zinc a través de una capa de fundente que flota en la superficie del baño. Si la galva- nización se hace por vía seca, la pieza recubierta por el fun-

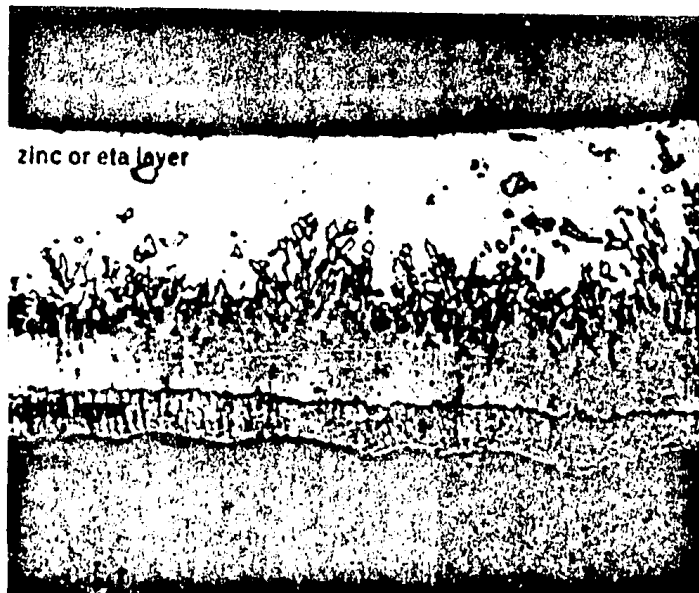
dente se somete a un proceso de secado, sumergiéndola a cont
nuación en el baño de zinc fundido.

El recubrimiento obtenido por el galvanizado por In
mersión en caliente, está formado por algunas o todas las a-
leaciones conocidas de fierro y zinc. Esto nos ha llevado a -
conocer la importancia de la selección del equipo adecuado y-
el cuidado especial a la temperatura del baño de zinc y el --
tiempo de inmersión.

La aleación hierro-zinc posee una estructura compleja
ja, es dura, menos maleable que la capa externa y más resis-
tente al deterioro mecánico. Está compuesta a su vez por tres
capas, que se diferencian por su distinto contenido de hierro
y zinc.

La capa que se halla más cerca del hierro o del ace
ro es la capa o fase gamma (γ), la cual contiene del 21 al -
28% de hierro. Sigue la fase delta (δ) que contiene del 6 al
11% de hierro y luego la capa de aleación externa, la fase zeta
ta (ζ) que contiene aproximadamente el 6% de hierro. La fase
gamma es muy delgada y no suele ser visible microscópicamente
en recubrimientos comerciales, incluso con muchos aumentos, a
menos que se tomen precauciones especiales para un examen mi-
crográfico. Fig. No. 1

fig: ra 1. Micrografia tipica de corte transversal de un acero suave galvanizado en caliente. Tiempo de inmersión 6 minutos; (Aumento 400)



La fase zeta varía mucho de espesor y a menudo tiende a pasar a la superficie externa del zinc, especialmente si la superficie del acero que se está galvanizando es rugosa o posee características metalográficas poco comunes. (Fig. No. 2)

Las fases ETA, ZETA y DELTA de las aleaciones hierro-zinc son comúnmente encontradas en recubrimientos de galvanización en caliente y son asociadas con las causas de adherencia, dureza, ductilidad y suavidad de los recubrimientos.

Las fases ZETA tienen forma de agujas y también se llama empalizada, es además brillante.

La capa ETA es, en efecto, sólo zinc formado en la superficie del recubrimiento y es el terminado liso familiar.

Al mismo tiempo cuando las condiciones de enfriamiento son apropiados, esta capa forma atractivas escamas o flores de fase ETA, las cuales no afectan la utilidad del recubrimiento.

Un problema permanente con los recubrimientos obtenidos por la galvanización en caliente, es la buena adherencia al metal base como se indica al desprenderse debido a las acostumbradas tensiones de uso.

Figura 2. Micrografía mostrando la capa zeta extendida en un recubrimiento galvanizado sobre una sección de ventana.



Un recubrimiento de zinc obtenido por galvanización en caliente, protege la superficie del hierro o del acero con mucha más eficiencia que una capa de pintura.

Cuando se sumerge una pieza de hierro o de acero en un baño de zinc fundido, el recubrimiento se forma por reacción entre el zinc y el hierro, quedando por lo tanto, perfectamente unido y aleado con el material base. El recubrimiento galvanizado es por esta causa más resistente al deterioro físico que una capa de pintura, aparte de que los puntos de difícil acceso quedan también recubiertos. Incluso si en el recubrimiento hay pequeños espacios al descubierto (tales como raspaduras), éstas quedan igualmente protegidas contra la oxidación. Ello se debe a la diferencia de potencial electroquímico entre el hierro y el zinc, por lo que el primero se resguarda debido a que el zinc se consume y le proporciona de esta manera una protección de sacrificio. Este tipo de protección, es una de las principales virtudes de los recubrimientos obtenidos por la galvanización en caliente, siendo una de las más grandes ventajas que ofrece sobre la protección que proporcionan los tratamientos a base de pintura o recubrimientos plásticos. Por otra parte, el recubrimiento de zinc obtenido por galvanización en caliente protege de forma más permanente que la pintura, pues aunque el zinc reacciona ligeramente al contacto con el aire o el agua, la película que se forma en la superficie es compacta y protectora en alto grado reduciendo la corrosión hierro.

III.- MATERIALES USADOS EN EL PROCESO

La selección del tipo de acero o fierro usado en los productos que se van a galvanizar, se basa en los requerimientos que se encontrarn en la fabricación y en el último uso de los objetos. Las demandas para facilitar la galvanización en caliente, son físicamente encaminadas a lograr una apariencia en la superficie y a controlar la distorsión de la forma y el tamaño.

En líneas generales, puede decirse, que la mayoría de los materiales del hierro y acero que se utilizan en la construcción mecánica, puede galvanizarse en caliente. Los aceros inoxidables y los muy aleados, como los que se usan para piezas de maquinaria, presentan dificultades especiales, pero raramente se galvanizan. Para obtener satisfactorios resultados, son necesarios distintos sistemas de preparación para cada clase de material.

Generalmente se suelen tratar aceros suaves y dentro de la escala de composiciones en que este material se suministra, las variaciones tienen poca influencia para el proceso de galvanización. Sin embargo, el acabado de la superficie tiene una gran importancia. El acero no es siempre enteramente homogéneo y su idoneidad para la galvanización se ve a veces gravemente afectada por la segregación, inclusiones de escoria, cas

carilla de laminación, etc.

Un elevado contenido de silicio en el acero, ejerce una influencia importante en la velocidad de reacción entre el acero y el zinc fundido. Las variaciones en el contenido de -- carbono y en menor grado, las de manganeso, influyen también -- sobre la velocidad de la reacción. Esta influencia es pequeña -- para las concentraciones en que dichos elementos se encuentran en el acero suave, pero la velocidad de reacción entre el ace_ ro y el zinc fundido aumenta considerablemente cuando el conte_ nido de silicio sobrepasa el 0.12% aproximadamente. A veces se encuentran contenidos elevados de silicio en el metal de solda_ dura; de aquí que el recubrimiento obtenido en una soldadura - difiera con frecuencia ligeramente del que se consigue en el - resto de la pieza.

Hace algún tiempo la fundición se consideraba difi_ cil de galvanizar y se suponía que requería largos periodos de inmersión para conseguir recubrimientos de uniformidad satis_ factoria. Esto no es, sin embargo, totalmente cierto, puesto - que la fundición se puede galvanizar tan fácilmente como el -- acero, si la superficie se prepara adecuadamente. Algunas ve_ ces se encuentran dificultades, porque con frecuencia las pic_ zas de fundición presentan zonas de arena adherida que no se e_ liminan fácilmente con un decapado corriente. Análogas dificul_ tades aparecen con la cascarilla del recocido que existe en la

superficie del hierro maleable, si las piezas no se limpian -- perfectamente antes del tratamiento térmico.

La rapidez de la reacción de la fundición con el -- zinc, varía según su composición, pues los contenidos de silicio y fósforo son particularmente importantes. La fundición -- más adecuada para galvanizar es la que contiene aproximadamente 3% de silicio y 1% de fósforo. Alcanzando este límite, un -- contenido mayor de silicio provoca una disminución en la reacción entre el zinc y la fundición. Si el contenido de silicio es más bajo, aumenta la formación de dross y es probable que -- el peso de los recubrimientos que se obtienen sea muy grande, especialmente si se emplean tiempos de inmersión muy prolongados. Esto mismo sucede en el caso del hierro con bajo contenido de fósforo.

El acero que va a usarse en la paila o recipiente el cual fundirá el zinc, se estudió perfectamente porque será atacado por el zinc a una velocidad constante y de esta forma se favorecerá que se acorte la vida de servicio. En lo que toca a la composición química, la experiencia aconseja bajos límites de carbono y silicio, los cuales son esenciales para mejorar la erosión bajo ataque por el zinc fundido.

Va sea de chimenea o de horno eléctrico, se vio que el acero elegido debe tener la siguiente composición química --

requerida para el grado de especificación ASTM A285

Carbono	0.12% máx.
Fósforo.....	0.50% "
Azufre.....	0.35% "
Silicio.....	0.01% "

Su espesor será de 2". Se investigó y se vio que la manufactura de tales placas como base de una buena práctica es frecuente y permite surtir estas placas con especificaciones - generales en donde el silicio no exceda de 0.07%

El estudio de la selección del acero para la fabricación de la paila aplicando las operaciones con calor y controlando los detalles de uso tienen como consecuencia prolongar - la vida útil de la misma.

El otro material de importancia en el proceso es el zinc. Aquí se aceptan las especificaciones estándar de la ASTM Designación B6-58 y el requerimiento químico es el siguiente:

Plomo	1.6% máx.
Hierro.....	0.08% "

El plomo y algo de Cadmio se encuentran usualmente - en el spelter primario y por lo tanto no es previsible la con_

taminación, su presencia es aceptable. Por el contrario, cualquier cantidad de fierro presente se transformará en un material de desecho llamado dross.

Existen en el mercado dos tipos de zinc en lingote, el zinc Prime Western y el zinc Alto Grado. En nuestro caso debido a una mayor pureza y a un costo inferior se tomó la decisión de trabajar con el zinc Alto Grado.

Existen además otros productos de naturaleza química que se utilizan en el proceso y son todas aquellas sustancias utilizadas en la preparación de las piezas a tratar antes de su inmersión. Ellas son ácidos minerales para el decapado y compuestos de zinc amonio como fundente, aditivos, etc.

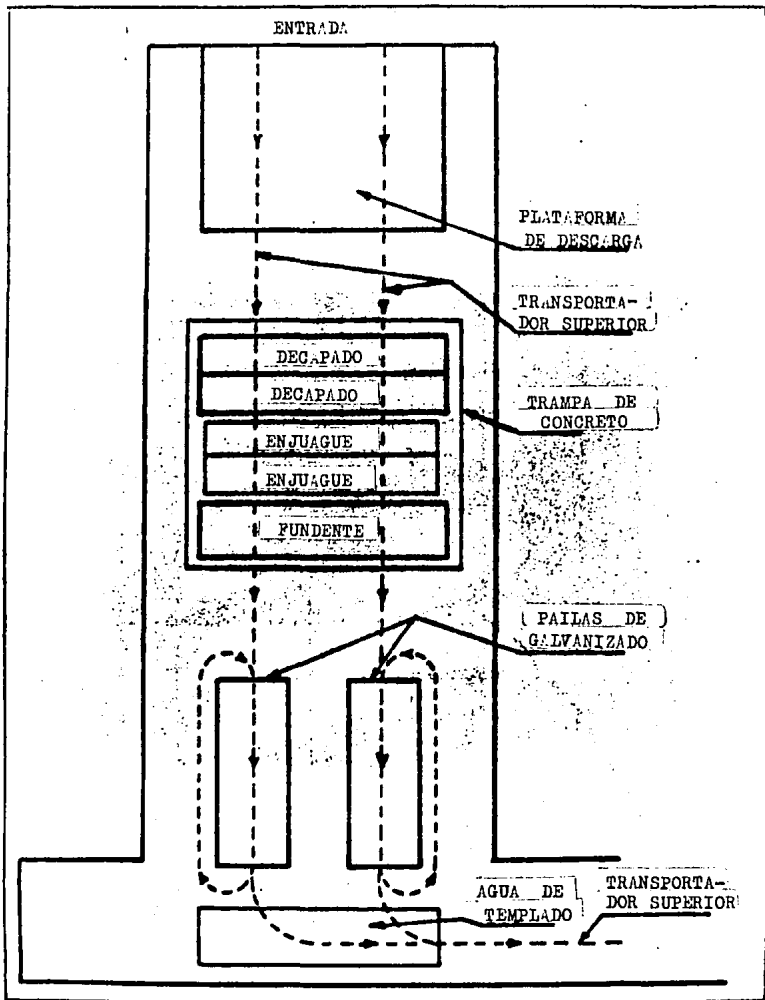
IV.- EL PROCESO DE LA GALVANIZACION EN CALIENTE

Los mínimos requerimientos para efectuar este proceso son: Recepción del trabajo a galvanizar, preparación de las superficies, inmersión en el zinc fundido y terminado fuera de la línea; a esto se le llama Planta Básica. Ver fig. 3

Cada uno de estos pasos preparatorios pueden ser modificados de acuerdo a las condiciones y requerimientos propios del proceso. Lo más común es el uso de soluciones diluidas y calientes de ácido sulfúrico como salmuera, agua caliente para el enjuague y una solución de cloruro de zinc amorfo en agua como fundente. El combustible más usado es el gas natural o el aceite combustible de varios grados. En nuestro caso debido a su costo y disponibilidad se usará gas natural.

El área del piso requiere un lugar apropiado y amplio de almacenaje para llevar y terminar el trabajo y un buen espacio para facilitar los movimientos libres de operación.

Los tanques tanto de decapado como de enjuague, se justifican en base al máximo uso del ácido y al mejor control de los flujos para obtener que la paila se mantenga en proceso continuo y para el enjuagado que removerá completamente las trazas de la solución de decapado a fin de evitar que lleguen al fundente.



PLANTA BASICA
Fig. No. 3

Los tanques que contienen el ácido de decapado y el de fundente, necesitan ser de materiales resistentes al ácido, en nuestro caso fueron fabricados de fibra poliéster resistente a estas sustancias.

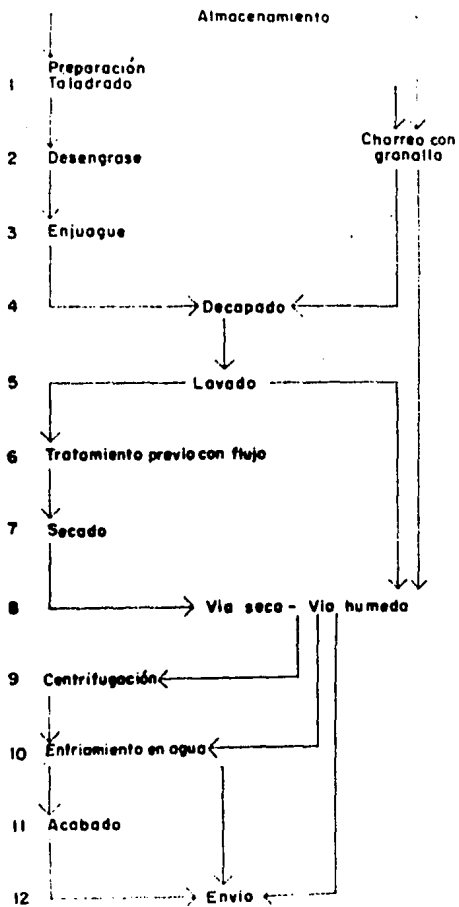
La tina de fundente tiene además una charola que facilita la colocación y pre-secado de las piezas.

Debido a que la galvanización en caliente por vía seca ofrece una menor formación de dross y una atmósfera de trabajo más limpia, se eligió este proceso como el adecuado a desarrollar.

La diferencia de éste con el proceso por vía húmeda, consiste en que aquí las piezas son introducidas secas al zinc fundido, mientras que por vía húmeda, las sales se encuentran fundidas sobre la superficie del zinc caliente. Fig. 4

De acuerdo con esto se necesita una plancha en donde las piezas deberán secarse antes de sumergirse en el zinc. Esta plancha se colocó a un lado de la paila de galvanizado aprovechando para su calentamiento los gases de combustión calientes expulsados del horno.

Fig. 4 Diagrama correspondiente al proceso de galvanización



V.- PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES

Los artículos de hierro o de acero, a pesar de sus condiciones, necesitan que se les remuevan los óxidos y materias inertes a fin de tener una superficie completamente limpia cuando sean sumergidas en el zinc fundido.

La experiencia ha determinado que el ácido clorhídrico funciona bien en frío para decapar aunque produce humos corrosivos. El ácido sulfúrico diluido en caliente, produce muchos vapores que el ácido clorhídrico, por lo que es más utilizado, especialmente para remover partículas insolubles de óxidos pesados conocidos como escamas.

En algunas Plantas, debido al estado del material a galvanizar, es necesario un desengrase y enjuague previo al decapado, sin embargo, en nuestro caso, este paso fue evitado debido a que la lámina se encuentra libre de aceites y grasas.

Después de una serie de pruebas a fin de tomar una decisión sobre el uso del ácido, se obtuvo una buena solución decapante 50-50% de ácidos clorhídrico y sulfúrico en frío.

El ácido debido a su acción corrosiva además de quitar los indeseables óxidos, ataca al metal base por lo que es necesario evitar este ataque después de que la película de óxi

dos ha sido removida. Existen en el mercado muchos agentes, la mayoría de naturaleza orgánica llamados inhibidores, los cuales sirven para este fin, estableciendo una película sobre la superficie tan rápidamente como el óxido y la escoria sean removidos.

El tiempo de duración del trabajo en la salmuera depende de la cantidad y naturaleza del óxido a remover y la concentración del ácido en el baño.

El decapado tiene por objeto eliminar la cascarilla, pero no el ataque del acero subyacente, puesto que el decapado excesivo origina una superficie áspera y es causa de un recubrimiento poco satisfactorio. Por este motivo, se recomienda el uso de inhibidores en el decapado, los cuales impiden prácticamente el ataque del acero, sin afectar la velocidad de eliminación del óxido. Esto permite que la vida del baño sea superior. Por otra parte, cuando en el baño de decapar se usa un inhibidor, la superficie del acero queda más lisa, da un acabado mejor al artículo galvanizado y además, la absorción de zinc es menor.

La decisión sobre la terminación de la operación de decapado, dependerá de una inspección visual de la superficie a decapar. A menudo, el trabajo puede sumergirse en el fundente y en el zinc sin la inmersión en el ácido, todo depende del

grado de limpieza de la pieza a galvanizar.

Las varias herramientas de trabajo, para mover las piezas a través de la salmuera, enjuague e inmersión en el fundente y zinc, necesitan diseñarse para suspender libremente -- las piezas, además tendrán un activo contacto con todas las superficies y soluciones.

En nuestro caso, estos dispositivos son ganchos de - alambre de diversos diseños adecuados a la forma y al peso del artículo a galvanizar.

Como el ácido reacciona con los óxidos, etc. su combinación con el fierro forma sulfato ferroso, el cual permanece en solución en el baño y tiende a retardar la hidrólisis -- que necesita ocurrir para que se disuelva la herrumbre, por esto, es necesario un constante chequeo de la salmuera en cuanto a su contenido de fierro ya que éste no puede exceder de 500 - g/l.

A fin de aumentar la velocidad de decapado disminuda por la cantidad de fierro disuelto, se hacen pequeños incrementos de ácido nuevo, pero hay que cuidar no elevar demasiado la concentración de ácido, ya que llegará un momento en que el agregar más será inefectivo y por lo tanto un desperdicio.

Una vez que el trabajo ha sido extraído del baño de ácido, las piezas pasan a lavarse, esto debe hacerse con mucho cuidado y con abundante agua fría a fin de evitar arrastrar sales de fierro al fundente.

Es muy importante cuidar el pH del agua de lavado, ya que un agua contaminada nos producirá un galvanizado deficiente y una contaminación en la solución de sales.

En vista de que el suministro en la zona en la cual se encuentra localizada nuestra Planta es muy irregular, nos hemos visto en la necesidad de dar tratamiento al agua de enjuague a fin de neutralizarla sin perjuicio para nuestros pasos posteriores.

Una vez que se han lavado, las piezas limpias pasan a sumergirse en el baño de fundente.

Este es una solución de cloruros de zinc y amonía disueltos en agua, el cual forma una película sobre la base limpia del metal y se mezcla compatiblemente con el zinc fundido, asegurando un humedecimiento por el zinc líquido libre de óxido.

Esta solución de fundente es fácilmente contaminable con las sales de fierro, por lo que es muy importante evitar -

que éstas lleguen hasta aquí.

A fin de mantener el fundente en perfectas condiciones, es necesaria una limpieza química periódica con la cual se purga el fierro existente disuelto en ella.

Una vez que las piezas son sumergidas en el fundente es necesario secarlas, por lo que pasarán a la plancha caliente para evitar el exceso de líquido que haya quedado y que ocasionará explosiones al ponerse en contacto con el metal fundido.

Para la economía del uso del zinc, la limitación de la formación de dross es de mayor importancia. El dross, es la acumulación de la aleación fierro-zinc la cual se deposita en el fondo de la masa de zinc fundido. Es un subproducto que se remueve y que tiene valor menor que el del zinc virgen del cual fue hecho. La remoción del dross, es el fin del proceso. Este subproducto contiene del 3 al 5% de fierro y del 95 al 97% de zinc, dependiendo de la cantidad de fierro arrastrada a través de los diferentes pasos del proceso.

Esto indica la importancia del enjuague en agua después del decapado.

VI.- DISEÑO Y FABRICACION DE LA PAILA DE GALVANIZADO

Las primeras pailas de galvanizado por Inmersión fueron de fierro vaciado y más tarde de acero y puestas sobre camas de carbón caliente.

Tal como instalación, puede ser menos costosa instalarla pero tendrán un alto costo otros elementos en la operación, por eso se pensó en el diseño práctico de una instalación que conduzca a una larga vida de servicio, uso eficiente del zinc y la producción del calor necesario para obtener el recubrimiento.

El acero de la paila fue placa de la clase conocida como Fire Box de 2" de espesor, si es de importación, o LC Esmaltar si es de fabricación nacional.

El desarrollo de la longitud, ancho y profundidad dependen de las dimensiones de nuestra pieza más grande a galvanizar, el peso y su demanda y de acuerdo con esto, se fijaron las siguientes medidas: 2.5 mt. de largo; 0.61 mt. de ancho; y 0.92 mt de profundidad. En plg. serla: 96 x 24 x 36

Las paredes laterales son dos grandes piezas las cuales son dobladas según las dimensiones de la paila en forma de U. Estas dos placas son colocadas sobre el fondo de acero.

Las paredes laterales se soldaron a ambos lados y al final. Este ensamble es de bisel y soldado a la parte del fondo y de la placa en Z. Al final se dobla un ángulo pesado y se solda completamente alrededor de la paila para darle mayor rigidez. Ver Fig. 5

La figura 5. ilustra el collar de ángulo pesado puesto a lo largo de toda la longitud de cada lado.

Este diseño de paila es con el fin de evitar al máximo costuras de soldadura en las áreas de transmisión de calor.

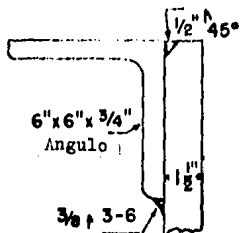
Se puso especial atención tanto en el diseño como en el material seleccionado debido a que comenzando con el tiempo de contención de zinc para fundirlo a 419.47°C comienza el ataque del zinc fundido sobre el acero del recipiente el cual es inevitable.

La primera influencia a controlar es la temperatura del zinc en constante e inmediato contacto con la superficie interior de la paila puesto que la velocidad de ataque se incrementa con cualquier aumento en la temperatura.

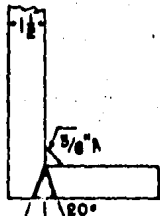
Los rangos de temperatura ampliamente usados son de 450° y 454°C . Las temperaturas de 460 , 470 y 480°C son excesivas con respecto a la vida satisfactoria de la paila y al in-

cremento de la conversión del zinc al producto de desecho llamado dross. Estas altas temperaturas son recursos cuando existe una excesiva demanda a procesar, ya que a estas altas temperaturas el zinc es más fluido y menos viscoso. Sin embargo, esta es una alternativa que deberá evaluarse contra costo de --- equipo, calidad de recubrimiento y drenaje de zinc.

Es necesario observar muy de cerca la temperatura de la interfase Fe-Zn sobre la superficie inerte de las paredes laterales a través de las áreas de transmisión de calor para detectar sobrecalentamientos ya que la menor densidad de esta interfase influye en la corrosión de la paila y puede llevar a un goteo rápido y a una corta vida de servicio, por lo que es importante no excederse de 475°C.



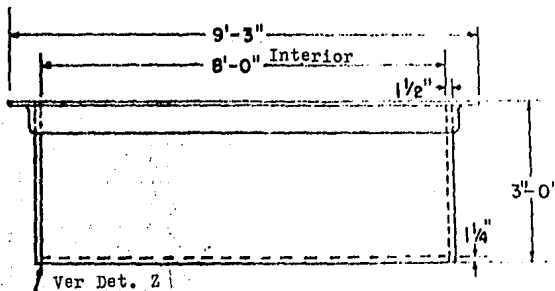
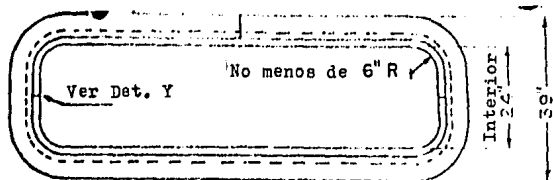
Detalle de soldadura para el ángulo del borde Det. X



Detalle de soldadura para la unión del fondo Det. Z



Detalle de soldadura para junta vertical Det. Y



NOTAS

- 1) Lados- Acero calidad Fire Box, Carbono no mayor del 0.10 a 0.12%. Silicio no más del 0.07%.
- 2) Fondo- Acero suave
- 3) Todas las costuras de ángulo van soldadas por dentro y por fuera.
- 4) Liberado de tensiones a 1150 - 1200°F durante 1 1/2 hr y enfriado a 600°F.

PALA DE GALVANIZADO

Fig. No. 5

VII.- DISEÑO DEL HORNO

El diseño y construcción del horno, necesita hacerse basado en las dimensiones de la paila, en la capacidad del suministro del calor necesario incluido el calor para procesar el trabajo y los varios calores perdidos.

La operación de la paila es contener la masa del zinc y guardarla en un círculo de enfriamiento a muy pocos grados; la experiencia general ha probado como efectiva tener la masa del zinc de 10 a 20 veces lo que será procesado de acero-cada hora.

Existe otro factor que es la eficiencia con la que la fuente de calor se transforma en uso actual. Con combustibles gaseosos y líquidos este factor implica un adecuado suministro de oxígeno para combinarse con el combustible.

Con los gases usuales, el volumen de aire es de aproximadamente 1 ft^3 por cada 9 ft^3 de gas consumido a través del quemador.

Para asegurar una combustión completa y ayudar en los movimientos necesarios de los productos de combustión como uno de los métodos de conducción del calor a las paredes externas de la paila, hay que alimentar aire adicional al sistema -

como en el caso de los combustibles gaseosos en donde cerca -- del 65% de la energía se transforma en efectivo para la paila. Esto está asociado con los problemas inherentes en la transmisión de calor por convección. Este aire adicional si es efectivo, pero si es excesivo, lleva al calor a dar una alta cantidad de temperatura y de esta forma desperdicia el calor.

El más grande y sencillo uso del calor de la paila, es el calor perdido por conducción, convección y radiación, el cual se pierde con o sin interrupción tanto como la paila esté bajo fuego.

Es necesario tomar en cuenta la uniformidad del calor que entra a lo largo de las paredes laterales y con un poco de intensidad mayor sobre la superficie superior y decreciendo hacia abajo hasta unas pulgadas antes del fondo. No se necesita transmisión directa a lo largo del fondo de la paila para permitir al dross que salga fuera del zinc fundido. Como las piezas de acero están comparativamente frías a la entrada del zinc, es obvio que deberemos tener un amplio calor a través de la cubierta de zinc.

Para instalar nuestra paila necesitamos seleccionar un lugar en donde se evite que las corrientes de aire soplen constantemente sobre la superficie del zinc fundido. Esto evitará que se acelere la pérdida del calor y la creación excesiva

va de óxido de zinc.

La paila se colocó sobre una capa de ladrillo refractario y se cuidaron las proporciones adecuadas a la mezcla gas-aire en los quemadores y la presión a través de su flama sobre la base del muro hecha de ladrillo refractario, la cual ayuda a separar la flama.

El muro pantalla se construyó en ladrillo refractario casi libre de montero de tal forma que se evite una flama-directa incidente sobre cualquier parte de los lados de las paredes.

La altura del muro es tal, que los gases calientes--suban del quemador haciendo contacto con el área de las paredes laterales al igual que con la profundidad del zinc fundido usado que recibe y procesa lotes iguales o regulares de trabajo. Los gases fluyen hacia atrás en un ducto y salen del mismo lado en que se encuentran los quemadores para calentar la plancha de secado.

El horno está construido de la siguiente forma: la base del horno, en donde irá sentada la paila está construida con una capa de ladrillo refractario aislante $9\ 1/2'' \times 4\ 1/2'' \times 2\ 1/2''$ en la parte externa y una capa de ladrillo refractario de las mismas dimensiones, sobre esta última, estará sentada directamente la paila de galvanizado.

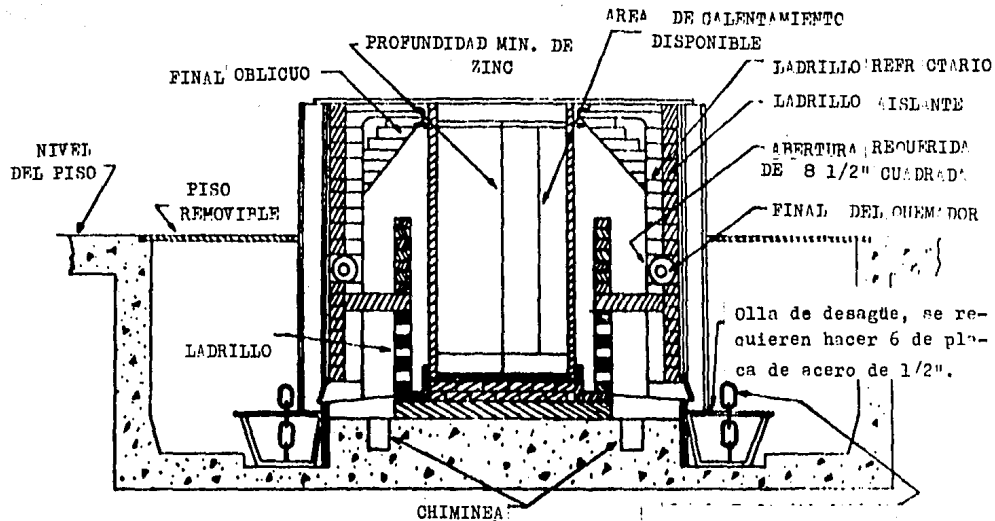
Sobre esta base se levantan 4 paredes de ladrillo refractario que rodearán la paila por sus 4 lados; los muros se encuentran a una distancia de 1" de las paredes de la paila, - esto, es con el fin de estar lo suficientemente cerca de la paila para que haya una buena transmisión de calor y al mismo tiempo dejar espacio suficiente para las dilataciones sufridas por el acero debido al calentamiento.

En seguida de esta pared de 4 1/2" de espesor se encuentra un ducto de 10 1/2" de ancho que recorre las cuatro paredes y que se encuentra dividido horizontalmente en 2 por medio de loseta de ladrillo refractario. Esto es con el siguiente fin: los quemadores instalados son 2 y se encuentran localizados a lo ancho del horno, de ahí son enviados la flama y gases de combustión de cada quemador a través del ducto inferior a fin de recorrer paralelamente todo el largo del horno. Al juntarse estos gases de combustión en el lado opuesto de su salida, son guiados al ducto superior para recorrerlo otra vez en sentido contrario, y al llegar a la parte superior de los quemadores salen a través de un túnel hacia la plancha de acero en donde se efectúa el secado de las piezas a fin de calentarla y pasar de ahí a una chimenea para su expulsión.

Después de este ducto y hacia la parte externa, se encuentra una pared de 13 1/2" de espesor formada por 4 1/2" de ladrillo refractario y 9" de ladrillo aislante. La pared su

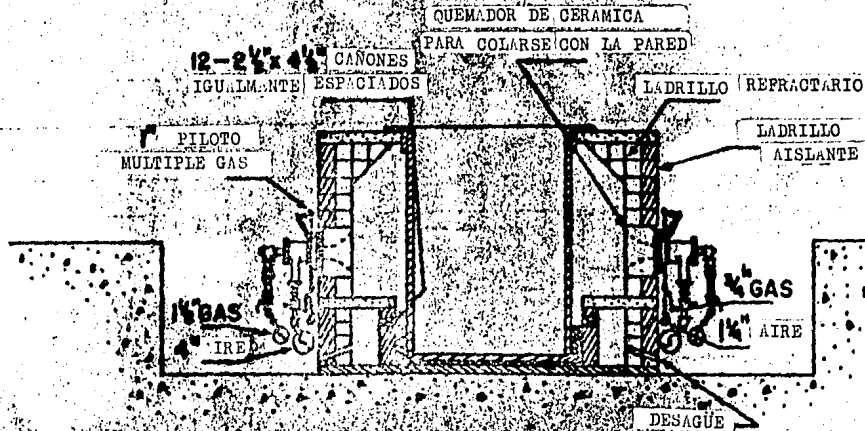
perior del horno se cubre también con losetas aislantes a fin de dejar solamente el hueco en donde se sentará la paila. La parte externa de todo el horno se cubre con una capa de lana mineral aislante y por último con placa de acero.

Otros diseños de posibles hornos se muestran en las figs. 6 y 7



HORNO DE DIESEL
 SISTEMA DE PAREDES DEFLECTORAS

Fig. No. 6



HORNO CON QUEMADOR DE
 FLAMA PLANA

Fig. No. 7

VIII.- INICIO DE OPERACIONES

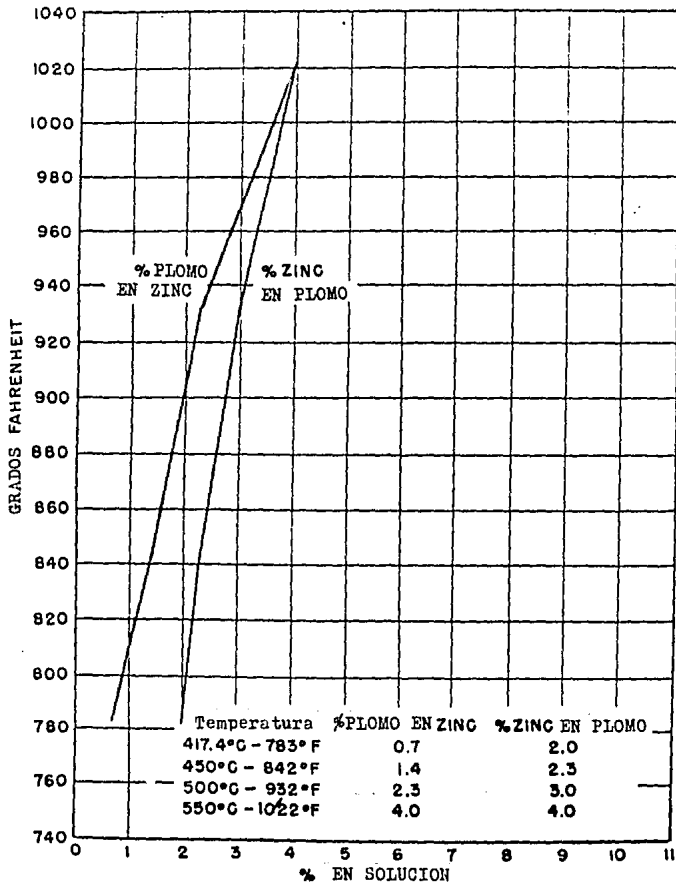
Una vez que la paila se colocó en el lecho del horno, se llenó con los lingotes de zinc. La operación de llenado es tediosa, los lingotes deben colocarse verticalmente y lo más apretado posible contra las paredes a fin de tener una buena -- distribución de calor. Hay que ayudarse comenzando con las ca--pas horizontales del fondo con algunas capas de plomo. Este -- funde a 323.4°C en comparación con el zinc que lo hace a 419.47°C , además tiene una densidad de 11.34 siendo la del zinc de -- 7.14. Ambas propiedades hacen que el plomo se convierta en --- fluido más rápido y permanezca en el fondo ayudando a transmi--tir el calor a los lingotes de zinc. Fig. 8

Existe otra ventaja de operación al crear y mantener una capa de plomo, debido a que el dross acumulado flotará so--bre él y será más fácil extraerlo. En nuestro caso, se puso -- plomo para que una vez fundido nos diera una capa de aproxima--damente 3" de espesor.

Enseguida de estos lingotes de plomo, se continuó -- llenando con el zinc hasta llenar toda la paila hasta cerca de 1" del borde. Ya listos e instalados los quemadores, combusti--ble, aire, etc. se encendió el sistema para comenzar el calen--tamiento. Inicialmente sólo se mantuvieron encendidos los pilo--tos de los quemadores con el objeto de evitar un calentamiento

SOLUBILIDAD LIQUIDA DE PLOMO EN ZINC

DEL - TRANS. AIME - VOL. III - PAG 254 - WARING ET AL



brusco que pudiera ocasionar algunas fracturas o tensiones en los materiales del horno y en el acero de la paila. En seguida el calentamiento se continuó, aumentando gradualmente la flama y por consiguiente el calor.

Desde el principio, en cuanto se vió que el volumen ocupado por los lingotes de zinc disminuía, se usaron palancas de fierro a cada lado de las paredes para empujar los lingotes verticales contra la pared del otro lado y forzar a los nuevos a llenar los espacios. Al mismo tiempo, se fueron agregando -- otros hasta tener la paila totalmente llena de zinc. Esta operación se llevó aproximadamente 72 horas.

Una vez lista nuestra paila y conteniendo el metal-- totalmente fundido, se hicieron a éste agregados de otros metales. La práctica recomienda el uso de una aleación Aluminio, - Estaño y Antimonio para favorecer el desarrollo de una superficie escamada que recibe el nombre de flor. Esta aleación debe aumentarse a la paila en una proporción del 0.1% con respecto al peso del zinc y la composición recomendada es: 50% de zinc; 15% de aluminio; 20% de antimonio y 15% de estaño.

El aspecto atractivo que confiere a la chapa galvanizada el floreado, resulta familiar a la vista y es frecuentemente considerado por los consumidores como signo de buen trabajo. Sin embargo, la resistencia a la corrosión de un recubri-

miento floreado es exactamente la misma que la de uno mate de espesor equivalente, de manera que la única virtud atribuible al floreado, es la de ofrecer un aspecto más agradable.

El que se consiga un acabado floreado o un acabado mate, depende mucho de la rapidez con la que las piezas son enfriadas. Si el enfriamiento es lento el zinc de la superficie se solidifica en forma de cristales de gran tamaño. Cuando el enfriamiento es rápido, el tamaño de los cristales del recubrimiento externo de zinc es más pequeño y floreado, menos evidente. La adición de la aleación arriba mencionada contribuye a producir un acabado floreado.

Los agregados de esta aleación se hacen en el área de salida del trabajo en la paila de galvanizado.

Cuando ya estuvieron preparados todos los materiales y sustancias, se inició el proceso, sumergiendo algunas piezas en la tina de decapado. Se cuidó que las piezas permanecieran el tiempo suficiente para quitar la oxidación, se lavaron perfectamente y se sumergieron en el baño de fundente. Las piezas fueron trasladadas entonces a la plancha en donde se cuidó que sólo permanecieran el tiempo necesario para un buen secado y en seguida se pasaron a la paila del zinc. Las piezas extraídas se encontraron perfectamente galvanizadas y con una buena flor. Es importante mencionar que de la velocidad de extrac--

ción depende en gran parte el buen terminado del galvanizado. Se recomiendan velocidades de 1.5 m/min., ya que a velocidades mayores se producen acabados aterronados e irregulares debido al mal drene del exceso de zinc acumulado sobre la superficie del objeto. Fig. 9

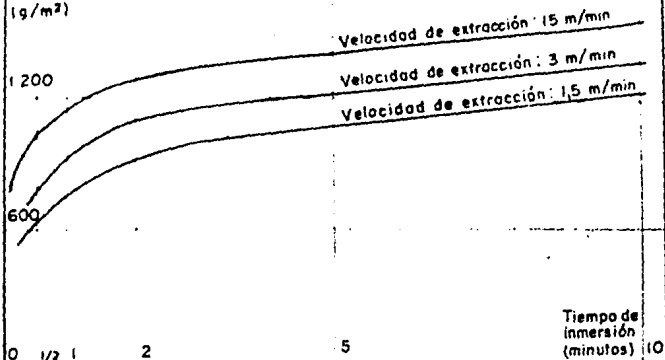
En general, se obtendrá un recubrimiento suficientemente grueso para la mayor parte de las aplicaciones, si se deja el material en el baño hasta que cese la "ebullición" y entonces, se extrae sin demora. La reacción entre el acero limpio y el zinc fundido es rápida durante el primero o segundo minuto produciéndose una capa de aleación que continúa aumentando a velocidad decreciente, a medida que aumenta la permanencia en el baño.

Se pudo apreciar debido a las diferentes pruebas efectuadas, que se obtienen mejores resultados cuando se usa un acero con un buen terminado y cuando se cuida que tenga un buen decapado el acero.

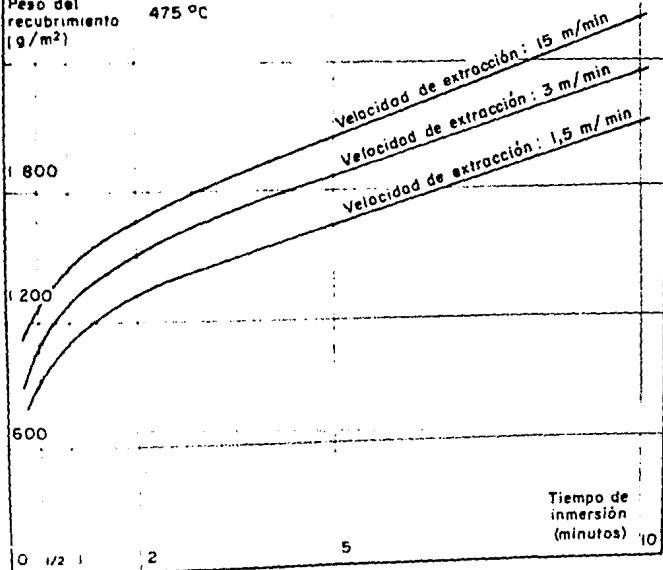
Para la inmersión en el zinc, se necesitan generalmente dos personas; una que introduzca la pieza en el metal fundido elevándola lentamente y volteándola para hacer que el zinc fluido sea distribuido suave y uniformemente y sacándola a la velocidad establecida para tener un buen terminado terso; la segunda persona deberá limpiar con una pala adecuada las ce

Fig. 9 Influencia de las condiciones de galvanización sobre el peso de recubrimiento

Peso del recubrimiento 435 °C
(g/m²)



Peso del recubrimiento 475 °C
(g/m²)



nizas y escoria que se forman sobre la superficie del zinc al introducir la pieza, para evitar que se adhieran a ésta a la hora de sacarla del baño.

La galvanización debe hacerse a la mínima temperatura que permita un escurrido fácil de zinc, durante la extracción del material. Una temperatura baja disminuye la formación de cenizas y dross, además de proteger la paila y economizar combustible. La cantidad de dross formado con acero decapado, sumergido durante 90 segundos es doble si la temperatura del baño se eleva de 450 a 470°C. La experiencia muestra que casi todos los materiales pueden ser galvanizados satisfactoriamente en un intervalo de temperatura de 445 a 465°C, siendo la temperatura habitual de trabajo la de 450°C. Como la capa de aleación crece al elevarse la temperatura, es esencial controlarla, si se quiere una buena calidad del producto y una utilización eficiente del zinc.

Una vez que se extrajeron y escurrieron las piezas, se colocaron en una tarima para su enfriado.

Como ya se ha mencionado, al meter las piezas en la paila de galvanizado, el fierro que contiene la lámina y el que se arrastra a lo largo del proceso, forma con el zinc una aleación que en Inglés recibe el nombre de Dross. Esta aleación debido a su densidad, se va hasta el fondo de la paila --

afectando el buen galvanizado, al adherirse a las piezas en --
forma de granos y dándoles un aspecto poco agradable.

Es por esto, que terminado un día de trabajo, deberá
extraerse del baño de zinc.

Para extraerlo, se utiliza una cuchara con perfora-
ciones a fin de extraer el dross perfectamente porque de no --
ser así se sacaría gran cantidad de zinc bueno que elevaría no
tablemente nuestro costo de fabricación.

Este dross extraído, se vacía en moldes para obtener
lo en forma de lingotes. Fig. 10

IX.- RECOMENDACIONES

Aunque el Galvanizado por Inmersión en caliente es un proceso sencillo, existen algunos pasos en los que es necesario poner especial cuidado a fin de no alterar el costo final. Mencionaremos algunos de los puntos más importantes en cada uno de los pasos del proceso.

DECAPADO

Es de suma importancia cuidar la concentración de las sales de fierro disueltas en la salmuera, ya que las concentraciones mayores de 500 g/l hacen que el fierro ya no se disuelva y ocasionan que éste sea arrastrado por las piezas a través de todo el proceso, con un exagerado aumento en la producción de dross.

Una vez alcanzado este nivel de contaminación en el ácido, es nulo el beneficio obtenido al hacer agregados de ácido nuevo en la salmuera ocasionando un desperdicio de éste.

LAVADO

Las tinas de lavado deberán tener de preferencia agua corriente, pero en caso de que el suministro de ésta sea limitado, se necesita cuidar la acidez del agua, ya que este ácido se depositará en el siguiente paso que es el de la inmersión en el fundente contaminándolo.

Es preferible la instalación de una tina adicional - para tratamiento de agua a fin de volver a utilizarla en el l vado, sin perjuicio de contaminación posterior. Para ésto, se necesita hacer un análisis de costos a fin de establecer la ca pacidad de esta tina de tratamiento para obtener los mejores - resultados de acuerdo al gasto de agua y al trabajo procesado.

FUNDENTE

El fundente es una solución de cloruros de zinc-amo nio. Esta solución es ligeramente electrolítica por lo tanto - cualquiera de las condiciones que normalmente ocurren en la su perficie ferrosa de los objetos, pueden dar una diferencia de voltaje en un electrolito que estará sujeto a la corrosión.

La concentración de la solución depende del tipo de trabajo a procesar, pero generalmente su densidad se encuentra entre 6 y 22°Bé; este cambio se basa en el grado de protección a la re-oxidación y evitando capas excesivas de químicos que - tengan que fundirse y flotar en el baño de zinc.

La solución de fundente es estable y la sal por sí - misma no tiene cambios excepto que varía en la relación sal- - agua debido a la evaporación del agua de dilución que viene -- del enjuague de trabajo. Los cambios que ocurren y que necesiu tan ser controlados son el desarrollo de las sales de fierro -

como sulfatos y cloruros y las trazas de fierro usado en la --
salmuera.

El control de las sales de fierro y el evitar la acidez ayuda a la estabilidad de la solución de fundente y por lo tanto el problema es remover el fierro presente como sulfato o cloruro ferroso. Si a través del enjuague excesivo existen cantidades de ácido sulfúrico libres, habrá que removerlas por -- precipitación. El valor del pH de esta solución deberá estar -- entre 5.5 y 5.75

Hay que recordar que cualquier cantidad de fierro -- que se arrastre a la paila del galvanizado generará dross del cual solamente el 3 o el 5% corresponden al fierro siendo lo -- demás zinc.

El fundente al contacto con el aire se descompone, -- es por ésto que las piezas no pueden dejarse a la intemperie -- más de 30 mín. ya que ocasionan un galvanizado deficiente.

PAILA DE GALVANIZADO

En este paso del proceso, el paso más importante a -- controlar es la temperatura.

La temperatura crítica para la reacción entre el ace

ro y el zinc fundido es de 480°C . Por debajo de esta temperatura, la capa de aleación compacta, que se forma en la superficie del acero, tiende a retardar la reacción zinc-acero y, eventualmente, casi la impide. Por encima de los 480°C la capa de aleación se cuarteada en cristales no adherentes a través de los cuales el zinc puede penetrar hasta el metal base, continuando el ataque del acero a gran velocidad y con formación de gran cantidad de dross. Es de vital importancia para preservar la paila de galvanizado que sus paredes en contacto con el zinc no alcancen nunca los 480°C . Probablemente los períodos más peligrosos al respecto son las interrupciones de trabajo.

Velocidad de inmersión. El material debe sumergirse tan rápidamente como sea posible, pero con la debida consideración a la seguridad del operario. La velocidad de inmersión influye sobre la uniformidad del recubrimiento, particularmente en artículos largos, en donde la duración de la inmersión entre la primera y la última parte que entra en el baño, puede ser considerable. La distorsión es menor si la inmersión es rápida.

Antes de extraer el material del baño de zinc deben despumarse las cenizas de la superficie. Las cenizas que permanezcan sobre ésta, en la zona de extracción pueden quedar ocluidas en el recubrimiento, modificando el aspecto del material, y en algunos casos, su residencia a la corrosión.

Otro punto importante en la vida de la paila de galvanizado es el control de la extracción de dross. Este es un mal conductor del calor, por lo que al adherirse a la pared de la paila ocasiona zonas calientes que generalmente producen goteras en la paila.

Las cenizas de zinc formadas en la superficie del baño a la hora del trabajo, son una mezcla de óxido de zinc y -- cantidades variables de zinc metálico en su mayor parte se forman a causa de la agitación de la superficie del baño durante las operaciones, lo que da lugar a que el zinc limpio se oxide y que partículas de zinc metálico queden retenidas en el óxido. Por lo tanto, para evitar que se formen muchas cenizas durante el período de trabajo, hay que evitar las agitaciones innecesarias del baño. La disminución de la temperatura del baño durante estos períodos de interrupción también favorecen la menor formación de cenizas.

INSPECCION

Dentro de la Inspección se incluye la inspección visual. No deben permitirse las zonas desnudas, las manchas resultantes de un acabado imperfecto ni los tipos persistentes de escamas.

A continuación citaremos algunos de los defectos más comunes y su origen.

MANCHAS OSCURAS Y RUGOSAS

Generalmente se deben a un crecimiento excesivo de la capa de aleación como resultado de una inmersión a temperatura demasiado elevada o durante un tiempo largo. El decapado excesivo deja la superficie de acero rugosa y picada y es causa de recubrimientos muy ásperos y con manchas oscuras.

RECUBRIMIENTOS IRREGULARES

Pueden ser debidos a una inmersión a temperatura demasiado baja. También puede ser el resultado de un escurrimiento inadecuado durante la extracción.

GRANITOS EN EL RECUBRIMIENTO

Están producidos por partículas sólidas de dross, adheridas al objeto durante la extracción.

ZONAS DESNUDAS

Se originan por una limpieza o decapado inadecuado.

CRESTAS EN EL RECUBRIMIENTO

Generalmente son el resultado de dross oculto en los defectos de laminación de la superficie de acero. Tales efectos se deben al acero y no al galvanizador.

AMPOLLAS

Durante el decapado, el ácido se absorbe en cavidades resultado de defectos de laminación del acero o de un decapado excesivo y la dilatación del gas durante la galvanización origina estas ampollas.

HERRUMBRE BLANCA

Manchas por almacenaje húmedo es el nombre que se le da a las protuberancias blancas o depósitos grises formados sobre la superficie de los artículos galvanizados que se encuentran en espacios con poca ventilación durante su almacenaje. Estos ligeros depósitos en ocasiones constituyen un problema serio para la vida del recubrimiento por lo que deberán ser removidos de la superficie.

Para reducir al mínimo el riesgo de estas manchas blancas, no deben apilarse o cargarse los artículos galvanizados mientras estén húmedos; deben transportarse cubiertos y al

ESTE SISTEMA DE GALVANIZACIÓN
 ESTÁ SUJETO A LA PATENTE
 DE LOS SEÑORES
 HERRERA Y CAJAL
 S.A.

macenarse en seco y con buena ventilación. No debe usarse madera resinosa para el embalaje o los separadores, porque éstos - podrían iniciar la corrosión. El acero galvanizado además puede deteriorarse si está en contacto con suelos formados a base de escorias de hornos o carbonilla.

DEFORMACION

La deformación de los artículos galvanizados va asociada generalmente, con la operación de inmersión, pero aunque el fenómeno se observa invariablemente en esta etapa, las causas, frecuentemente, son anteriores.

La deformación resulta de la introducción o atenuación de tensiones en el acero cuando el artículo se calienta a la temperatura de galvanización y después se enfría a la temperatura ambiente. Estas tensiones pueden clasificarse así:

Tensiones inherentes al acero

Tensiones internas producidas durante la fabricación.

Tensiones producidas durante el movimiento de materiales.

Tensiones producidas durante la inmersión y el enfriamiento.

Tensiones inherentes al acero.- Estas se presentan en el acero debidas generalmente al proceso de laminado.

Tensiones producidas durante la fabricación

Pueden deberse generalmente al soldeo o a tensiones ocasionadas por las diferentes velocidades de absorción y pérdida de calor del material.

Tensiones por movimiento de materiales. - El movimiento del material a lo largo del proceso debe hacerse con sumo cuidado, porque es posible introducir tensiones en un artículo en cualquier momento. En el diseño de las piezas galvanizadas deben preverse, si es posible, orificios o salientes que permitan la suspensión de las mismas. Estos u otros medios de manipulación deben estar situados en partes resistentes del artículo. La deformación puede producirse también si parte de los componentes de un baño (agua, ácido o zinc fundido) quedan contenidos en el interior de un artículo hueco.

TENSIONES PRODUCIDAS DURANTE LA INMERSION Y EL ENFRIAMIENTO

Durante la inmersión en un baño de galvanizado, se presentan tensiones debidas a la gran diferencia de temperaturas entre la parte inferior y la parte que todavía sobresale por encima del zinc fundido. Si el material desciende lentamente pueden producirse deformaciones que no se eliminan con la inmersión completa. El material debe estar en movimiento a una velocidad predeterminada durante la inmersión y la extracción y debe evitarse que se detenga cuando está parcialmente sumergido. No debe permitirse que el material flote sobre el zinc.

X.- CONCLUSIONES

Una vez que las operaciones se iniciaron, surgieron pequeñas dificultades que fueron afinándose de acuerdo a las condiciones de trabajo; por ejemplo: se pudo ver que debido a la limpieza de la lámina negra, nuestro producto no necesitaba un desengrase como lo pedía la Planta Básica, con lo cual se ahorró un paso en el proceso y esto redujo en una disminución de costos.

2.- La lámina utilizada en la fabricación de nuestros productos está libre de oxidación en aproximadamente un 90% por lo que el tiempo que debe permanecer dentro del baño de decapado es de cerca de 10 minutos.

3.- Debido a esta poca oxidación y a que la lámina no contiene cascarillas de soldadura ni algunos otros depósitos, en nuestro caso hemos obtenido magníficos resultados al trabajar con una mezcla de ácidos clorhídrico y sulfúrico en frío con el correspondiente ahorro de energía.

4.- Se puede lograr un mejor terminado en los artículos tales como baños, cubetas, botes, etc. utilizando para su fabricación lámina hojalata que aunque es más cara que la lámina negra, resulta de cualquier forma más económica que la lámina galvanizada, además, como contiene un baño de estaño, éste-

ayuda a que la flor del galvanizado sea de gran tamaño y brillantez mejorando considerablemente la calidad y apariencia -- del recubrimiento.

5.- Los costos obtenidos a través del desarrollo del proceso, mejoraron a los costos estimados en el anteproyecto -- con lo cual resultó aún más económico.

6.- Gran parte de la disminución en éstos, se debena que a través de la práctica se ha cuidado de limpiar y mantener las soluciones en buenas condiciones, por lo cual no se -- han tenido que reemplazar a lo largo de 4 años, sino que solamente se han hecho agregados para reponer los volúmenes gastados en el desarrollo de la práctica del proceso.

BIBLIOGRAFIA

- * *Metallurgy of Galvanized Coatings.*- Por J. Mackowiak y N. R. Short.
- * *General Galvanizing Practice.*- Por la Hot Dip Galvanizers Association del Reino Unido.
- * *Hot Dip Galvanizing Practice.*- Por Allen T. Baldwin B. S. en Chemistry
- * *Galvanizing Guide.*- Por Galvanizers Association.